

QUESTION 58: HOW IRRIGATION AND DRAINAGE PLAY AN IMPORTANT ROLE IN CLIMATE CHANGE ADAPTATION?

GENERAL REPORT

Tsugihiko Watanabe*

General Reporter

1. Introduction

The International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) set up the theme of its 22nd Congress held in Gwangju Metropolitan City, Republic of Korea, September 2014, as “Securing Water for Food and Rural Community under Climate Change”. The background and the reason of this theme setting is summarized in its Call for Paper as following: “Climate change is an added stressor on the increasingly complex and interlinked issues of rural development, food security under demographic changes, overstretched environmental and natural resources. It is believed that improving irrigation and drainage systems and rural development as well as increasing food production will play a key role in achieving the rural water and food security, especially in the developing countries. Considering the impending climate change, intervention to mitigate the impacts of climate change and consequent extreme climate events, such as floods and drought, have to be factored in all decision making processes in the irrigation and drainage activities.”(ICID, 2014)

Under this theme, two congress questions are raised. The first one is the Question 58: “How Irrigation and Drainage play an important role in Climate Change Adaptation?” with three sub-questions:

Q58.1: Understanding Impacts of Climate Change on Land and Water Use

The subtopics such as future emission scenarios, downscaling methods, soil-crop-climate model, impact of rising sea levels on coastal agricultural system, methodologies for modeling climate change impacts on land use, land use changes in agricultural landscapes, impacts of bio-energy crop on rural land use, changes in crop production and irrigation patterns, factors in land use change, innovative and adaptive technology for irrigation and drainage, new and renewable energy for irrigation and drainage systems, and smart water grids may be covered under this sub-question.

Q58.2: Revisiting Design and Operation Criteria for Irrigation and Drainage Facilities

The subtopics such as new design criteria under non-stationary hydrologic time series due to changing climate, new project evaluation techniques, case for large storages to cope with increasing climate variability, changes in irrigation water demand for crops, operation of reservoir and diversion weirs using agro-climate information, sustainable groundwater usage, development and protection of sea dike, safety of coastal areas under rising sea levels may be covered under this sub-question.

Q.58.3: Managing Frequent Floods and Droughts

The subtopics such as integrated flood management, flood risk assessment, flood forecasting, floods and drought risk and vulnerability assessment, drought index and its evaluation, drought early warning, drought mitigation through irrigation may be covered under this sub-question.

* Kyoto University, Japan, Japanese National Committee for Irrigation and Drainage

This General Report tries to re-visit the significance of the theme, especially in the context of the IPCC-AR5 (The Assessment Report of Intergovernmental Panel for Climate Change), which has been released in early 2014, and to make overview the papers submitted and presented in the conference under the above context. It might identify further necessary works in irrigation and drainage by the international community under changing climate.

2. Irrigation and Drainage under Changing Climate – highlights of the IPCC-AR5 with special reference to irrigation and drainage

2.1 *The Fifth Assessment Report of IPCC*

The IPCC is releasing the Fifth Assessment Report (AR5) now in 2014, which provides a clear and up to date view of the current state of scientific knowledge relevant to climate change. It consists of three Working Group (WG) reports and a Synthesis Report (SYR). The SYR will be finalized in October, 2014, as integration and synthesis material of the WG reports for policymakers.

The Working Group II contribution considers “the vulnerability and exposure of human and natural systems, the observed impacts and future risks of climate change, and the potential for and limits to adaptation”. The Report WGII assesses risks and opportunities for societies, economies, and ecosystems around the world. Then, impacts of climate change on food production, irrigation and drainage, as well as rural environment, and adaptation to the climate change in these fields are the topic of the WG II. The WG I Report provides a comprehensive assessment of the physical science basis of climate change, and the WG III Report assesses the options for mitigating climate change and their underlying technological, economic and institutional requirements. Then, here, the Report of the WG II is overviewed paying special attention to climate change impacts on irrigation and drainage and adaptation in irrigation and drainage to climate change, with brief introduction of the points of the WG I related to temperature and precipitation as major factors for irrigation and drainage system.

2.2 *Brief introduction of the WGI Report about changes in temperature and precipitation*

The Report states “warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentrations of greenhouse gases have increased.” In addition to the increase air temperature, changes in precipitation have been observed all over the world, and both might affect agricultural production as well as irrigation and drainage. Regarding precipitation, which is the fundamental element of hydrological regime of a region and one of the determining factors of irrigation and drainage, it reports the following experiences and future projections.

While confidence in precipitation change averaged over global land areas since 1901 is low prior to 1951 and medium afterwards, in the mid-latitude land areas of the Northern Hemisphere, average precipitation has increased since 1901, with medium confidence before and high confidence after 1951. For other latitudes area-averaged long-term positive or negative trends have low confidence. It implies that generally the change of precipitation in the past century is not in higher confidence.

On the other hand, about the future changes of precipitation due to climate change, the report states that the changes in the global water cycle in response to the warming over the 21st

century will not be uniform. It also says that the contrast in precipitation between wet and dry regions and between wet and dry seasons will increase, although there may be regional exceptions.

According to the report, the regions at higher latitudes and the equatorial Pacific Ocean are likely to experience an increase in annual mean precipitation by the end of this century under the RCP8.5 scenario. In many mid-latitude and subtropical dry regions, mean precipitation is likely to decrease, while in many mid-latitude wet regions, mean precipitation is likely to increase by the end of this century under the RCP8.5 scenario. Extreme precipitation events over most of the mid-latitude land masses and over wet tropical regions will very likely become more intense and more frequent by the end of this century, as global mean surface temperature increases. Globally, it is likely that the area encompassed by monsoon systems will increase over the 21st century. Monsoon precipitation is likely to intensify due to the increase in atmospheric moisture. Monsoon onset dates are likely to become earlier or not to change much. Monsoon retreat dates will likely be delayed, resulting in lengthening of the monsoon season in many regions.

It is clear that projected future climate and hydrology might affect irrigation, drainage and flood of regions and management system for them, in both infrastructure and institutions. Regarding the sea level rise, the report concludes that global mean sea level will continue to rise during the 21st century. Under all RCP scenarios, the rate of sea level rise will very likely exceed that observed during 1971 to 2010 due to increased ocean warming and increased loss of mass from glaciers and ice sheets. The sea level rise affects directly agriculture and hydrology in the coastal zone, where large agricultural production areas are spread.

2.3 *Brief introduction of the WGII Report about impacts of climate change and adaptation*

The Report of the WGII summarizes the changes of hydrological system as follows: In many regions, changing precipitation or melting snow and ice are altering hydrological systems, affecting water resources in terms of quantity and quality (medium confidence). Glaciers continue to shrink almost worldwide due to climate change (high confidence), affecting runoff and water resources downstream (medium confidence). Climate change is causing permafrost warming and thawing in high-latitude regions and in high-elevation regions (high confidence).

Impacts of the changes of temperature and hydrological system on food production are summarized as follows: negative impacts of climate change on crop yields have been more common than positive impacts (high confidence). Climate change has negatively affected wheat and maize yields in many regions and in the global aggregate (medium confidence). Effects on rice and soybean yield have been smaller in major production regions and globally, with a median change of zero across all available data, which are fewer for soy compared to the other crops. This information implies that the climate change impacts on food production, even on the major crops, are still under assessment, and the assessment results are expected to be more dependable with the development of better analysis methods and a greater availability of reliable climate data.

It was made clear by the report that impacts from recent climate-related extremes, such as heat waves, droughts, floods, cyclones, and wildfires, reveal significant vulnerability and exposure of some ecosystems and many human systems to current climate variability. Impacts of such climate-related extremes include disruption of food production and water supply, and damage to infrastructure and settlements, which are consistent with a significant lack of preparedness for current climate variability in some sectors in countries at all levels of development.

The report identifies “key risks”, which have potentially severe impacts defined as “dangerous anthropogenic interference with the climate system.” Out of eight risks, four are related to production and water management in agricultural area ; including a) Systemic risks due to extreme weather events leading to breakdown of infrastructure networks and critical services such as electricity, water supply, and health and emergency, b) Risk of mortality and morbidity during periods of extreme heat, particularly for vulnerable urban populations and those working outdoors in urban or rural areas, c) Risk of food insecurity and the breakdown of food systems linked to warming, drought, flooding, and precipitation variability and extremes, particularly for poorer populations in urban and rural settings, and d) Risk of loss of rural livelihoods and income due to insufficient access to drinking and irrigation water and reduced agricultural productivity, particularly for farmers and pastoralists with minimal capital in semi-arid regions.

According to possible severe impacts and higher risks, adaptation has important and urgent measures against the climate change impacts. The report introduces that adaptation experience is accumulating across regions in the public and private sector and within communities. Governments at various levels are starting to develop adaptation plans and policies and to integrate climate-change considerations into broader development plans.

The report discusses the risk on fresh water in detail. With the information like changes of temperature, water availability, flood damage, etc., adaptations in rural areas both in production and life and environment will be developed. Regarding the impacts and adaptation in rural area, the report concludes that major future rural impacts are expected through impacts on water availability and supply, food security, and agricultural incomes, including shifts in production areas of food and non-food crops across the world. These impacts are expected to disproportionately affect the welfare of the poor in rural areas, such as female-headed households and those with limited access to land, modern agricultural inputs, infrastructure, and education. Further adaptations for agriculture, water, forestry, and biodiversity can occur through policies taking account of rural decision-making contexts.

3. Overview of the Papers Presented in the 22nd ICID Congress on Question 58

3.1 General overview of the papers on Question 58

In the 22nd ICID Congress, under the Question 58, finally forty-eight papers were accepted after peer-review process and also twenty-seven posters were presented. Distribution of the papers and posters into three sub-topics/questions is shown in Table 1. It is found in the table that almost half of the papers and posters are for the sub-question Q.58.1. As reported in the IPCC-AR5 introduced above, impacts are still in the process of assessment, and then trying to understand the exact impacts is one of the focuses of climate change issues.

Table 2 shows the study or case area or region of the papers and posters, which was categorized by location of the author’s workplace that is almost consistent with the case area. Out of total seventy-five papers and posters, fifty-four are from Asian countries, mainly of Korea, which is more than 70%. The reason for this concentration from Asia is that the conference is held in Korea. Then, topic of the paper and posters are to be of humid region, with relatively much rain. This uniformity is to be kept, when we integrate their outputs. It is also to be noted that the exact problem is not well-defined in less developed regions with limited water availability, where vulnerability to climate change is higher.

Actually, many papers and posters were not focusing the climate change explicitly, though it could be understood that climate change impacts and adaptation to it in the field of irrigation and drainage occupy a dominant position in the thoughts or ideas of the authors. To give

Table 1. Number of papers and posters accepted

Sub question	Number of paper and posters accepted		
	Paper	Poster	Total
Q.58.1: Understanding Impacts of Climate Change on Land and Water Use	25	10	35
Q.58.2: Revisiting Design and Operation Criteria for Irrigation and Drainage Facilities	10	11	21
Q.58.3: Managing Frequent Floods and Droughts	13	6	19
Total	48	27	75

Table 2. Study area of the papers and posters

Sub question	Area of the author's address								
	East Asia	South-east Asia	South Asia	Oceania	Mid-east	Europe	Africa	America	Total
Q.58.1	18	3	5	0	5	3	0	1	35
Q.58.2	11	1	2	0	4	1	1	1	21
Q.58.3	12	2	1	0	2	1	1	0	19
Total	40	6	8	0	10	5	2	2	75

Note: Classified by the address of author

an answer to the question about the climate change impacts on irrigation and drainage, important role of them to adapt to climate change, and necessary works to establish effective countermeasures, assessing the past and present conditions is necessary and to be developed furthermore, including innovation of methodology with state-of-the art technologies and the latest information. Therefore, if the paper holds these direction and background, it is to be useful for the discussion about the Question 58, even in the case that it does not discuss climate change impacts and adaptation explicitly.

As another actual situation, some inappropriate classification of the papers and posters into three sub-questions was found. While the exact reason for it is not clear, it is certain that sub-questions are related closely and some papers are covering more than one sub-question. Therefore, here, the overview does not stick to the detailed classification.

Based on the above basic understandings, main points of the papers and posters are summarized in Table 3, which shows main focus, research spatial scale, target stake holder, main activity, and main subject. It shows the proportion (%) of the total 75 papers and posters to each category of the points, where some may cover multiple categories. Classification was done by the reporter's evaluation.

According to the classification summarized in Table 3, most of the papers are focusing the impacts assessment, while they include baseline assessment as the base for impact assessment. The research target scale spread over from on-farm level to a basin scale, where basin scale and general aspect occupy main part. Since general or basin issues are main scale, government or local authority is targeted for dissemination of the research outputs.

Table 3. Main points of the papers and posters: proportion (%) of the total 75 papers and posters

Main points	Category			
	Impact assessment	Adaptation	Mitigation	
Main focus	69.9	27.4	2.7	
Research spatial scale	General	On-farm	Project	Basin
	23.3	16.2	25.3	35.4
Target stake holder	Farmer/User	Association/NGO	Government	Academic
	11.1	17.1	46.2	25.6
Main activity	Observation	Evaluation	Simulation	
	29.5	50.5	20.0	
Main subject	Hydrological regime	Infrastructure	Institution	
	50.5	37.1	12.4	

While impact assessment is the main focus of most of the papers, the number of paper that simulate the situation with changes of conditions, or project future changes due to climate change is not so large, just one-fifth of the total. The papers on observations are one-third of the total, and the papers on evaluation, both with and without numerical model, form the major group. Reflecting the contents explained above, half of the paper is discussing the hydrological regime, including land and water condition and regional environment, while the number of papers discussing institution, including design criteria, regulation, and organization of irrigation and drainage management is not so large.

3.2 Major findings of the research and future necessary works

The topic and method of each paper or poster is quite different with wide variety of location in the whole process of approaching to climate change issues, like baseline assessment, impact assessment, development of adaptation policy and measures, mitigation strategy and methodology development and improvement as well. Then, major findings are identified in exact implementation of research and development in the limited parts of the whole process.

At this stage, it is very hard to do integrated impact assessment, which covers the whole agricultural and hydrological process including soil-water profile, crop growth, river flow, groundwater dynamics, water requirement, drainage discharge, water quality, cropping pattern and farming system, etc. Therefore, each sub-process is to be evaluated and accumulation of its outcomes is to be promoted.

For example, with increased temperature and changed precipitation, which are projected by climate models, changes of crop production are estimated using some crop model. With higher solar radiation and ambient temperature, it is predicted that crops will grow faster resulting in shorter growing period, which might lead to less crop water requirement. The changes, however, of precipitation is projected and it might affect river discharge and available water

resources for irrigation. Then, if we want to know actual changes of crop growth, on-farm water sufficiency, and crop production, we need to predict the future hydrological regime of the basin where the irrigated area is located. Even this expansion of the scope is still challenging. We need to assess the impacts of pest and diseases caused by changed climate, and changes of cropping pattern. Since these integrated approaches are quite difficult to adopt, many of papers or researchers are focusing on some limited paths in the whole process or mechanism of the climate change impacts.

To assess the climate change impacts and to establish the adaptation measures, hydrological tools surely play important roles, as many papers presented under Question 58 develop or apply the hydrological model from farm to basin level. As we have many excellent and state-of-the-art models developed for evaluation and simulation of irrigation and drainage management, conserving local hydrological environment, we can and should utilize these models for climate change related issues.

Dr. Takao Mosumoto, as the Panel Expert of Question 58.1, summarized the role and categories of the relevant models pointing to the development and/or the modification of hydrologic models. These models involve modelling of anthropogenic water use activities, coupling of surface water models with groundwater flow models and so on so forth. The importance of analysis of observed data and continuous data acquisition was emphasized.

To assess the climate change impacts and establish the adaptation measures, the future climate scenario is generated. There are many GCMs and regional climate models or methods to downscale the outputs of GCMs. Therefore, with selection of climate scenario generation method and hydrological model, we may have some different outputs with wide range. Since this is an inevitable constraint, we are facing at this stage, Dr. Masumoto calls for attention to this situation and the difference due to period of climate change.

Dr. Masumoto pointed out that many authors proposed innovative tools and challenging approaches, for example, proposal of step-wise integrated approach for the impact assessment by Watanabe et al. (Japan), treatment of water temperature by Kimura et al. (Japan), usage of RCP scenario by Part et al. (Korea), integration of climate smart agriculture by Nogothu et al. (Norway and India), and climate trust fund (Gupta et al., India). The necessity of research on extreme events due to climate change, such as heavy rainfalls, floods, droughts, landslides and so on was also emphasized. As much more basic and important base, application of the latest and common scenarios of the RCP for GCM experiments is recommend to be introduced in climate change impact assessments at this stage.

The other individual findings of each paper and poster are to be summarized in the reports on each sub-question that are prepared by three Panel Experts assigned to each sub-question.

3.3 Integrated approach for climate change impact assessment

Regarding the integrated approach for impact assessment, one paper (which is the paper by the General Reporter himself and his colleagues) under the Question 58.1, is devoted to develop the method of , assessing the climate change impacts on water use in agriculture of a basin (Watanabe, T. et al., 2014). For integrated approach, it is needed to analyze the relationship between climate and basin hydrology regime with water resources availability, and between water management and agricultural production of the basin. These analysis or diagnoses include various factors, which are often uncertain and inter-dependent. Therefore, integrated assessment is to be developed for better projection and evaluation of climate change impacts as the basis for better adaptation.

While the “integrated assessment” is easy to establish in theory, it is, however, actually very difficult to be developed and implemented, since the behavior and future statuses of the various factors and players affecting each other are difficult to be projected in detail. Then, practically, the step-wise approaches are acceptable with scenario based projection. This scenario generation process in these approaches is to be useful to assess the vulnerability of the present system.

In that paper, firstly the general flow of this step-wise approach with scenario based projection is outlined, and then, one example case study is introduced, the flow of the step-wise approach is depicted in Figure 1.

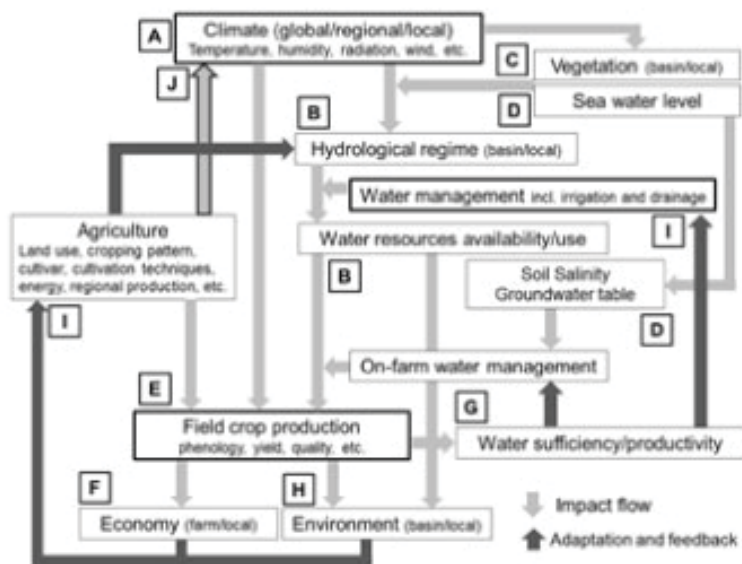


Figure 1. Flow of the step-wise integrated approach to climate change impacts assessment (source: Watanabe, T. et al., 2014)

Although the case study utilizing the step-wise integrated approach has made the preliminary, but very logical conclusions, predicting future changes of the whole system caused by global climate change is still a difficult undertaking, and predicting future irrigation and agriculture in a specific place and year is to be considered almost “impossible”. At the moment, future climate change projections are still uncertain and a challenging topic, while their reliability is surely getting higher. The response of crops to climate change is also still in the basic study stage, even for a major staple crop like wheat, and water balance as well.

4. Conclusions - Approach to Adaptive Adaptation

If the phenomena or factors associated with climate change and its apparent impacts are difficult to be projected and evaluated, one of the more effective and feasible measures for adapting to the impacts is to take actions incrementally, as in a trial-and-error manner, utilizing the best available current knowledge and past experience, and collecting additional

information as needed. In pursuing such an adaptive approach, the step-wise integrated assessment is effective and reliable.

For adaptation to and mitigation against global warming in agriculture, farmers, their associations and cooperatives, and other organizations interested in climate, water resources, and agriculture need to be involved jointly. For Example, for an improved human-water relationship taking advantage of adaptive management, the following approaches should be implemented: (a) identify the current water-use system and its significance in the regional hydrological regime, (b) monitor the water dynamics between human activities and the regional hydrological regime, (c) predict the changes in the hydrological environment, including the ecosystems, (d) employ incremental or gradual development and note feedback responses, and (e) include all stakeholders in decision making.

At present, using on-going observation and advanced modeling technologies, future events are to be predicted to some extent within certain bounds of accuracy, while in the past natural events were largely unpredictable and we could only react passively to them. Now, with a combination of advanced prediction and local traditional knowledge, there is the potential for wise irrigation and drainage management, smart agricultural production, and improvement of regional environments. To keep function of adaptive adaptation in local area, it is needed to maintain local resource management system well, including water management system of the irrigation scheme or basin. All stakeholders should participate at some level or some extent in the process of monitoring, assessing the baseline and impacts of climate change, making decision for adaptation, and establishing mitigation measures. Although the well designed preparedness is quite general to be proposed, it would be most dependable and reliable action. Research and development for establishing better management system should be promoted, not only against the climate change but also for everlasting improvement of the system. Such an approach might lead to a greater harmony of humans living with nature.

References

ICID, 2014: Page for the 22nd ICID Congress.

http://www.icid2014.org/congress/cogress_2.asp?sMenu=cog2

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 2014: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Tsugihiko Watanabe and Takashi Kume, 2009. A general adaptation strategy for climate change impacts on paddy cultivation: special reference to the Japanese context. Paddy and Water Environment.

Tsugihiko Watanabe and Takanori Nagano, 2014. Integrated Assessment of Impacts of Climate Change on Basin Hydrology and Water Use in Agriculture.

QUESTION 58: COMMENT L'IRRIGATION ET LE DRAINAGE JOUENT UN RÔLE IMPORTANT DANS L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES?

RAPPORT GENERAL

Tsugihiko Watanabe*

Général Rapporteur

1. Introduction

La Commission Internationale des Irrigations et du Drainage (CIID présente le thème de son 22e Congrès destiné à tenu à Gwangju Metropolitan City, la République de Corée, en septembre 2014, sur «Sécuriser l'eau pour l'alimentation et la communauté rurale dans les conditions du changement climatique». Le contexte et la raison pour décider ce thème sont mentionnés dans l'Appel à Communications comme suivant: Le changement climatique est un facteur de stress supplémentaire sur les questions de plus en plus complexes et interdépendantes du développement rural, de la sécurité alimentaire dans le cadre des changements démographiques, de la surexploitation de l'environnement et des ressources naturelles. On croit que l'amélioration du système d'irrigation et de drainage et le développement rural ainsi que l'augmentation de la production alimentaire jouera un rôle important dans la réalisation de la sécurité alimentaire et de l'eau rurale, en particulier dans les pays en développement. Compte tenu de l'imminence des changements climatiques, l'intervention pour atténuer les impacts du changement climatique et les événements climatiques extrêmes résultant du changement climatique tels que les inondations et la sécheresse, doit être prise en compte dans tous les processus de prise de décision concernant les activités d'irrigation et de drainage. (ICID, 2014)

Dans le cadre de ce thème, deux questions seront traitées. La première Question 58 : Comment l'irrigation et le drainage jouent un rôle important dans l'adaptation au changement climatique? traitera les trois sous-sujets suivants :

Q.58.1: Comprendre l'impact du changement climatique sur l'utilisation des terres et des eaux

Ce sous-sujet abordera les aspects suivants - Scénarios d'émissions futures, méthodes à l'échelle réduite, modèle sol-culture-climat, impact de la hausse du niveau des mers sur le système agricole côtière, méthodologies pour la modélisation des impacts du changement climatique sur l'utilisation des terres, changements de l'utilisation des terres dans les paysages agricoles, impacts de la culture bio-énergie sur l'utilisation des terres rurales, changements dans les modes de production agricole et d'irrigation, facteurs de changement d'utilisation des terres, technologie innovante et d'adaptation pour l'irrigation et le drainage, énergies nouvelles et renouvelables pour les systèmes d'irrigation et de drainage, et réseaux d'eau intelligents.

Q.58.2: Réexaminer les critères de conception et l'exploitation des équipements d'irrigation et de drainage

Ce sous-sujet abordera les aspects suivants - Nouveaux critères de conception en vertu de la flexibilité des séries chronologiques hydrologiques en raison de l'évolution du climat,

* Université de Kyoto, Japon, Comité national japonais des irrigations et du drainage

nouvelles techniques d'évaluation des projets, cas de grands stockages pour répondre à la variabilité croissante du climat, évolution de la demande en eau d'irrigation pour les cultures, exploitation de réservoir et de seuil de dérivation en utilisant les informations agro-climatique, utilisation durable des eaux souterraines, développement et la protection de la digue de mer, sécurité des zones côtières dans le cas de la hausse du niveau des mers.

Q.58.3: Gestion des inondations et des sécheresses fréquentes

Ce sous-sujet abordera les aspects suivants - Gestion intégrée des crues, évaluation des risques d'inondation, prévision des inondations, évaluation de la vulnérabilité et des risques d'inondation et de sécheresse, index et évaluation de la sécheresse, alerte anticipée de la sécheresse, prévention de la sécheresse grâce à l'irrigation.

Ce rapport général tente de revisiter l'importance du thème, en particulier dans le contexte de la GIEC-AR5 (Le rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), qui a été publié au début de 2014. Ce rapport se donne sur l'ensemble des documents soumis et présenté à la conférence dans le contexte ci-dessus. Il peut identifier les travaux complémentaires nécessaires à l'irrigation et le drainage par la communauté internationale sous le changement climatique.

2. L'irrigation et le drainage en vue du changement climatique – les faits marquants de la GIEC-AR5 avec une référence particulière à l'irrigation et au drainage

2.1 *Le cinquième rapport d'évaluation du GIEC*

Le GIEC publie le 5e rapport d'évaluation (AR5) en 2014, qui fournit une claire et à jour tenu de l'état actuel des connaissances scientifiques concernant les changements climatiques. Il se compose de trois rapports des groupes de travail (GT) et un rapport de synthèse (SYR). Le SYR sera finalisée en Octobre 2014, en tant que matière d'intégration et de synthèse des rapports du groupe de travail pour les décideurs des politiques.

La contribution du Groupe de travail II considère « la vulnérabilité et l'exposition des systèmes humains et naturels, les impacts observés et les risques futurs du changement climatique, et le potentiel et les limites de l'adaptation ». Le rapport GT II évalue les risques et les opportunités pour les sociétés, les économies et les écosystèmes à travers le monde. Ensuite, les impacts du changement climatique sur la production alimentaire, l'irrigation et le drainage, ainsi que l'environnement rural, et l'adaptation au changement climatique dans ces domaines sont les sujets du GT II. Le rapport du GT I fournit une évaluation complète de la base de la science physique du changement climatique, et le rapport du GT III évalue les options pour atténuer les changements climatiques et leurs besoins technologiques, économiques et institutionnels sous-jacents. Alors, ici, le rapport du Groupe de travail II est supervisé, en accordant une attention particulière aux impacts du changement climatique sur l'irrigation et le drainage, et l'adaptation de l'irrigation et du drainage au changement climatique, avec une brève introduction des points du GT I liée à la température et les précipitations comme des facteurs principales de système d'irrigation et de drainage.

2.2 *Une brève introduction du rapport GT I sur les changements de température et des précipitations*

Le rapport stipule que « le réchauffement du système climatique est sans équivoque, et depuis les années 1950, la plupart des changements observés sont sans précédent depuis

des décennies, voire des millénaires. L'atmosphère et l'océan sont réchauffés, les quantités de neige et de glace ont diminué, le niveau de la mer a augmenté, et les concentrations de gaz à effet ont augmenté. » En plus de l'augmentation de la température de l'air, les changements dans les précipitations ont été observés partout dans le monde, et les deux pourraient affecter la production agricole ainsi que l'irrigation et le drainage. En ce qui concerne les précipitations, qui est l'élément fondamental du régime hydrologique d'une région et l'un des facteurs déterminants de l'irrigation et du drainage, il rapporte les expériences suivantes et les projections futures.

Lorsque la confiance dans le changement moyen de précipitations sur les zones mondiales depuis 1901 est faible avant 1951 et moyen après, dans les zones terrestres aux latitudes moyennes de l'hémisphère Nord, la moyenne des précipitations a augmenté depuis 1901, avec un milieu de confiance avant et une grande confiance à partir de 1951. Pour d'autres latitudes des tendances positives ou négatives à long terme d'une surface moyenne ont une faible confiance. Cela implique que, généralement, le changement des précipitations au cours du siècle n'est pas plus grande confiance.

D'autre part, sur l'évolution future des précipitations dues au changement climatique, le rapport indique que les changements dans le cycle global de l'eau en réponse au réchauffement au cours du 21^{ème} siècle ne seront pas uniformes. Il dit aussi que le contraste des précipitations entre les régions humides et sèches, et les saisons humides et sèches va augmenter, mais il peut y avoir des exceptions régionales.

Selon le rapport, les régions situées à des latitudes plus élevées et l'océan Pacifique équatorial sont susceptibles de connaître une augmentation des précipitations annuelles moyennes à la fin de ce siècle dans le scénario de RCP 8.5. Dans beaucoup de régions de latitude moyenne et des régions subtropicales sèches, la précipitation moyenne est susceptible de diminuer, alors que dans de nombreuses régions humides aux latitudes moyennes, la précipitation moyenne est susceptible d'augmenter à la fin de ce siècle dans le scénario de RCP8.5. Les événements de précipitations extrêmes sur la majeure partie des terres aux latitudes moyennes et des régions tropicales sur-humides deviendront très probablement plus intenses et plus fréquents à la fin de ce siècle, puisque la température de surface moyenne mondiale augmente. Globalement, il est probable que la zone couverte par les systèmes de mousson va augmenter au cours du 21^e siècle. La précipitation de mousson est susceptible de s'intensifier en raison de l'augmentation de l'humidité atmosphérique. Les dates du commencement de mousson sont susceptibles de devenir tôt ou de ne pas changer beaucoup. Les dates de retraite de la mousson seront probablement retardées, ce qui entraîne un prolongement de la saison de la mousson dans de nombreuses régions.

Il est clair que le climat dans l'avenir et l'hydrologie pourraient affecter l'irrigation, le drainage et les inondations des régions et leurs système de gestion, à la fois dans les infrastructures et les institutions. En ce qui concerne l'élévation du niveau de la mer, le rapport conclut que le niveau moyen de la mer continuera d'augmenter au cours du 21^e siècle. Dans tous les scénarios RCP, le taux d'élévation du niveau de la mer sera très probablement supérieur à celle observée pendant 1971 - 2010 en raison de l'augmentation du réchauffement de l'océan et l'augmentation de la perte de masse des glaciers et des calottes glaciaires. L'élévation du niveau de la mer affecte directement l'agriculture et de l'hydrologie dans la zone côtière, où les grandes zones de production agricole sont réparties.

2.3 Une brève introduction du rapport GT II sur les impacts du changement climatique et de l'adaptation

Le rapport de la GT II résume les changements de régime hydrologique comme suit: Dans de nombreuses régions, l'évolution des précipitations ou de la fonte de la neige et de la glace modifient les systèmes hydrologiques, affectant les ressources en eau en termes de quantité et de qualité (confiance moyenne). Les glaciers continuent de diminuer presque dans le monde entier en raison de changements climatiques (confiance élevée), affectant le ruissellement et les ressources hydriques en aval (confiance moyenne). Le changement climatique est à l'origine du pergélisol réchauffement et le dégel dans les régions de haute latitude et dans les régions de haute altitude (confiance élevée).

Les impacts des changements de température et le système hydrologique sur la production alimentaire sont résumés comme suit: les impacts négatifs du changement climatique sur les rendements des cultures ont été plus fréquents que les impacts positifs (le degré de confiance élevé). Le changement climatique a une incidence négative sur les rendements de blé et de maïs dans de nombreuses régions et dans l'ensemble mondial (confiance moyenne). Les effets sur le riz et le rendement du soja ont été plus faibles dans les principales régions de production et dans le monde, avec une variation médiane de zéro sur toutes les données disponibles, qui sont moins pour le soja par rapport aux autres cultures. Cette information implique que les impacts du changement climatique sur la production alimentaire, même sur les grandes cultures, sont encore en cours d'évaluation, et les résultats de l'évaluation devraient être plus fiables avec le développement de meilleures méthodes d'analyse et une plus grande disponibilité des données climatiques fiables.

Il a été précisé dans le rapport que les effets de l'extrême liés au climat récents, tels que les vagues de chaleur, les sécheresses, les inondations, les cyclones et les feux de forêt, révèlent la vulnérabilité et l'exposition de certains écosystèmes et de nombreux systèmes humains à la variabilité climatique actuelle significative. Les impacts de ces extrêmes climatiques comprennent la perturbation de la production alimentaire et l'approvisionnement en eau, et les dommages à l'infrastructure et les colonies, qui sont concordant avec un important manque de préparation à la variabilité climatique actuelle dans certains secteurs dans les pays à tous les niveaux de développement.

Le rapport identifie « les principaux risques », qui ont des répercussions potentiellement graves définies comme « toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. » Sur les huit risques, quatre sont liés à la production et à la gestion de l'eau en zone agricole; y compris a) les risques systémiques dus à des phénomènes météorologiques extrêmes conduisant à la dégradation des réseaux d'infrastructure et des services essentiels tels que l'électricité, l'approvisionnement en eau, et la santé et d'urgence, b) la risque de mortalité et de morbidité pendant les périodes de chaleur extrême, en particulier pour les populations urbaines vulnérables et ceux qui travaillent en plein air dans les zones urbaines ou rurales, c) la risque de l'insécurité alimentaire et l'effondrement des systèmes alimentaires liés au réchauffement, la sécheresse, les inondations et la variabilité des précipitations et des extrêmes, en particulier pour les populations les plus pauvres en milieu urbain et rural, et d) la risque de perte de moyens de subsistance ruraux et les revenus en raison d'un accès insuffisant à l'eau potable et l'eau d'irrigation et la productivité agricole réduite, en particulier pour les agriculteurs et les éleveurs avec un capital minimal dans les régions semi-arides.

Selon les conséquences graves possibles et les risques plus élevés, l'adaptation a pris des mesures importantes et urgentes contre les impacts du changement climatique. Le rapport présente cette expérience d'adaptation s'accumule entre les régions dans le secteur public

et privé et au sein des communautés. Les gouvernements à divers niveaux commencent à élaborer des plans et des politiques d'adaptation, et d'intégrer les considérations relatives aux changements climatiques dans les plans de développement plus larges.

Le rapport examine les risques de l'eau douce dans le détail. Avec les informations comme les changements de température, la disponibilité en eau, les inondations, etc., des adaptations dans les zones rurales à la fois de la production et de la vie et de l'environnement seront élaborés. En ce qui concerne les impacts et l'adaptation dans les zones rurales, le rapport conclut que les principaux impacts ruraux futurs sont attendus par les impacts sur la disponibilité de l'eau et de l'approvisionnement, la sécurité alimentaire et les revenus agricoles, y compris les changements dans les zones de la production des cultures alimentaires et non alimentaires à travers le monde. Ces impacts devraient affecter de manière disproportionnée le bien-être des pauvres dans les zones rurales, tels que les ménages dirigés par des femmes et ceux qui ont un accès limité à la terre, aux intrants agricoles modernes, les infrastructures et l'éducation. D'autres adaptations de l'agriculture, de l'eau, des forêts et de la biodiversité peuvent se produire à travers des politiques tenant compte des contextes de prise de décision en milieu rural.

3 Une vue d'ensemble des communications présentées au 22e Congrès de CIID sur la Question 58

3.1 Un aperçu général des documents relatifs sur la question 58

Dans le 22e Congrès de CIID, sous la question 58, enfin quarante-huit études ont été acceptées après l'examen par ses pairs et aussi vingt-sept affiches ont été présentées. La distribution des bulletins et des affiches en trois sous-thèmes / questions est présentée au **tableau 1**. On trouve dans le tableau que près de la moitié des communications et des affiches sont pour la sous-question Q.58.1. Comme indiqué dans la GIEC-AR5 présenté ci-dessus, les impacts sont encore dans le processus d'évaluation. Essayer de comprendre les impacts exacts est l'un des axes de questions liées au changement climatique.

Le tableau 2 montre l'étude ou la zone d'étude ou la région des communications et des affiches, qui ont été classées par l'emplacement de lieu de travail de l'auteur qui est presque conforme à la zone de cas. Sur un total de soixante-quinze articles et d'affiches, cinquante-quatre sont des pays d'Asie, principalement La Corée, qui est plus de 70%. La raison de cette concentration de l'Asie est que la conférence a lieu en Corée. Ensuite, le sujet du papier et des affiches doivent être sur la région humide, avec relativement beaucoup de pluie. Cette uniformité est conservée, lorsque nous intégrons leurs rendements. Il est également à noter que le problème exact n'est pas bien défini dans les régions moins développées où la disponibilité de l'eau est limitée, où la vulnérabilité au changement climatique est plus élevée.

En fait, de nombreux articles et d'affiches ne se concentraient pas sur le changement climatique explicitement, mais il pourrait être entendu que les impacts du changement climatique et l'adaptation à ces changements dans le domaine de l'irrigation et du drainage occupent une position dominante dans les pensées ou les idées des auteurs. Pour donner une réponse à la question sur les impacts du changement climatique sur l'irrigation et le drainage, leur rôle important de s'adapter au changement climatique, et des travaux nécessaires pour établir des contre-mesures efficaces, en évaluant les passées et les conditions présentes est nécessaire et doit être développé en outre, y compris l'innovation de la méthodologie avec des technologies de pointe et les plus récentes informations. Par conséquent, si l'analyse contient ce sens et ce contexte, il sera utile pour la discussion sur la question 58, même dans le cas où il ne traite pas les impacts du changement climatique et l'adaptation explicitement.

Tableau 1. Le nombre d'analyses et des affiches acceptés

Sous question	Nombre d'analyses et des affiches acceptés	
	Analyse	Affiche
Q.58.1: Comprendre les impacts du changement climatique sur les terres et des eaux	25	10
Q58.2: Revoir les critères de la conception et du fonctionnement pour l'irrigation et le drainage	10	11
Q58.3: Gérer des inondations et des sécheresses fréquentes	13	6
Total	48	27
		Total
		35
		21
		19
		75

Tableau 2. La zone d'étude des d'analyses et des affiches

Sous question	Le domaine de l'adresse de l'auteur							Total	
	L'Asie de l'Est	L'Asie du Sud-est	L'Asie du Sud	L'Océanie	Le Moyen-Orient	L'Europe	L'Afrique		
Q.58.1	18	3	5	0	5	3	0	1	35
Q58.2	11	1	2	0	4	1	1	1	21
Q58.3	12	2	1	0	2	1	1	0	19
Total	40	6	8	0	10	5	2	2	75

Remarque: Classé par l'adresse de l'auteur

Comme une autre situation actuelle, une classification inappropriée des communications et des affiches en trois sous-questions a été trouvée. Bien que la raison exacte ne soit pas claire, il est certain que les sous-questions sont liées de près et quelques analyses couvrent plus d'une sous-question. Par conséquent, ici, la vue d'ensemble ne colle pas à la classification détaillée.

Sur la base des accords de base ci-dessus, les principaux points des communications et des affiches sont résumés dans le **tableau 3**, qui montre l'intérêt principal, la recherche échelle spatiale, la partie prenante cible, l'activité principale et le sujet principal. Il montre la proportion (%) de toutes des 75 communications et affiches à chaque catégorie de points, où certains peuvent couvrir plusieurs catégories. La classification a été effectuée par l'évaluation de la journaliste.

Tableau 3. Les détails principaux des analyses et des affiches : la proportion (%) du total de tous les 75 analyses et affiches

Détails Principaux	La Catégorie			
	Le Thème Principal	L'évaluation d'impact	L'adaptation	L'atténuation
	69.9	27.4	2.7	
La Recherche Échelle Spatiale	Général	À La Ferme	Le Projet	Le Bassin
	23.3	16.2	25.3	35.4
La Partie Prenante Cible	l'Agriculteur / L'utilisateur	l'Association / L'ONG	Le Gouvernement	L'Académique
	11.1	17.1	46.2	25.6
Principale Activité	L'Observation	L'Évaluation	La Simulation	
	29.5	50.5	20.0	
Le Sujet Principal	Le Régime Hydrologique	L'Infrastructure	L'Institution	
	50.5	37.1	12.4	

Selon les classifications résumées dans le **tableau 3**, la plupart des journaux se concentrent sur l'évaluation des impacts, tandis qu'ils comprennent l'évaluation de référence comme base pour l'évaluation de l'impact. L'échelle cible de la recherche est étalée à partir des niveaux de petites exploitations à l'échelle du bassin, où l'échelle du bassin et l'aspect général occupent une partie principale. Puisque des questions générales ou liées aux bassins soient l'échelle principale, le gouvernement ou les autorités locales sont ciblés pour la diffusion des résultats de la recherche.

Bien que l'évaluation d'impact soit l'objectif principal de la plupart des documents, le nombre d'analyses qui simulent la situation avec des changements de conditions, ou projettent les changements futurs en raison du changement climatique n'est pas si grande, seulement un cinquième du total. Les documents sur les observations sont d'un tiers du total, et les documents relatifs à l'évaluation, à la fois avec et sans le modèle numérique, forment le plus grand groupe. Réflétant le contenu expliquées ci-dessus, la moitié de l'analyse discute le

régime hydrologique, y compris la terre et de l'état de l'eau et de l'environnement régional, tandis que le nombre de documents discutant l'institution, y compris les critères de conception, la réglementation et l'organisation de l'irrigation et de la gestion de drainage n'est pas si grand.

3.2 Les principaux résultats de la recherche et les travaux nécessaires à l'avenir

Le sujet et la méthode de chaque article ou affiche est tout à fait différente avec une grande variété de situation dans l'ensemble du processus d'aborder les questions du changement climatique, comme l'évaluation de base, l'évaluation de l'impact, le développement de la politique d'adaptation et des mesures, la stratégie d'atténuation et le développement et l'amélioration de la méthodologie aussi. Ensuite, les principales conclusions sont identifiées dans la mise en œuvre exacte de la recherche et du développement dans les zones limitées de l'ensemble du processus.

A ce stade, il est très difficile de faire une évaluation intégrée de l'impact, qui couvre le processus agricole et hydrologique entier, y compris le profil hydrique du sol, la croissance des cultures, le débit du fleuve, la dynamique des eaux souterraines, les besoins en eau, les eaux de drainage, la qualité de l'eau, le procédé d'ensemencement et le système d'agriculture, etc. Par conséquent, chaque sous-processus doit être évalué et l'accumulation de ses résultats doit être encouragée.

Par exemple, avec la température augmentée et des précipitations modifiées, qui sont les projections des modèles climatiques, les changements de la production agricole sont estimés en utilisant un certain modèle de culture. Avec le rayonnement solaire et la température ambiante plus élevée, il est prévu que les cultures vont croître plus vite résultant en une plus courte durée, ce qui pourrait conduire aux besoins en eau des cultures réduits. Les changements, toutefois, de précipitations est projeté et il pourrait affecter le débit des rivières et des ressources en eau disponibles pour l'irrigation. Ensuite, si nous voulons savoir les changements réels de la croissance des cultures, la suffisance de l'eau à la ferme, et la production agricole, nous avons besoin de prédire le régime hydrologique l'avenir du bassin, où se trouve la superficie irriguée. Même cette expansion de la portée est encore difficile. Nous devons évaluer les impacts des ravageurs et des maladies causés par ce climat changé et les changements dans les modes de culture. Parce que ces approches intégrées sont assez difficiles à adopter, beaucoup d'analyses ou des chercheurs se concentrent sur certains chemins limités dans l'ensemble du processus ou du mécanisme des impacts du changement climatique.

Pour évaluer les impacts du changement climatique et pour établir les mesures d'adaptation, des outils hydrologiques jouent certainement des rôles importants, puisque de nombreux documents présentés conformément à la question 58 de développent ou appliquent le modèle hydrologique de la ferme à l'échelle du bassin. Comme nous avons beaucoup des modèles excellents et de pointe développés pour l'évaluation et la simulation de l'irrigation et de la gestion de drainage, en conservant l'environnement hydrologique local, nous pouvons et devons utiliser ces modèles pour des questions liées au changement climatique.

Comme l'expert de la question 58.1, Dr. Takao Mosumoto a résumé le rôle et les catégories des modèles pertinents indiquant vers le développement et / ou la modification des modèles hydrologiques. Ces modèles impliquent la modélisation des activités anthropiques d'utilisation de l'eau, le couplage de modèles d'eau de surface avec des modèles d'écoulement des eaux souterraines, etc. L'importance de l'analyse des données observées et de l'acquisition de données en continu a été soulignée.

Pour évaluer les impacts du changement climatique et pour établir les mesures d'adaptation, le scénario de climat futur est généré. Il existe de nombreux modèles de circulation générale (MCG) et les modèles climatiques régionaux ou des méthodes pour réduire l'échelle des sorties de MCG. Par conséquent, avec la sélection de la méthode de génération de scénarios climatiques et le modèle hydrologique, nous pouvons avoir des différentes sorties avec une large gamme. Comme il s'agit d'une contrainte inévitable, nous sommes confrontés à ce stade, le Dr. Masumoto appelle l'attention sur cette situation et la différence due à la période du changement climatique.

Dr. Masumoto a souligné que de nombreux auteurs ont proposé des outils et des approches novatrices difficiles, par exemple, la proposition de l'approche intégrée en étapes pour l'évaluation d'impact par Watanabe et al. (Le Japon), le traitement de la température de l'eau par Kimura et al. (Le Japon), l'utilisation de scénario RCP par partie et al. (La Corée), l'intégration de l'intelligence climatique-agriculture par Nogothu et al. (Le Norvège et l'Inde), et des fonds d'affectation spéciale du climat (Gupta et al. l'Inde). La nécessité de la recherche sur les événements extrêmes dus au changement climatique, tels que les pluies abondantes, les inondations, les sécheresses, les glissements de terrain etc. a également été souligné. Comme une base plus fondamentale et importante, l'application des scénarios les plus récentes et communs de la RCP pour les expériences de MCG est recommandé à être introduit dans les évaluations de l'impact du changement climatique à ce stade.

Les autres résultats individuels de chaque analyse et affiche doivent être résumées dans les rapports sur chaque sous-question qui sont préparés par trois experts du groupe attribués à chaque sous-question.

3.3 L'approche intégrée pour le climat évaluation de l'impact des changements

En ce qui concerne l'approche intégrée de l'évaluation de l'impact, un analyse (qui est l'analyse par le Rapporteur Général lui-même et ses collègues) sous la question 58.1, est consacré à développer la méthode de, l'évaluation des impacts du changement climatique sur l'utilisation de l'eau dans l'agriculture d'un bassin (Watanabe, T. et al., 2014). Pour l'approche intégrée, il est nécessaire d'analyser la relation entre le climat et le régime d'hydrologie du bassin avec la disponibilité des ressources en eau, et entre la gestion de l'eau et la production agricole du bassin. Ces analyses ou diagnostics comprennent de divers facteurs, qui sont souvent incertaines et interdépendants. Par conséquent, l'évaluation intégrée doit être mis au point pour une meilleure projection et l'évaluation des impacts du changement climatique en tant que base pour une meilleure adaptation.

Alors que « l'évaluation intégrée » est facile à établir en théorie, il est, cependant, en fait très difficile à développer et mettre en œuvre, car le comportement et les états futurs des différents facteurs et acteurs qui affectent l'autre sont difficiles à être projeté en détail. Puis, dans la pratique, les approches graduelles sont acceptables avec la projection basée sur le scénario. Ce processus de génération de scénario dans ces approches est utile pour évaluer la vulnérabilité du système actuel.

Dans ce document, d'une part le flux général de cette approche par étapes avec le scénario de projection sur la base est décrite, et puis, un exemple d'étude de cas est introduit, le débit de l'approche par étapes est illustrée à la figure 1.

Bien que l'étude de cas, en utilisant l'approche intégrée par étapes, ait formulé les conclusions préliminaires, mais très logiques, la prévision des changements futurs de l'ensemble du système causés par le changement climatique mondial est toujours une entreprise difficile,

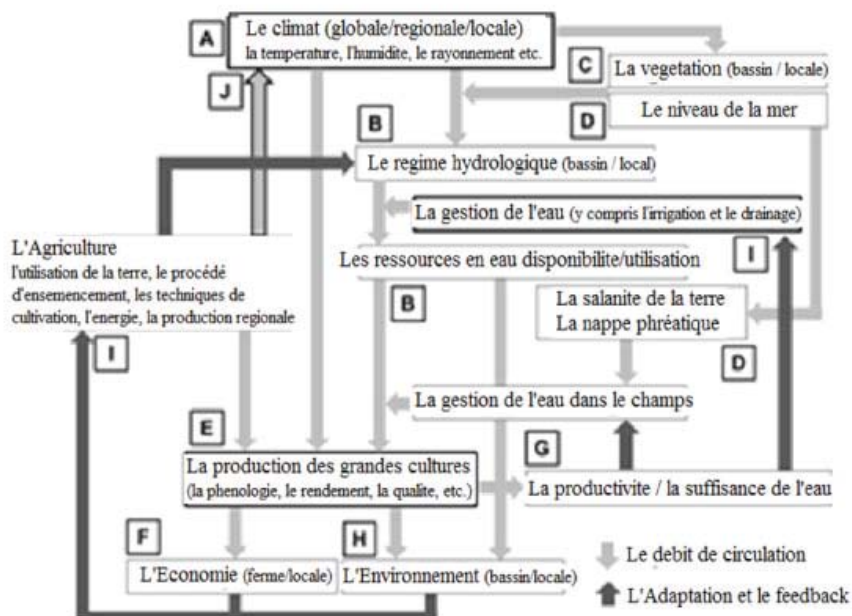


Figure 1. L'organisation de l'approche intégrée par étapes aux impacts de changement climatique (Source: Watanabe, T. et al, 2014)

et la prévision de l'irrigation et de l'agriculture du futur dans un endroit spécifique et l'année doit être considérée comme presque « impossible ». À l'heure actuelle, les projections du changement climatique sont encore incertaines et un sujet difficile, alors que leur fiabilité est sûrement en train de monter. La réponse des cultures aux changements climatiques est également encore au stade de l'étude de base, même pour une culture de base importante comme le blé, et l'équilibre de l'eau aussi.

4. Les conclusions – de l'approche à l'adaptation adaptative

Si les phénomènes ou les facteurs liés au changement climatique et ses impacts apparents sont difficiles à être projetés et évalués, l'une des mesures les plus efficaces et réalisables pour l'adaptation aux impacts est de prendre des mesures progressivement, par tâtonnement, en utilisant les meilleures connaissances les plus récentes et l'expérience passée, et recueillir des renseignements supplémentaires au besoin. En poursuivant une telle approche adaptative, l'évaluation intégrée par étapes est efficace et fiable.

Pour adapter à et atténuer contre le réchauffement climatique dans l'agriculture, les agriculteurs, leurs associations et leurs coopératives, et les autres organisations intéressées dans le climat, les ressources en eau et de l'agriculture doivent être impliqués conjointement. Par exemple, pour une relation améliorée entre l'humain et l'eau qui profitent de la gestion adaptative, les démarches suivantes devraient être mises en œuvre: (a) identifier le système actuelle de l'utilisation d'eau- et son importance dans le régime hydrologique régional, (b) Suivre la dynamique de l'eau entre les activités humaines et le régime hydrologique régional, (c) prévoir les changements dans l'environnement hydrologique, y compris les écosystèmes,

(d) employer le développement progressif ou et noter les réponses de rétroaction, et (e) inclure toutes les parties prenantes dans la prise de décision.

À l'heure actuelle, en profitant des technologies d'observation et de modélisation avancées, les événements futurs sont à prédire dans une certaine mesure dans certaines limites de précision, tandis que dans les dernières événements naturels étaient largement imprévisible et auxquels nous ne pouvons pas réagir passivement. Maintenant, avec une combinaison de prévision de pointe et le savoir traditionnel local, il y a le potentiel de l'irrigation sage et la gestion de drainage, la production agricole à puce, et l'amélioration des environnements régionaux. Pour conserver la fonction d'adaptation adaptative dans la zone locale, il est nécessaire de maintenir le système de gestion des ressources locales bien, y compris le système de gestion de l'eau du système d'irrigation ou d'un bassin. Toutes les parties prenantes doivent participer à un certain niveau ou une certaine mesure dans le processus de suivi, d'évaluation de la ligne de base et les impacts du changement climatique, la prise de décision pour l'adaptation et l'établissement de mesures d'atténuation. Bien que la préparation bien conçue est proposé assez général, il serait une action plus sûr et fiable. La recherche et le développement pour établir un meilleur système de gestion devraient être encouragés, non seulement contre le changement climatique, mais aussi pour l'amélioration éternelle du système. Une telle approche pourrait conduire à une plus grande harmonie des êtres humains vivant avec la nature.

Les Références

CIID, 2014: page pour le 22e Congrès de CIID. http://www.icid2014.org/congress/cogress_2.asp?sMenu=cog2

GIEC, 2013: Résumé pour les décideurs. Dans: Changement climatique 2013: The Physical Science Basis. La contribution du Groupe de travail I au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques.

GIEC, 2014: Résumé pour les décideurs. Dans: Changement climatique 2014: Les Impacts, l'adaptation et la vulnérabilité. La contribution du Groupe de travail II au cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques.

Tsugihiko Watanabe et Takashi Kume, 2009 Une stratégie d'adaptation générale aux impacts des changements climatiques sur la culture du riz: une référence particulière au contexte japonais. L'environnement rizière et celle d'eau.

Tsugihiko Watanabe et Takanori Nagano, 2014 L'évaluation intégrée des impacts du changement climatique sur l'hydrologie du bassin et l'utilisation de l'eau dans l'agriculture. Analyse numéro