



HAL
open science

Evaluation des services de l'eau agricole et renforcement des interactions des acteurs de la gestion de l'eau-Cas d'un système à multi niveaux de gestion (périmètre public irrigué de Zaouiet Jedidi, Cap Bon-Tunisie)

Intissar Ferchichi

► To cite this version:

Intissar Ferchichi. Evaluation des services de l'eau agricole et renforcement des interactions des acteurs de la gestion de l'eau-Cas d'un système à multi niveaux de gestion (périmètre public irrigué de Zaouiet Jedidi, Cap Bon-Tunisie). Agriculture, économie et politique. Institut National Agronomique en Tunisie, 2017. Français. NNT: . tel-01891527

HAL Id: tel-01891527

<https://theses.hal.science/tel-01891527>

Submitted on 9 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Agriculture, des
Ressources Hydrauliques et de la Pêche



Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE DE TUNISIE

*Ecole Doctorale Sciences et Techniques de L'Agronomie et de
l'Environnement*

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Génie Rural Eau et Forêt

**Evaluation des services de l'eau agricole et renforcement
des interactions des acteurs de la gestion de l'eau-Cas d'un
système à multi niveaux de gestion (périmètre public
irrigué de Zaouiet Jedidi, Cap Bon-Tunisie)**

Soutenue publiquement par :

Intissar FERCHICHI

Le 16 décembre 2017 à l'INAT

Composition du jury

M. Hamadi HBAIEB, Professeur, INAT

Président

M. Abdelaziz ZAIRI, Professeur, INRGREF

Directeur de thèse

M. Serge MARLET, Chercheur, UMR G-Eau, CIRAD

Co-directeur de thèse

Mme. Akissa BAHRI, Professeur, INAT

Rapporteur

M. Marcel KUPER, Chercheur HDR, UMR G-EAU, CIRAD

Rapporteur

Mme. Zohra LILI, Professeur, INAT

Examineur

Résumé

Les problèmes posés par la gestion des systèmes collectifs d'irrigation et leurs faibles performances continuent de faire constamment l'objet de recherches, de débats et de controverses, compte tenu des investissements importants et des réformes successives engagés pour améliorer la gestion de ces systèmes. Les objectifs en matière de productivité et de rentabilité de ces systèmes ainsi que les attentes en termes de transfert de leur gestion aux associations d'irrigants ne sont pas atteints. Le manque de pertinence et d'efficacité des interventions actuelles d'amélioration peut être expliqué, en partie, par la complexité des problèmes de gestion des systèmes irrigués. En effet, l'évolution de ces systèmes (contexte, historique, usage...), les interactions qui existent entre leurs différentes composantes et les indépendances entre les différents acteurs gestionnaires ou usagers, sont autant d'éléments qui plaident en faveur du développement du renforcement du lien entre l'évaluation et les démarches d'amélioration de la gestion des systèmes irrigués. Ce développement nécessite d'aller au-devant du dilemme des démarches d'évaluation qui font émerger des tonalités indiscutablement négatives quant aux performances de ces systèmes, sans pour autant déboucher sur des articulations à même de remonter aux causes des problèmes et d'orienter les interventions d'amélioration. D'autre part, la faible mobilisation des acteurs de l'eau autour de ces interventions et l'échec d'une implication active des acteurs locaux (agriculteurs et des association des usagers de l'eau) dans les processus de formulation de leurs besoins et de résolution des problèmes, ont freiné les avancées de plusieurs interventions et ont mis en question leur légitimité et efficacité. L'implication des acteurs locaux dans la résolution de leurs propres problèmes et l'amélioration de leur capacité d'adaptation ne garantissent pas le succès de ces interventions, mais peuvent améliorer leurs résultats. En ce sens, produire des directives pour mieux orienter ces interventions semble être nécessaire.

Cette thèse se propose d'évaluer les modes de gestion des systèmes irrigués des agrumes dans la région du Cap Bon, en Tunisie (Périmètre public irrigué de Zaouiet Jedidi) et d'accompagner les acteurs locaux en vue de co-construire et de mettre en œuvre une intervention d'amélioration. Nous nous sommes intéressés à l'étude d'un système qui met en relief la complexité des problèmes de gestion des systèmes collectifs d'irrigation. Il s'agit d'un système multi-ressources (eaux de surface et eaux souterraines utilisées de façon conjointe), multi-niveaux (différentes échelles, différentes institutions impliquées dans la gestion), multi-usages compétitifs (urbain, agricole, industriel,..) et multi-acteurs (administration, association d'irrigants, agriculteurs, ...). En plus, ce système est limité dans sa capacité d'adaptation par une pénurie d'eau à laquelle il est soumis depuis plusieurs années. Au lieu de nous limiter à juger l'efficacité de la gestion actuelle des systèmes irrigués, nous avons privilégié une analyse causale qui permet de relier les symptômes et les causes de dysfonctionnement. Nous avons fondé notre analyse sur une approche systémique et globale des différents niveaux du système et des interactions entre eux et nous avons privilégié d'étudier comment les différents acteurs réagissent à une telle contrainte physique en termes de règles de gestion et de mécanismes de coordination qu'ils ont créés, qu'ils ont façonnés ou qu'ils ont parfois rejetés.

Nous avons employé par la suite les résultats de cette évaluation dans la planification et l'accompagnement de la mise en œuvre d'une intervention d'amélioration de la gestion de l'irrigation dans le cadre d'un projet de recherche action. Nous avons enfin analysé dans quelle mesure la mise en œuvre d'une intervention d'amélioration, basée sur la participation des parties prenantes et le renforcement des mécanismes de coordination, permet aux acteurs de l'eau d'interagir dans un processus d'apprentissage collectif et d'améliorer leur capacité d'adaptation aux

contraintes du système. L'analyse de la situation de la pénurie d'eau dans ce système met en évidence qu'il s'agit d'une pénurie physique induite par les modes d'usage des ressources en eau souterraine et de surface et des politiques de répartition de l'eau entre différents usagers. Afin de gérer l'incertitude qui marquait ainsi l'approvisionnement en eau de ce système, les gestionnaires ont souvent opté pour des compromis et des changements des règles collectives qui ont réussi dans certains cas à alléger les impacts de la pénurie et dans d'autres cas à aggraver le dysfonctionnement du système et à accroître la vulnérabilité de certains usagers. Nous avons mis en évidence les faiblesses des mécanismes de coordination au niveau des interfaces entre acteurs et nous avons examiné les logiques et les facteurs qui expliquent ces défaillances. En analysant comment les agriculteurs à leur tour réagissent à cette pénurie d'eau, nous avons mis en évidence une grande diversité de stratégies et de pratiques individuelles qui tendent à maximiser l'accès aux ressources en eau de surface et souterraine selon les différentes capacités. Cependant, ces pratiques qui peuvent avoir des gains individuels pour quelques agriculteurs ont évidemment des implications négatives sur les performances collectives du système. Enfin, l'accompagnement de la mise en œuvre d'un processus d'amélioration participatif dans ce périmètre irrigué et l'évaluation de ses effets, nous a permis de valider le rôle de l'apprentissage dans le changement de la perception des acteurs qui a accéléré, au cours de certaines étapes de l'intervention le processus de résolution des problèmes, mais l'a freiné dans d'autres.

Le cadre d'analyse développé dans cette thèse permet de faire avancer la réflexion autour des interventions d'amélioration vers une meilleure compréhension des logiques individuelles et collectives qui gouvernent la gestion des systèmes irrigués. Décrypter ces logiques permet de développer des directives d'actions d'accompagnement adaptées au contexte de gestion de ces systèmes. Dans le cas des périmètres publics irrigués, où la gestion collective de l'eau est marquée par les conflits d'intérêts et les jeux de pouvoir, le renforcement des processus d'interaction et de coordination entre les acteurs ouvre des pistes d'amélioration à intégrer dans les processus de développement des politiques de gestion des systèmes irrigués. Evaluer les effets de la participation des acteurs locaux dans ces processus d'amélioration permet d'analyser les insuffisances des cadres théoriques et de rendre compte des difficultés pratiques à déployer certains objectifs et logiques d'intervention dans un contexte assez compliqué tel que celui de la gestion collective des ressources en eau.

Mots clés : gestion de l'eau d'irrigation, système à multi-niveaux, pénurie d'eau, évaluation systémique, coordination, intervention d'amélioration, apprentissage, pratiques d'adaptation, agrumes, Tunisie.

Abstract

Community-managed irrigation systems are commonly faced with problems of low system-level performance. These issues became the subject of constant researches, debates and controversies, given the significant investments and successive reforms undertaken to improve the management of irrigation systems. The lack of relevance and effectiveness of the current interventions to improve the water management can be explained, in part, by the complexity of the managing irrigation systems. Indeed, the evolution of these systems (context, history, use trends), the complexity of interaction's processes between different system levels and the interdependencies between its various actors (managers or users) are evidences proving the urge to strengthen links between evaluation and improvement approaches of the management of irrigation systems. In order to do so, we have come to face the dilemma of evaluation approaches, which bring out undeniably negative tones in terms of the performance of these systems, without tackling the root causes of the problems or guiding improvement interventions. On the other hand, the weak mobilization of water actors around these interventions and the failure of active involvement of local actors (farmers and GDAs) in the processes of formulating their needs and solving their problems, have hindered several interventions for the amelioration of water management and called into question their legitimacy and effectiveness. The involvement of local actors in solving their own problems and improving their adaptive capacity does not guarantee the success of these interventions but can at least improve their results.

This thesis aims to evaluate the management of an irrigation system with perennial citrus orchards in northern Tunisia, particularly in the irrigation system of Zaouiet Jedidi, and to support the local actors in the co-construction and the implementation of an intervention for the improvement of irrigation water management. We are interested in the study of a system that highlights the complexity of the management problems of collective irrigation systems. It is a multi-level, multi-actor system that is limited in its ability of adaptation to a situation of water scarcity that has been undergoing for several years.

Instead of limiting ourselves to judging the effectiveness of the current management of the irrigated systems, we have focused on a causal analysis that links symptoms and causes of malfunction. We have based our analysis on a systemic and global approach of different levels of the system and the interactions between them, and we have chosen to study how different actors may react to a physical constraint in terms of management rules and coordination mechanisms that they created, shaped or rejected.

We have used the results of this evaluation in planning and assisting in the improvement of irrigation management as a part of an action-research project. Finally, we have analyzed the extent to which such intervention based on stakeholders' participation and strengthening of coordination mechanisms, may allow these stakeholders to interact during a process of collective learning and to improve their ability to adapt to constraints of the system.

The analysis of the water resources situation of this system shows that there is a situation of water scarcity. This scarcity is linked to the use of the groundwater and surface water resources and the distribution policies between different users. In order to manage the uncertainty that characterized this system's water supply, managers are often opting for compromises and changes to the collective rules. These compromises have been in some cases successful in alleviating the impacts of the scarcity, and in others, they have worsen the malfunction of this system and increased the

vulnerability of some users. We have highlighted the weaknesses of the coordination mechanisms between most stakeholders' interfaces. Next, we have analyzed the logics and the factors that explain these failures. By analyzing how farmers respond to this water shortage, we have highlighted a wide variety of individual strategies and practices that tend to maximize access to the surface and groundwater resources with different capacities. However, these practices, which may have individual gains for some farmers, obviously have negative implications for the collective performance of the system. Finally, supporting the implementation of a process of participatory improvement in this irrigated perimeter and the evaluation of its effects enabled us to validate the role of learning by changing the perception of actors. This change had facilitated the problem-solving process in some stages of the intervention, but hindered it in others.

The analytical framework developed in this thesis helps to move forward reflection on improvement interventions through a better understanding of individual and collective rationality models that actually govern the management of irrigated systems. Decrypting these models allows the development of guidelines for irrigation management improvement adapted to the context of these systems. In the case of irrigated public systems, where the collective management of water is marked by conflicts of interest and power games, the reinforcement of interaction between different actors open opportunities for improvement to consider in the processes of development of management policies of irrigated systems. Assessing effects of local stakeholders' participation in these processes helps to analyze the limitations of theoretical frameworks and to report practical difficulties of conducting improvement actions in such a complex situation of collective management of water resources.

Keywords: irrigation water management, multi-level system, water scarcity, systemic analysis, coordination, performance improvement, learning, adaptation practices, citrus, Tunisia.

ملخص

لطالما مثلت مشاكل التصرف في المنظومات السقوية الجماعية و ضعف مردوديتها محورا إستقطب عديد البحوث و النقاشات نظراً للاستثمارات المهمة و الإصلاحات الهيكلية المتتالية التي اتخذت لتحسين إدارة هذه المنظومات. يمكن تفسير النتائج الضعيفة لمحاولات التحسين الحالية من ناحية بالجوانب المعقدة المرتبطة بمشاكل إدارة المناطق السقوية. إذ مثل تطور هذه المنظومات و التفاعلات بين مختلف مكوناتها و الترابط بين الأطراف المتدخلة في التصرف فيها ومستعملها، دوافع أساسية لضرورة تطوير و دعم العلاقة بين مقاربات التقييم و إجراءات تحسين التصرف في المنظومات المائية. من ناحية أخرى، فإن ضعف مشاركة الأطراف المعنية و فشل تجربة الشريك الفعلي للأطراف المحلية في عملية صياغة احتياجاتهم و إيجاد حلول لمشاكلهم ساهمت في عرقلة العديد من التحسينات و التشكيك في مشروعيتها و فعاليتها. إن تشريك الأطراف المحلية في إيجاد حلول لمشاكلهم و تطوير قدراتهم على التأقلم لا تعني بالضرورة نجاح هذه التجارب و لكنها على الأقل تساهم في تحسين نتائجها. إن هذا البحث يهدف إلى تقييم أساليب التصرف في المنظومات السقوية للقوارص في الوطن القبلي، تحديداً في المجمع المائي لزاوية الجديدي و مرافقة الأطراف المحلية بهدف بناء مشترك وتنفيذ فاعل للتحسينات. و لقد تركز اهتمامنا على دراسة مثال يبرز تعقيد مشاكل التصرف في هذه المنظومات الجماعية السقوية.

يتميز هذا المثال بكونه متعدد المستويات و متعدد الأطراف المتدخلة و بقدرته المحدودة على التأقلم مع وضعية ندرة المياه التي يشكو منها منذ سنوات. و لقد انتهجنا في مقاربتنا لهذا الموضوع، أن نتجاوز محدوديات مقاربات التقييم التي و إن اظهرت ضعف مردودية المنظومة الموجودة إلا انها لم تتناول الأسباب الفعلية التي تقف وراء المعوقات في مشاكل تسيير و توجيه فعال للتحسينات. و لقد ارتأينا عوض الاكتفاء بتقييم فعالية التصرف الحالي في المنظومات السقوية أن نقوم بمقاربة تحليلية للأسباب التي تمكننا من تفسير أسباب هذا الخلل .

و لقد اعتمدنا في ذلك على رؤية شاملة تأخذ بعين الاعتبار مختلف المستويات المكونة لهذه المنظومة و التفاعلات بينها، كما اعتمدنا على تحليل تفاعل مختلف الصعوبات من حيث قواعد التصرف وآليات التنسيق التي اعتمدها و أوجدوها أحيانا، و في أخرى رفضوها.

في مرحلة أخرى مثلت نتائج هذا التقييم أساسا للتخطيط و متابعة تنفيذ إجراءات التحسين في التصرف في المنظومات السقوية و ذلك في إطار مشروع بحث علمي . و لقد ارتكزت هذه الإجراءات على تشريك الأطراف المحلية في التصرف في المناطق السقوية و تعزيز آليات التنسيق بينها . كما قمنا بتحليل إلى أي مدى يمكن تفعيل إجراءات التحسين الأطراف المحلية من التفاعل فيما بينهم في إطار عملية التعلم الجماعي و تحسين قدرتها على التكيف مع صعوبات منظومتهم المائية .

و يظهر تحليل أسباب نقص المياه في هذه المنظومة المائية أنه نقص ناتج عن أساليب إستغلال المياه الجوفية و السطحية و السياسات المعتمدة لتوزيع المياه بين مختلف المستهلكين. من أجل التصدي لإشكاليات نقص المياه، عمد المشرفون على التصرف في هذه المنظومة المائية في عديد الاحيان إلى البحث عن تسويات أو إلى تغيير قواعد التسيير الجماعية، مما أدى في بعض الحالات إلى تخفيف آثار ندرة المياه و في حالات أخرى إلى تفاقم المشاكل .

و قد قمنا بتسليط الضوء على نقاط ضعف آليات التنسيق بين مختلف الأطراف المتدخلة و بتحديد العوامل التي تفسر هذا الضعف. من خلال تحليل كيفية استجابة الفلاحين لنقص الموارد المائية، قمنا بتحديد مجموعة واسعة من الاستراتيجيات والممارسات الفردية التي تسعى إلى الاستفادة القصوى من إستغلال الموارد المائية السطحية والجوفية وفقاً لمختلف قدرات الفلاحين المختلفة. ولئن حققت هذه الأساليب مكاسب فردية لبعض الفلاحين، إلا أنها أثرت سلباً على الاداء الجماعي للمنطقة السقوية. و أخيراً، فإن مرافقة تطبيق تحسينات أداء المناطق السقوية الناتجة عن تشريك مختلف الأطراف المحلية و تقييم نتائجها، مكننا من إثبات دور التعلم في تغيير تصور الأطراف المحلية لوضعية نقص المياه، مما ساهم في البعض من مراحل هذا التدخل في تسريع عملية التحسين، و في إضعافها في مراحل أخرى.

الكلمات المفاتيح: التصرف في مياه الري؛ منظومة متعددة المستويات؛ نقص المياه؛ تحليل منهجي؛ تنسيق؛ تحسين أداء المناطق السقوية؛ التعلم؛ أساليب التكيف؛ القوارص؛ تونس.

Remerciements

Ce travail de recherche a été effectué dans le cadre du projet PAP-AGIR (Programme d'Actions-Pilotes en Appui aux GDA irrigation), au sein de l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF) à Tunis (Tunisie), du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et de l'UMR Gestion de l'EAU, Acteurs, Usages (G-EAU) à Montpellier (France).

Mes premiers remerciements d'adressent tout naturellement à mon directeur de thèse Abdelaziz Zairi pour tous ses conseils, son soutien et ses directives qu'il m'a apportés. Il a su être à la fois un guide et un analyste pertinent dans ses remarques, critiques et orientations permettant de maintenir ce travail de recherche sur les rails.

Mes sincères remerciements vont également à Serge Marlet, qui m'a accueilli dès le démarrage de mon master en 2011 et l'aventure s'est poursuivie avec ce travail de thèse. Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans son appui et ses orientations.

Je remercie également les rapporteurs de cette thèse, Marcel Kuper et Akiça Bahri pour le temps consacré à la lecture et l'évaluation de ce travail. Merci également à Hamadi Hbaieb et Zohra Lili d'avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail.

Je voudrais aussi remercier les différentes institutions de recherche, le CIRAD qui a pris en charge mes séjours à Montpellier, et l'INRGREF qui a facilité mes passages sur le terrain.

L'accueil au sein de l'UMR G-EAU m'a permis d'enrichir mon expérience scientifique à travers différents échanges et rencontres. Un grand merci à Jean-Yves Jamin et Patrice Garin qui ont contribué à l'avancée de ma réflexion.

Je tiens également à remercier l'équipe Lisode pour leur accueil et contributions. Un grand merci en particulier à Jean-Emmanuel Rougier et Amar Imache.

Ma reconnaissance s'adresse également à tous ceux qui m'ont aidée au sein de l'INRGREF, je remercie en particulier Tarek Ajmi qui m'a aidé dans tous mes passages sur le terrain.

Je ne peux évidemment pas oublier de remercier ceux qui ont donné corps et sens à cette thèse : les agriculteurs de Zaouiet Jedidi qui m'ont accueillie à bras ouvert et qui ont su répondre avec enthousiasme à toutes mes questions. La liste est longue, mais je cite en particulier : Hamadi Mansour, Foued Hamza, Salah Saadeni, Mohamed Chememe, Hamouda Jedidi, Mokhtar El Hakim, Ben Issa Ben Amara, Riadh Aoun Allah, Mohamed Jemaa,... Que tous ceux et toutes celles qui m'ont aidée soient ici chaleureusement remerciés.

Mes sincères remerciements s'adressent également à l'équipe technique du GDA Zaouiet Jedidi : Un grand merci à Mohammed (directeur technique) qui a accepté les longues heures de discussion parfois au dépens de son travail, à Mohammed Hédi (technicien supérieur en vulgarisation agricole) qui m'a aidé dans toutes les étapes de l'expérience menée à Zaouiet Jedidi, des premières enquêtes jusqu'aux jeux de rôles et à Arbi Mannoubi (membre de l'équipe technique) qui m'a aidée à déchiffrer le parcellaire du périmètre et à retracer l'historique de Zaouiet Jedidi. Aussi, il me faudrait remercier ici tous les aiguadiers qui m'ont partagée leurs histoires et leurs expériences : Nouredine, Chafike, Frej,...

Je souhaite aussi remercier ceux qui m'ont aidé au Commissariat Régional au Développement Agricole de Nabeul, en particulier : Radhouen Rachico (Subdivision Exploitation Béni Khalled), Samir Guebsi (Chef Service Exploitation des PPI de Nabeul) et Glaied Mohamed Salah (Chef Arrondissement Exploitation des PPI de Nabeul).

Je remercie aussi Ezzeddine Ben Cheikh (directeur d'exploitation à la SECADENORD) pour le temps qu'il a consacré pour répondre à mes questions.

Je pense aussi aux thésards, les compagnons de route, avec qui j'ai partagé les baisses et les remontées de morale, je pense à Kouka, Meriem, Azza et Nesrine. Je remercie également mes amis de la DGACTA qui m'ont aidée dans mes blocages SIG et qui n'ont pas cessé de m'appuyer : Insaf, Fakher, Taher et Mounir.

Je tiens finalement à remercier ma famille qui m'a toujours soutenu. Merci à mes parents pour leur patience et encouragement indéfectible. Merci à ma sœur et mon frère pour leur soutien permanent. Je remercie aussi mon cher époux pour son soutien quotidien et son enthousiasme contagieux.

Enfin, je suis redevable à toute personne ayant contribué de près ou de loin au bon déroulement et à l'aboutissement de cette recherche.

SOMMAIRE

Liste des figures.....	15
Liste des tableaux.....	17
Abréviations.....	19
Chapitre 1 : Introduction générale	20
1.1. Problématique.....	20
1.2. Concepts théoriques mobilisés et positionnement.....	23
1.2.1. Evolution des modalités de gestion des systèmes d'irrigation	23
1.2.1.1. Une ère de construction	23
1.2.1.2. Une ère d'amélioration	24
1.2.1.3. Une ère de réforme	24
1.2.2. Adaptation des pratiques d'évaluation aux évolutions des modes de gestion des systèmes d'irrigation.....	26
1.2.2.1. Approches d'évaluation mono-disciplinaires	26
1.2.2.2. Approches d'évaluation multidisciplinaires.....	27
1.2.2.3. Evaluation plus globale des sous-systèmes en interaction : une évaluation systémique	28
1.2.2.4. Evaluation ascendante pour la prise en compte de la participation des acteurs locaux	29
1.2.2.5. Evaluation plus orientée vers l'analyse de la gestion institutionnelle des systèmes d'irrigation	30
1.2.2.6. Prise en compte de la perception des acteurs dans l'évaluation	31
1.2.3. Complexité de la mise en œuvre des démarches d'intervention	33
1.2.3.1. Complexité spécifique des systèmes d'irrigation	33
1.2.3.2. Complexité plus accrue en cas de pénurie d'eau	34
1.2.3.3. Complexité de gestion des systèmes multi-ressources	35
1.2.3.4. Complexité encore plus importante dans les systèmes multi-niveaux et multi-usages.....	35
1.3. Démarche, objectifs et méthodologie du travail de thèse	36
1.3.1. Cadrage général	36
1.3.2. Objectifs	37
1.3.3. Justification du terrain d'intervention	38
1.3.4. Méthodologie	39
1.3.5. Organisation du manuscrit.....	43
1.4. Références bibliographiques	45
Chapitre 2 : L'état des ressources en eau destinées à la sauvegarde des agrumes dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi : Pénurie réelle ou virtuelle ?.....	52
2.1. Introduction	52
2.2. Matériels et méthodes.....	54
2.2.1. Présentation de la zone d'étude	54
2.2.1.1. Les périmètres de sauvegarde des agrumes	54
2.2.1.2. Localisation	55

2.2.1.3.	Climat.....	55
2.2.2.	Evolution des structures foncières du Cap Bon	56
2.2.2.1.	Périmètres de sauvegarde sud du Cap Bon précolonial.....	57
2.2.2.2.	Emprise coloniale sur les terres de sauvegarde sud du Cap Bon	57
2.2.2.3.	Restructuration profonde des terres de sauvegarde sud du Cap Bon après l'indépendance	58
2.2.2.4.	Structure foncière actuelle à Zaouiet Jedidi : un morcellement accentué.....	58
2.2.3.	Développement de l'agrumiculture au Cap Bon.....	58
2.2.3.1.	Révolution agrumicole.....	58
2.2.3.2.	Agrumiculture de Zaouiet Jedidi : description et pratiques actuelles	59
2.2.4.	Ressources en eau des zones de sauvegarde sud du Cap Bon	60
2.2.4.1.	Ressources en eau souterraines: la plaine de Grombalia.....	60
2.2.4.2.	Ressources en eau de surface	62
2.2.5.	Approche méthodologique	65
2.2.5.1.	Evolution des modes de gestion des ressources en eau	66
2.2.5.2.	Collecte et analyse des données sur les eaux souterraines	66
2.2.5.3.	Collecte et analyse données sur les eaux de surfaces allouées par le Canal de Medjerda Cap Bon	67
2.3.	Résultats	68
2.3.1.	Evolution des règles de gestion des ressources en eau de surface	68
2.3.2.	Evolution de l'offre à partir des ressources en eau souterraines	70
2.3.2.2.	Evolution de l'exploitation de la nappe de Grombalia	70
2.3.2.3.	Evolution de la piézométrie.....	71
2.3.2.4.	Evolution de la salinité de la nappe phréatique de 2003 à 2013	71
2.3.2.5.	Evaluation de la salinité mesurée dans le périmètre de Zaouiet Jedidi en 2014	73
2.3.2.	Tensions autour de l'usage des eaux du Canal Medjerda Cap Bon	73
2.3.4.1.	Caractérisation de l'offre en eau à partir de la station de Belly en particulier en période de pointe d'été.....	74
2.3.4.2.	Evolution de l'offre en eau à Zaouiet Jedidi	76
2.3.3.	Evolution de la demande en eau de la SONEDE	77
2.3.4.	Evolution de la demande en eau de l'irrigation à partir du CMCB	77
2.3.4.1.	Demande en eau du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi de 2009 jusqu'à 2014	78
2.4.	Discussion	79
2.5.	Conclusion.....	81
2.1	Références bibliographiques	81
Chapitre 3: Diagnostic des acteurs, des règles de gestion et des dispositifs de coordination pour une gestion collective des ressources en eau de surface		84
3.1.	Introduction	84
3.2.	Matériels et méthodes.....	87
3.2.1.	Cadre d'analyse.....	87
3.2.2.	Présentation générale du système étudié : Le sous-système opérant	89
3.2.3.	Présentation du contexte: le sous-système décisionnel.....	90
3.2.3.1.	Règles d'allocation saisonnière de la ressource (AS).....	90
3.2.3.2.	Règles relatives à la programmation intra-saisonnière des irrigations (PI).....	91
3.2.3.3.	Plans de manœuvre des ouvrages hydrauliques (PM)	92
3.2.4.	Approche méthodologique	93

3.3. Résultats	94
3.3.1. Représentation pour évaluer les dysfonctionnements du sous-système d'information et de coordination	94
3.3.1.1. Identification des interfaces de gestion	94
3.3.1.2. Identification des différents acteurs et leurs objectifs stratégiques	95
3.3.2. Analyse des processus de coordination et de passage de l'information	96
3.3.2.1. Mécanismes de coordination lors de la planification des allocations saisonnières (AS)	96
3.3.2.2. Mécanismes de coordination lors de la programmation saisonnière de l'irrigation (PI)	97
3.3.2.3. Mécanismes de coordination au niveau des plans de manœuvre (PM)	97
3.3.2.4. Illustration d'un exemple de situation de coordination en cas de problème de coupure d'eau	98
3.4. Discussion	99
3.4.1. Analyse des besoins de coordination et de gestion de l'information	99
3.4.1.1. Coordination et gestion de l'information au niveau de l'interface SECADENORD-CRDA	99
3.4.1.2. Coordination et gestion de l'information entre les acteurs de la même interface (entre les gestionnaires du CRDA ; entre les gestionnaires du GDA)	100
3.4.1.3. Coordination et gestion de l'information au niveau de l'interface CRDA-GDA	100
3.4.1.4. Coordination et gestion de l'information au niveau de l'interface GDA-Agriculteurs	101
3.4.2. Retour sur la méthode	101
3.5. Conclusion.....	102
3.6. Références bibliographiques	102
<i>Chapitre 4 : Réponses des agriculteurs à la situation de pénurie d'eau dans un système d'irrigation collectif</i>	<i>104</i>
4.1. Introduction	104
4.2. Matériels et Méthodes	105
4.2.1. Présentation de la zone d'étude	105
4.2.1.1. Description du système de distribution et de gestion de l'eau	105
4.2.1.2. Rappel des règles de gestion	106
4.2.2. Collecte et analyse des données	107
4.3. Résultats	108
4.3.1. Evolution de la consommation d'eau entre 2009 et 2014 au niveau du système irrigué	108
4.3.2. Typologie des exploitations étudiées.....	109
4.3.3. Analyse de la situation de gestion d'eau en 2014	111
4.3.3.1. Analyse des volumes d'eau d'irrigation consommés en 2014	111
4.3.3.2. Analyse des doses d'irrigation allouées en 2014.....	112
4.3.3.3. Analyse des intervalles d'irrigation en 2014.....	112
4.3.3.4. Pratiques et stratégies d'adaptation des agriculteurs.....	113
4.4. Discussion	114
4.5. Conclusion.....	116
4.6. Références bibliographiques	116
<i>Chapitre 5 : Perception des performances des systèmes irrigués par l'agriculteur: un outil pour appuyer l'association des irrigants</i>	<i>119</i>
5.1. Introduction	119

5.2. Matériels et méthodes.....	121
5.2.1. Cadre conceptuel	121
5.2.1.1. Evaluer : Quoi ? Pourquoi ? Pour qui ? De quel point de vue ?.....	121
5.2.1.2. Grille d'analyse	121
5.2.1.3. Enquête d'opinion	122
5.2.1.4. Analyse statistique	123
5.3. Résultats	124
5.3.1. Caractéristiques des exploitations agricoles.....	124
5.3.1.1. Caractéristiques générales	124
5.3.1.2. Exploitation du réseau collectif	124
5.3.1.3. Exploitation de la nappe.....	125
5.3.2. Résultats de l'analyse statistique.....	125
5.3.2.1. Détermination des variables qui ont une influence significative sur l'index de satisfaction	125
5.3.2.2. Effet simple des facteurs liés aux caractéristiques générales de l'exploitation sur la moyenne de l'index de satisfaction	126
5.3.2.3. Effets simple des facteurs liés à l'exploitation du réseau collectif d'irrigation sur la moyenne de l'index de satisfaction	126
5.3.2.4. Effets simple des facteurs liés à l'exploitation des eaux souterraines sur la moyenne de l'index de satisfaction	127
5.3.2.5. Effet des indicateurs relatifs à la qualité du service de l'eau sur la moyenne de l'index de satisfaction	127
5.3.2.6. Analyse de l'appréciation de la qualité du service d'irrigation suivant le modèle linéaire général (MLG)	128
5.3.2.7. Analyse de la satisfaction de la qualité du processus interne du GDA d'irrigation suivant le modèle linéaire général (MLG)	132
5.3.3. Résultats de l'analyse de la corrélation	133
5.3.3.1. Résultats de la matrice des corrélations de Pearson entre les index de satisfaction	133
5.3.3.2. Liaison linéaire entre les différents indicateurs intégrateurs	133
5.3.3.3. Modèle linéaire explicatif de la qualité du service de l'eau et du processus interne en fonction des autres indicateurs (régression pas à pas)	134
5.4. Discussion	134
5.4.1. Perception des irrigants d'un bon service d'irrigation et d'une association performante des irrigants	134
5.4.2. Retour sur la méthodologie	135
5.5. Conclusion.....	136
5.6. Références bibliographiques	136
<i>Chapitre 6: Le jeu de rôles AMIC'EAU : un outil pour supporter un processus de concertation pour améliorer la gestion de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi</i>	
<i>139</i>	
6.1. Introduction	139
6.2. Matériels et Méthodes	141
6.2.1. Présentation de la zone d'étude	141
6.2.2. Rappel du contexte de gestion du périmètre	142
6.2.3. Objectifs du jeu AMIC'EAU (AMélioration du service d'Irrigation à travers la Coordination de la gestion d'Eau).....	142

6.2.4.	Co-construction de la représentation de la situation de gestion du périmètre dans le jeu de rôles	143
6.2.5.	Validation cognitive du jeu (communautés de pratiques) et sur le terrain (une session de validation avec le GDA)	144
6.2.6.	Description du jeu	144
6.2.6.1.	Représentation du système	144
6.2.6.2.	Description des joueurs	145
6.2.6.3.	Présentation du modèle	145
6.2.6.4.	Données d'entrée du modèle	150
6.2.6.5.	Données de sortie du modèle	153
6.2.6.6.	Description des scénarios et des informations fournies aux participants lors du jeu	155
6.2.7.	Méthodes et outils mobilisés	157
6.3.	RESULTATS	158
6.3.1.	Comment les agriculteurs participants sont passés du monde virtuel du jeu au monde réel en proposant des solutions d'amélioration de gestion d'eau à appliquer dans leur système ?	158
6.3.2.	Comment le comportement des agriculteurs dans le jeu a changé suite à l'introduction de l'information ?	158
6.3.3.	Comment le comportement des agriculteurs a changé en fonction de leurs objectifs de satisfaction de leurs besoins individuels?	159
6.3.4.	Entre consensus et compromis : comment les acteurs ont produit collectivement des solutions à travers la négociation ?	161
6.4.	Discussion	163
6.4.1.	L'utilité de la co-construction du jeu de rôles avec les agriculteurs	163
6.4.2.	L'amélioration de la qualité du service de l'eau de surface passe par l'amélioration de la qualité de l'eau souterraine	163
6.4.3.	Des capacités de façonnage des règles révélées à travers les propositions d'action des agriculteurs	164
6.5.	Conclusion	165
6.6.	Références bibliographiques	166

Chapitre 7 : Evaluation des effets de la participation dans un processus de résolution des problèmes de gestion d'eau d'irrigation sur le renforcement de la capacité d'action collective 168

7.1.	Introduction	168
7.2.	Matériels et méthodes	172
7.2.1.	Problématique et contexte d'intervention	172
7.2.1.1.	Nécessité et objectifs de la mise en œuvre d'un processus participatif	172
7.2.1.2.	Echelle d'application de ce processus et acteurs impliqués	173
7.2.1.3.	Outils mobilisés	174
7.2.2.	Description des étapes du processus de participation participatif	174
7.2.2.1.	Planification stratégique	175
7.2.2.2.	Sessions du jeu de rôles	175
7.2.2.3.	Atelier multi-acteurs de restitution	177
7.2.2.4.	Ateliers de réorganisation de la distribution de l'eau entre les agriculteurs du quartier	177
7.2.3.	Evaluation des effets de la participation sur le processus	177
7.3.	Résultats	178
7.3.1.	Perception initiale des acteurs de la pénurie d'eau et leurs interactions	178

7.3.2.	Evolution de la perception des acteurs.....	180
7.3.2.1.	Effets de la planification stratégique et validation des actions : les propositions initiales des actions d'amélioration	180
7.3.2.2.	Effets de la session du jeu organisée avec le GDA.....	181
7.3.2.3.	Effets des sessions du jeu organisées avec le GDA et les agriculteurs	182
7.3.2.4.	Effets de la session du jeu organisée avec l'administration et le GDA	186
7.3.2.5.	Effets de l'atelier multi-acteurs	187
7.3.2.6.	Effets des ateliers de réorganisation du tour d'eau entre les agriculteurs	189
7.3.2.7.	Evaluation ex-post du processus participatif.....	194
7.4.	Discussion	195
7.4.1.	Effets procéduraux du processus.....	195
7.4.1.1.	Amélioration de la légitimité des actions collectives	195
7.4.1.2.	Augmentation du pouvoir d'influence de certains acteurs représentant des intérêts peu organisés	197
7.4.2.	Effets substantifs.....	198
7.4.3.	Effets contextuels de la participation	198
7.4.3.1.	Changement de perception des agriculteurs à travers l'apprentissage	198
7.4.3.2.	Changement de perception du GDA à travers l'apprentissage	199
7.4.3.3.	Changement des relations entre les acteurs et amélioration de la confiance	201
7.4.3.4.	Apprentissage social	202
7.5.	Conclusion.....	202
7.6.	Références bibliographiques	203
Chapitre 8 : Conclusion générale.....		206
8.1.	Origine du questionnement et choix méthodologique	206
8.2.	Principaux apports de la thèse	208
8.2.1.	Résultats de l'évaluation de la gestion de l'eau au sein d'un système multi-niveaux multi-acteurs	208
8.2.2.	Résultats de l'accompagnement d'une intervention d'amélioration de la gestion de l'eau à travers le renforcement des interactions et des coordinations entre les acteurs.....	210
8.3.	Quelques perspectives de recherche	213
ANNEXES.....		214
Annexe 1	214	
Annexe 2	217	
Annexe 3	218	
Annexe 4	222	

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1.1 : Les étapes identifiées par Rey pour mettre en œuvre une évaluation pour améliorer la gestion des systèmes irrigués (Rey, 1996)	40
Figure 1.2 : Les concepts théoriques qui ont inspiré cette intervention.	41
Figure 1.3 : Organisation générale de la thèse.....	44

Chapitre 2

Figure 2.1: Localisation des périmètres de sauvegarde sud du Cap Bon	55
Figure 2.2: Evolution de la pluviométrie annuelle	56
Figure 2.3 : Evolution de la pluviométrie et de l'évapotranspiration moyenne mensuelle.....	56
Figure 2.4: Limite des nappes phréatique et profonde de la plaine de Grombalia	61
Figure 2.5: Localisation du Canal Medjerda Cap Bon dans le Plan Directeur des Eaux du Nord	63
Figure 2.6: Réseau d'alimentation et de distribution de l'eau du canal transférant les eaux du nord au Cap Bon	64
Figure 2.7. Réseau d'alimentation des périmètres de sauvegarde sud des agrumes.....	65
Figure 2.8: Localisation du réseau de suivi de la DGRE et des points d'échantillonnage dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi	67
Figure 2.9: Evènements marquants et évolution de la gestion de l'eau du système étudié	69
Figure 2.10: Evolution du taux d'exploitation de la nappe de Grombalia en fonction de l'évolution de la pluviométrie annuelle et du volume annuel pompé par la SONEDE.....	70
Figure 2.11: Evolution de la salinité moyenne dans la zone de Zaouiet Jedidi et Bni Khalled, et dans toute la nappe de Grombalia de 2003 à 2013, et variation spatiale de la salinité en 2003, 2008 et 2013.....	72
Figure 2.12: Distribution et valeurs de salinité des puits suivis dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi en 2014.....	73
Figure 2.13 : Evolution du débit alloué à l'irrigation et du débit alloué à l'eau potable de 1984 à 2013 (source : volumes signalés par les débitmètres de la SECADENORD et de la SONEDE).....	73
Figure 2.14 : Ecart entre le débit théorique pompé par la station de Belly 1 et le débit facturé par le GDA aux agriculteurs	75
Figure 2.15: Evolution des superficies irriguées à partir du réseau collectif et de la pluviométrie moyenne annuelle.....	76
Figure 2.16 : Distribution spatiale des techniques d'irrigation adoptées par les irrigants	77

Chapitre 3

Figure 3.1 : Relation entre les sous-systèmes d'une organisation d'après Le Moigne, 1973 (cité par Hakkar, 1996)	88
Figure 3.2: Réseau d'alimentation et de distribution de l'eau du canal transférant les eaux du nord au Cap Bon aux périmètres de sauvegarde sud et des extensions des agrumes.....	90
Figure 3.3: Les règles de gestion de la station de Belly suivant le tour d'eau organisé par le CRDA entre les GDA.....	92

Figure 3.4 : Présentation des interfaces de gestion du système et de la limite d'intervention de ses différents acteurs	94
Figure 3.5 : Coordination entre les acteurs et passage de l'information suivant leurs limites d'intervention et le type de décision de gestion.....	96

Chapitre 4

Figure 4.1 : Structure du système irrigué de Zaouiet Jedidi.....	105
Figure 4.2 : Taux de satisfaction des besoins en eau nets à partir du réseau collectif d'irrigation durant la période de pointe (juin jusqu'à août), d'arrière-saison (septembre jusqu'à décembre), et durant toute la saison d'irrigation entre 2009 et 2014.....	108
Figure 4.3 : Histogramme des événements d'irrigation entre 2009 et 2014	109

Chapitre 5

Figure 5.1: Echelle utilisée pour la mesure de l'intensité de satisfaction des agriculteurs	122
Figure 5.2 : Caractéristiques générales des exploitations.....	124
Figure 5.3 : Caractérisation de l'exploitation du réseau collectif.....	125
Figure 5.4: Index de satisfaction moyen pour chacun des 11 indicateurs élémentaires ($p < 5\%$).....	128
Figure 5.5: Index de satisfaction moyen pour les indicateurs de qualité du service selon la position du quartier dans le système irrigué ($p < 5\%$).....	128
Figure 5.6 : Index de satisfaction moyen pour chacun du processus interne du GDA selon la position du quartier dans le système irrigué ($p < 5\%$)	132
Figure 5.7 : Résultats du test de corrélation entre les indicateurs	133

Chapitre 6

Figure 6.1 : Représentation du quartier 15	141
Figure 6.2 : Représentation des agriculteurs de la situation du périmètre irrigué.....	143
Figure 6.3: Schéma du quartier utilisé comme un support du jeu.....	144
Figure 6.4 : Exemple d'un calendrier d'irrigation et des participants en train de remplir les calendriers d'irrigation.....	155
Figure 6.5 : Structure d'un tour du jeu.....	156
Figure 6.6 : Support d'information introduit pendant le jeu	157
Figure 6.7 : Impact des stratégies d'irrigation des différents agriculteurs sur le volume d'eau alloué aux différentes bornes d'irrigation.....	159
Figure 6.8: Description du processus de négociation entre les participants pour des actions d'amélioration collectives	162

Chapitre 7

Figure 7.1 : Présentation des différentes étapes du processus participatif.....	175
Figure 7.2 : Objectifs spécifiques des différentes sessions du jeu	176
Figure 7.3 : Classification de la faisabilité et de la pertinence des solutions choisies par les participants	188
Figure 7.4: Présentation des caractéristiques du quartier hydraulique 15.....	190
Figure 7.5: Réorganisation des tours d'eau entre les irrigants	192

Liste des tableaux

Chapitre 2

Tableau 2.1. Evolution des volumes d'eau injectés dans la nappe au niveau des sites d'El Gobba, Sidi Alaya et El Amrine	71
Tableau 2.2: Distribution des volumes pompés à partir de la station de pompage de Foundek Jedide durant la période de pointe en 2013	74
Tableau 2.3 : L'écart entre la superficie équipée et la superficie irriguée des périmètres de sauvegarde des agrumes alimentés à partir de Belly 1 et 2	74
Tableau 2.4 : Evolution de la satisfaction des besoins en eau de la SONEDE à partir du CMCB	77
Tableau 2.5: Superficie irriguée, besoins en eau bruts et offre en eau du réseau collectif d'irrigation en 2013 (pour les périmètres irrigués à partir de station de pompage de Foundek Jedide)	78
Tableau 2.6 : Evolution de la superficie irriguée, de la pluviométrie et de l'offre en eau du réseau collectif d'irrigation de 2009 à 2014	78

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Identification des différents acteurs et de leurs objectifs stratégiques	95
--	----

Chapitre 4

Tableau 4.1 : Caractéristiques des six quartiers étudiés	107
Tableau 4.2 : Nombre d'exploitations et superficie irriguée en fonction de la location, la technique d'irrigation et des conditions d'accès au réseau collectif d'irrigation en 2014	110
Tableau 4.3: Consommation d'eau en fonction de la localisation, la technique d'irrigation et les conditions d'accès au réseau collectif d'irrigation en 2014	111

Chapitre 5

Tableau 5.1 : Présentation du sondage d'opinion (2 indicateurs globaux et 11 indicateurs élémentaires)	123
Tableau 5.2: Les problèmes principaux relatifs à la fiabilité du service d'irrigation énoncés par les enquêtés	129
Tableau 5.3: Variation de l'effectif des irrigants suivant la technique d'irrigation et la position dans le système	129
Tableau 5.4: Les problèmes relatifs à l'équité déclarés par les agriculteurs pratiquants l'irrigation gravitaire en amont et en aval du périmètre	132
Tableau 5.5 : Coefficient de corrélation de Pearson (valeurs de r)	133
Tableau 5.6: Degré de liaison entre les indicateurs	134

Chapitre 6

Tableau 6.1 : Description des rôles des différents joueurs	145
Tableau 6.2 : Structure du modèle	150
Tableau 6.3 : Variation de l'offre en eau à l'entrée d'un quartier hydraulique	151
Tableau 6.4 : Volumes d'eau pompés à partir de la nappe pour chaque acteur	152

Tableau 6.5 : Seuil de viabilité de chaque joueur	152
Tableau 6.6 : Un exemple des choix des heures d'irrigation par l'agriculteur pour le premier tour du jeu	153
Tableau 6.7 : Exemple des résultats de simulation de la performance individuelle de l'agriculteur (tour 1)	154
Tableau 6.8: Exemple des résultats de simulation de la performance collective du système pour le tour 1	154
Tableau 6.9 : Evolution du taux de satisfaction des agriculteurs dans chaque tour	160

Chapitre 7

Tableau 7.1 : Perception des acteurs des origines de la pénurie d'eau	179
Tableau 7.2 : Caractéristiques des exploitations agricoles du quartier 15	190
Tableau 7.3 : Besoins en eau, capacité de l'offre en eau du réseau et demande en eau de chaque agriculteur du quartier 15	191
Tableau 7.4 : Demande en eau de chaque agriculteur et coordination des heures d'irrigation par journée dans le quartier 15	193

Abréviations

- **AIC : Association d'Intérêt Collectif**
- **ANOVA : Analyse de la variance**
- **CMCB : Canal Medjerda Cap Bon**
- **CRDA : Commissariat Régional au Développement Agricole**
- **CTV : Cellule Technique de Vulgarisation**
- **DGRE : Direction Générale des Ressources en Eau**
- **GDA : Groupement de Développement Agricole (association d'irrigants)**
- **GIC : Groupement d'Intérêt Collectif**
- **KMT : Korba-Menzel Tmime**
- **PPI : Périmètre Public Irrigué**
- **SECADENORD : Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord**
- **SI : Système Irrigué**
- **SONEDE : Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux**
- **STEG : Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz**

Chapitre 1 : Introduction générale

Dans cette introduction générale, nous définirons d'abord la problématique de notre travail à partir d'un exposé des principaux enjeux liés à la gestion des périmètres irrigués collectifs. Dans une deuxième partie les concepts théoriques mobilisés seront développés. Nous illustrerons notamment les évolutions concomitantes des paradigmes appliqués à la gestion des systèmes irrigués et des méthodes utilisées pour l'évaluation de leurs performances, puis soulignerons les différents facteurs de complexité susceptibles d'influencer la nature des solutions apportées et le choix des démarches d'intervention. Finalement, nous exposerons notre démarche d'intervention articulée autour d'un cadre général de représentation des systèmes irrigués, de la place particulière dédiée à la participation et à la coordination entre les acteurs. Nous présenterons ensuite les objectifs de la thèse, puis justifierons ensuite succinctement du choix du terrain d'intervention qui sera détaillé dans la suite du document. La dernière partie introduira le contenu du document.

1.1. Problématique

Les défis de l'agriculture dans la sécurité alimentaire à l'échelle mondiale sont importants. Selon les projections de la FAO (2016), pour répondre à la demande de la production alimentaire en 2050, il faudrait que la production végétale annuelle augmente de 60 % par rapport aux années 2005-2007. Le rôle de l'agriculture irriguée dans la sécurisation de ces besoins est substantiel, elle fournit approximativement 40 % de la production alimentaire mondiale à partir de moins de 20 % de sa superficie (FAO, 2003). Ces défis sont encore plus importants dans un contexte de changement climatique, dont les incidences sur l'agriculture et les conséquences en matière de sécurité alimentaire sont d'ores et déjà alarmantes, exhortant ainsi à engager des transformations profondes pour mettre en place des systèmes agricoles résilients et durables.

Cependant, même si la productivité des systèmes irrigués est plus importante que celle des systèmes pluviaux, arriver à satisfaire ces besoins de production alimentaire implique un développement significatif des superficies irriguées accompagné de la mobilisation des quantités d'eau correspondantes, alors qu'il est peu probable que les terres et les ressources en eau soient disponibles pour permettre un tel développement. On estime par ailleurs que l'irrigation utilise plus de 70 % de l'eau mobilisée dans la plupart des pays en développement. Elle est ainsi exposée à une réallocation de l'eau pour d'autres usages jugés prioritaires tels que l'eau potable ou l'industrie (Small et Svendsen, 1990). La productivité des systèmes irrigués doit donc être sensiblement améliorée afin de satisfaire les besoins croissants de production alimentaire. Ce message est renforcé par les résultats d'évaluation des performances de ces systèmes qui montrent que les objectifs attendus lors de la conception de tels projets ne sont que rarement atteints en matière de rendements agricoles, de rentabilité ou de superficies réellement irriguées (Murray Rust, 1992). Les problèmes posés par la gestion des systèmes irrigués et leurs faibles performances sont devenus une préoccupation majeure des investisseurs qui constatent que les investissements ne sont pas toujours rentables et sont devenus plus exigeants quant à l'utilisation de leurs fonds (Jones, 1995; Turrall, 1995; Suhardiman, 2013).

Différentes vagues de réformes ont été implémentées en réponse aux différentes perceptions des causes de ces faibles performances. Historiquement, le développement de l'agriculture irriguée a été souvent centré sur les grands systèmes irrigués gérés par l'Etat. La prédominance de cette logique d'action repose sur la nécessité d'impliquer de grandes institutions publiques capables de planifier et de gérer ces systèmes. Selon Ruf (2004), cette logique étatique, justifiée par la recherche d'intérêt collectif national, s'est traduite pendant longtemps par une intervention importante et dirigiste de

l'Etat, de façon plus ou moins bureaucratique, qui est censée pouvoir assurer des arrangements et des modalités de gouvernance valables et durables. Parallèlement à cette gestion centralisée de l'Etat, ils existaient plusieurs systèmes irrigués construits et gérés collectivement par des groupes d'agriculteurs, dont certains datent de plusieurs siècles. Ces systèmes d'irrigation communautaires ont été généralement ignorés pendant la phase de construction rapide de nouveaux systèmes à cause de leur simplicité et de leur faible dimension (Yoder, 1994; Barker et Molle, 2002) et ils ont été considérés plutôt comme des anomalies dans un système de développement rural planifié (Lees, 1986). Néanmoins les changements dans les orientations d'investissement dans le secteur d'irrigation à partir des années 1980, marqués par une libéralisation politique et économique, ont perturbé le modèle de gestion centralisé et ont attiré l'attention vers ces systèmes communautaires. Améliorer les performances des systèmes existants est devenue la seule option viable et faisable pour permettre le développement de l'agriculture irriguée (Aluwihare, 1991). De telles améliorations nécessitent de passer d'un mode de coordination hiérarchique à une redéfinition du rôle de l'Etat et à une meilleure implication des usagers (Johnson et al., 1995). Tirer des enseignements de l'étude de l'organisation des systèmes gérés par les communautés d'irrigants pour les appliquer aux grands périmètres publics est devenu ainsi l'objet de plusieurs études qui ont influencé les politiques publiques d'irrigation (Kuper, 2011). Ces travaux se sont inspirés de plusieurs exemples étudiés à partir des années 1960 et qui ont montré la capacité de certaines communautés locales à conduire des actions collectives organisées autour de l'eau (ie. Wilkinson, 1977; Geertz, 1980; Tapay et al., 1987). La pérennité de ces systèmes ainsi que la capacité des irrigants à les gérer efficacement et à assurer leur maintenance sans l'intervention ou le contrôle de l'Etat ont inspiré Coward (1980) à considérer la gestion par la communauté des irrigants comme une alternative viable à la gestion centralisée par l'Etat et à lancer un appel pour s'inspirer des systèmes communautaires pour mieux gérer les systèmes publics irrigués. Cet appel a été renforcé par Ostrom (1990) dont les analyses des systèmes communautaires étaient marquées par une préoccupation centrale. Il s'agit de mettre en évidence la très grande diversité des arrangements institutionnels construits par les communautés et surtout le fait que ces arrangements ne relèvent strictement ni du marché ni de l'Etat, qu'ils ne reposent pas sur une régulation directe par une autorité centrale et que leur réussite repose sur une riche combinaison d'instruments publics et privés. Ces travaux ont influencé les politiques publiques d'irrigation en supportant une implication plus importante des agriculteurs dans la gestion de l'eau au sein des grands systèmes publics (Kuper et al., 2009). Ainsi, de nombreux pays ont essayé de réorganiser leur secteur de l'irrigation notamment à travers la création des associations des usagers à qui a été déléguée la responsabilité de gérer les infrastructures d'irrigation (Meinzen-Dick, 1997). Ces associations peuvent assurer la gestion et la maintenance de la totalité du système irrigué et il s'agit dans ce cas d'un transfert complet de la gestion. Cependant, ce transfert complet est souvent considéré comme un niveau de décentralisation souhaité plutôt que le niveau de décentralisation réel qui a dominé la gestion des systèmes irrigués (Gerrards, 1994) Le deuxième type de transfert, qui est largement adopté est le transfert partiel de la gestion. Il s'agit d'une cogestion entre les acteurs locaux des associations d'irrigants et l'administration. Cette réforme de décentralisation de la gestion de l'eau d'irrigation a mené à l'émergence de différents courants de littérature qui s'intéressent à l'évaluation des impacts des différentes expériences du transfert sur la gestion des systèmes irrigués, aux conditions de leurs succès et aux facteurs qui expliquent leurs échecs. L'évaluation des performances des associations d'irrigants se trouve au cœur de ces travaux qui se sont focalisés principalement sur l'identification des conditions qui permettent à ces associations d'accomplir leurs missions de gestion (ie. Samad et Vermillion, 1999; Meinzen-Dick et al., 2002; Giordano et al., 2006). Un vrai pouvoir décisionnel dans la gestion du système irrigué et dans le fonctionnement interne de l'association d'irrigants ainsi qu'une autonomie financière ont été

identifiées par Vermillion et Sagardoy (1995) comme des conditions sine qua none pour un réel transfert de gestion. Vermillion (1997) a considéré que la performance des associations d'irrigants est essentiellement définie par une bonne gestion technique et financière et en particulier une bonne qualité du service de l'eau. Alors que certaines études ont dégagé des exemples de réussite du transfert de la gestion (Svendsen et Meinzen-Dick, 1997), le seul indicateur rapporté par ces études et qui prouve qu'il y a eu des améliorations avant et après le transfert est la réduction des dépenses gouvernementales dans le domaine de l'irrigation, ce qui ne peut pas monter réellement s'il y a eu une amélioration des performances des systèmes irrigués. Par ailleurs, plusieurs études ont critiqué ces résultats en argumentant que la réduction des dépenses de l'Etat est la raison réelle derrière ces transferts de gestion (ie. Mollinga et Bolding, 2004; Meinzen-Dick, 2007; Suhardiman, 2008). En effet, la mise en place de cette politique est loin d'avoir été aussi facile et automatique que prévu. La plupart du temps, le transfert est initié par les bailleurs de fond, ce qui a conduit à de nombreuses résistances à des niveaux différents selon les pays (Richard Ferroudji et al., 2006). Swatuk et Rahm (2004) ont argumenté qu'il est peu fréquent que le gouvernement central décentralise de lui-même ses compétences en matière d'irrigation, quel que soit l'état de ses finances. Bruns (2013) a expliqué que ces transferts de gestion n'ont permis que rarement aux irrigants de devenir des acteurs à part entière dans la prise de décision. D'autres auteurs tels que Shah et al. (2002) et Mollinga et al. (2007) ont argumenté qu'au lieu de se focaliser sur le transfert direct de la gestion, les réformes doivent plutôt opter pour des changements institutionnels et politiques relatifs aux droits fonciers, à l'accès au marché et à d'autres services qui peuvent aider les agriculteurs à améliorer leur productivité et arriver à absorber les coûts et les responsabilités de la gestion des systèmes irrigués. Ainsi, l'incapacité des réformes successives à atteindre leurs objectifs et la complexité des problèmes rencontrés pour une gestion efficiente des systèmes irrigués ont alimenté les controverses sur les méthodes d'évaluation des performances de la gestion de l'eau et la mise en œuvre d'interventions pertinentes susceptibles d'entraîner des améliorations durables des systèmes irrigués.

Ces modèles de gestion de l'eau développés à l'échelle mondiale ont été aussi transposés en Tunisie. Dans ce pays, où l'aridité du climat marquait la majorité du territoire conjuguée à l'instabilité et à la variation spatio-temporelle du régime pluviométrique, l'agriculture irriguée jouait un rôle décisif dans le développement économique et social. Ce contexte a engendré des investissements importants de l'Etat dans la mobilisation des ressources en eau aussi bien de surface que souterraines. Une politique de gestion très dirigiste avec un rôle prépondérant de l'administration a marqué les premières décennies de l'indépendance. L'Etat assumait la charge d'assurer le développement rural à travers les Offices de Mise en Valeur Agricole (OMVA) créés à partir des années 1958. A partir de 1970, les pouvoirs publics ont intégré dans les plans de développement économique des considérations de politique hydraulique qui a été conçue à l'échelle de trois principales régions du pays (Nord, Centre et Sud), chacune étant dotée d'un plan directeur pour la mobilisation des ressources en eau. Les pénuries structurelles régionales dues à la variabilité de la ressource et les problèmes de qualité des ressources locales existent déjà depuis longtemps, et le principe de la planification a aussi été de répondre à un objectif d'équité entre régions pour le transfert de l'eau à grande échelle.

Sous l'impulsion des instances financières internationales, les politiques de gestion des périmètres irrigués en Tunisie se sont orientés à partir de 1975 vers moins de dirigisme, une place plus grande accordée au secteur privé et une certaine décentralisation de la gestion. Cette décentralisation s'est faite sur plusieurs étapes, accompagnée d'une évolution du domaine juridique de l'eau. Les droits musulmans et coutumiers traditionnels ont subi une réforme profonde avec la période de protectorat français qui a imposé le domaine public hydraulique. Les prérogatives de l'Etat ont été

réaffirmées par le code des eaux promulgué en 1975 et modifié à plusieurs reprises (Romagny et Riaux, 2007). En 1990, les OMVA ont été démantelés et remplacés par des commissariats Régionaux de Développement Agricole. Ainsi, à partir de 1975, l'Etat a délégué la gestion des périmètres irrigués aux Associations d'Intérêt collectif (AIC). Ce modèle d'association des irrigants a été plutôt réactivé. En effet, ces institutions existaient depuis les années 1912 sous forme de syndicales de propriétaires des oasis qui ont ensuite évolué en associations d'intérêt hydraulique à partir de 1923 et enfin des associations d'intérêt collectif (AIC) à partir de 1933 (Mouri et Marlet, 2006). Le statut des AIC avait été entériné par le Code des Eaux en 1975 et ce n'est qu'en 1987 qu'un statut type unique des AIC a été élaboré. A partir de 1999, les AIC ont évolué en Groupement d'Intérêt Collectif (GIC) puis en Groupement de Développement Agricole (GDA) en 2004. Les GDA doivent se charger d'autres activités de gestion relatives à la protection et à l'exploitation des ressources naturelles, néanmoins, l'activité de gestion de l'eau reste prépondérante.

L'implication des usagers à travers ces associations est encore sujette à critiques. Les problèmes sont dus à la relation de dépendance de ces associations vis-à-vis l'administration (Besbes et al., 2014). Romagny et Riaux (2007) ont argumenté qu'il y a une faible appropriation par les agriculteurs de ces associations. Perçues comme des structures fortement dépendantes des acteurs politiques locaux, les associations des irrigants peinent à mobiliser les bénéficiaires dans la gestion des périmètres irrigués. Elloumi (2011) a considéré le GDA comme un acteur de régulation des rapports de la communauté locale avec les autorités locales, plutôt qu'un acteur de développement qui défend les intérêts de la communauté locale. Il a argumenté que la formalisation des GDA n'a pas été en mesure de doter les communautés concernées de structures représentatives capable de générer des arrangements institutionnels stables, ni de réguler l'accès aux ressources de manière assez consensuelles. Les évaluations effectuées par l'administration (ie. Al Atiri, 2006) ont pointé la faible maîtrise des aspects techniques et de gestion budgétaire par les GDA. Ainsi les analyses portées sur l'efficacité des réformes de gestion en Tunisie ont reconnu que malgré toutes ces réformes de gestion, la productivité des ressources utilisées reste loin du potentiel (Hamdane, 2002). La durabilité des systèmes irrigués est toujours menacée (Hassainya, 1991; Ghazouani et al., 2009) et les objectifs de la délégation de gestion ne sont que très partiellement atteints (Mouri et Marlet, 2006).

1.2. Concepts théoriques mobilisés et positionnement

1.2.1. Evolution des modalités de gestion des systèmes d'irrigation

Face à la complexité des problèmes de gestion des systèmes irrigués et dans le cadre des tentatives d'amélioration des performances de ces systèmes, il y a eu une évolution remarquable des politiques d'investissement dans la gestion de l'irrigation.

1.2.1.1. Une ère de construction

A partir des années 1950, des investissements massifs ont été réalisés pour développer des infrastructures et des superficies irriguées importantes. Ces infrastructures ont été conçues par des ingénieurs pour un modèle dirigiste et centralisé de mise en valeur (Kuper, 2011). L'administration centrale représentait le gestionnaire principal, voire exclusif, tant pour la gestion des systèmes d'irrigation que pour le choix des productions et leur commercialisation. Cependant, ces réalisations physiques n'ont pas été accompagnées d'investissements similaires dans le domaine de la maintenance des systèmes d'irrigation dont les performances se sont rapidement dégradées (Johnson et al., 1994). Etats et bailleurs de fonds, déçus par les résultats mitigés obtenus par l'agriculture irriguée eu égard aux importants fonds publics mobilisés ont fortement réduit leurs

investissements pour la création d'infrastructures hydrauliques et l'aménagement de nouvelles terres irrigables (Turrall et al., 2010).

1.2.1.2. Une ère d'amélioration

Suite à ces controverses concernant l'efficacité de tels aménagements, l'attention s'est tournée à partir des années 1980 vers l'amélioration de la gestion et des performances des aménagements existants. Cette volonté s'est manifestée essentiellement à travers deux mouvements. Le premier consistait dans la mise en œuvre de projets de réhabilitation des systèmes existants. La nécessité de telles améliorations était justifiée par l'existence d'erreurs de conception, par la dégradation au fil du temps des aménagements existants, et par les changements intervenus dans la gestion des systèmes irrigués nécessitant d'adapter les structures aux conditions actuelles de leur exploitation. Le deuxième axe consistait dans les efforts d'amélioration de l'efficacité de la gestion des agences d'irrigation à travers des programmes de formation des gestionnaires et de renforcement de leurs capacités. Cependant, peu de projets ont fondamentalement modifié les arrangements institutionnels mis en place antérieurement, et les modes de coordination des projets de construction ou de réhabilitation ont continué à être fortement centralisés. Ces efforts n'ont pas été couronnés de succès dans la mesure où ils n'avaient pas véritablement pris en compte les attentes des usagers. Les infrastructures sont restées mal gérées, voire volontairement dégradées quand elles empêchaient la flexibilité désirée pour répondre aux attentes des usagers ou des gestionnaires (Vermillion, 1991).

Un autre mouvement est apparu à partir des années 70. Il mettait l'accent sur la nécessité d'une participation active des agriculteurs dans la prise de décision et la gestion de leurs systèmes. Cependant, ce mouvement n'a pas dépassé le stade de quelques expériences pilotes. Pratt (2001) a argumenté que les besoins réels des agriculteurs et leurs priorités n'étaient pas considérées et qu'un autoritarisme bureaucratique dominait la gestion des systèmes d'irrigation. Ainsi, malgré le potentiel important de l'implication des agriculteurs dans la gestion de leurs systèmes, les programmes d'amélioration n'ont pas réussi à profiter de cet atout. La réticence des agences d'irrigation à partager le pouvoir et le contrôle des ressources et des équipements a été identifiée comme le facteur principal contraignant le développement de l'irrigation.

1.2.1.3. Une ère de réforme

Ainsi, malgré les efforts consentis pour l'amélioration des infrastructures, pour la formation des gestionnaires et pour l'implication des agriculteurs dans la gestion de leurs systèmes, les performances des systèmes irrigués sont restées faibles. Vermillion (1991) en conclut qu'il y avait d'autres contraintes plus fondamentales, et qu'il fallait plutôt s'interroger sur la nature des qui les gèrent. Shah et Raju (2002) soulignaient que tous ces échecs d'amélioration ont conduit à la reconnaissance de l'importance des changements institutionnels effectifs comme une condition de succès des programmes de réhabilitation.

A la fin des années 80, les modèles de gestion centralisée ont été remis plus fondamentalement en cause à travers le monde dans un contexte de libéralisation économique et de privatisation de certaines fonctions précédemment assurées par l'Etat. L'attention accordée aux rôles des agences publiques d'irrigation a soulevé de nombreuses interrogations sur leurs objectifs et modes de fonctionnement et de gestion. Ostrom (1990) considère que le recours à l'intervention de l'Etat n'est pas la seule réponse possible et que l'adoption de régimes institutionnels de gestion fondés sur des arrangements volontaires entre les acteurs peut permettre d'assurer une gestion durable des biens communs. Ses réflexions sur l'organisation des « ressources en pool commun » ont amené à la mise en place des bases d'une théorie de gestion des biens communs orientée par une vision centrée sur

l'auto-organisation. Ses analyses de la diversité des systèmes de règles adaptés par les communautés locales ont montré qu'il n'y a pas de recettes pour des systèmes irrigués durables. Il y a par contre des principes généraux qui sont respectés dans tous les systèmes auto-organisés et durables. Ces principes sont en lien avec la capacité des acteurs locaux à négocier, et adapter les règles de gestion, la mise en place de dispositifs de contrôle et de sanctions, l'existence de mécanismes de régulation de conflits ainsi que des procédures pour renégocier et modifier les règles lorsque le besoin s'en fait sentir. Ostrom a insisté sur le fait que ces règles doivent être flexibles et évolutives pour s'adapter aux changements de l'environnement et qu'elles ne peuvent pas se définir a priori; elles sont le produit d'un « façonnage », d'un processus d'ajustement permanent qui, seul permet de garantir leur pertinence et leur légitimité. La capacité d'un modèle d'autogestion basé sur l'action collective tel qu'introduit par Ostrom (1990) a été appuyée par la suite par plusieurs chercheurs qui travaillent en lien avec l'IIMI (International Irrigation Management Institute). Ces travaux ont ouvert la voie au modèle de « gestion participative » de l'irrigation (ie. Levine et Coward, 1989; Hunt, 1990; Johnson et al., 1995). Vermillion (1995) a argumenté que face aux limites de la gestion centralisée des systèmes irrigués, il est temps de montrer la valeur du savoir faire local (technique et institutionnel), d'incorporer ces connaissances dans les différents efforts de développement et de promouvoir la participation organisée des agriculteurs dans les programmes de gestion. Le renforcement des agriculteurs, nécessite qu'ils soient organisés, ou que leurs institutions locales soient reconnues par l'Etat.

Cette notion de participation des agriculteurs a conduit à des politiques de décentralisation, partout dans le monde. Svendsen et Meinzen-Dick (1997) ont argumenté que le transfert de gestion dépasse la simple participation des agriculteurs, et doit prendre la forme d'une délégation partielle de la gestion plutôt qu'une simple contribution complémentaire apportée aux agences d'irrigation publiques. Cette évolution est d'autant plus justifiée que les Etats n'ont plus les moyens tant au plan humain que financier pour améliorer les performances et intensifier la production au sein des systèmes d'irrigation. Ils ont été progressivement amenés à abandonner une partie de leurs prérogatives en matière de gestion des périmètres publics collectifs, et à transférer tout ou une partie des fonctions de gestion de l'eau et des infrastructures vers les associations d'utilisateurs. Ce transfert de gestion a ainsi permis d'introduire un nouveau cadre de coordination basé sur la participation des agriculteurs.

La promesse derrière la décentralisation de la gestion des ressources naturelles, est que les usagers de ces ressources vont agir collectivement pour défendre et promouvoir leurs intérêts quand ils disposent de pouvoir décisionnel et des ressources nécessaires. En conséquence, les résultats vont être plus efficaces, efficaces, durables et équitables en comparaison avec les arrangements centralisés (World Bank, 2007). Cependant cette promesse a été contestée par plusieurs travaux qui ont considéré que cette politique de transfert est venue d'en haut, sous l'influence des bailleurs de fonds et, souvent, sans que le gouvernement du pays concerné soit convaincu du bien fondé d'une décentralisation en matière d'irrigation (Roda, 2006). Certains chercheurs tels que Treyer (2001) ont questionné la véritable portée du discours qui se généralise au sujet de ces politiques de décentralisation et comment ces modèles ont été transposés dans des pays caractérisés par un appareil politique fortement centralisé et par un contexte qui n'est pas nécessairement favorable pour les adapter. Un véritable processus de décentralisation doit considérer la participation des agriculteurs comme une fin plutôt qu'un simple outil facilitateur au service de projets de développement. C'est ce que Ribot (2002) a appelé une décentralisation politique ou démocratique et il l'a considéré comme la forme la plus forte de décentralisation qui peut produire des effets importants notamment en termes d'équité sociale.

Les politiques de décentralisation doivent dépasser la simple réplique à l'échelle locale d'une gestion centralisée des ressources, n'impliquant ni ne visant nécessairement la participation des agriculteurs dans la gestion de l'eau. Un véritable processus de décentralisation doit assurer une entente entre les intérêts qui animent les différents pouvoirs en jeu actuellement. Ceci implique de parvenir à des compromis explicites et négociés entre les différents acteurs intervenants dans la gestion des systèmes irrigués.

1.2.2. Adaptation des pratiques d'évaluation aux évolutions des modes de gestion des systèmes d'irrigation

L'évolution des différents types d'investissements dans la gestion de l'irrigation a été accompagnée d'une panoplie d'approches d'évaluation des performances. L'évaluation des performances a été qualifiée par Molden et al. (2007) comme un outil de gestion qui permet de déterminer si les performances actuelles du système irrigué sont satisfaisantes et de planifier les actions correctives à implémenter. A chaque fois qu'un mode de gestion marque sa fin, un autre mouvement commence et les problèmes de gestion se révèlent plus compliqués pendant ces périodes de transition. En réponse à ces changements, les objectifs de l'évaluation des performances des systèmes irrigués évoluent et de nouvelles approches sont développées afin de prendre en compte le nouveau contexte.

L'évaluation des performances des systèmes irrigués a suscité l'attention non seulement de la communauté des chercheurs mais aussi des bailleurs de fonds qui cherchaient à démontrer l'efficacité, l'efficience et les impacts de leurs investissements. Des audits, des évaluations ex-ante et ex-post ont été conduites et justifiées par le besoin de plus de transparence et d'imputabilité, et par leur rôle dans l'apprentissage des acteurs à partir des enseignements tirés de ces expériences (Horton et al., 2007; Maredia, 2009). Cependant, ces approches ont aussi été critiquées pour leur propension à mettre principalement l'accent sur la réalisation des objectifs sans fournir d'indications suffisantes sur les améliorations pertinentes à apporter pour une planification plus efficace et durable des investissements et des actions d'accompagnement (Mackay et Horton, 2003; Delarue et Cochet, 2011).

1.2.2.1. Approches d'évaluation mono-disciplinaires

Garin et al. (1999) ont souligné le découpage disciplinaire des relations entre l'homme et son environnement qui a longtemps dominé les travaux d'évaluation. C'est principalement à partir de méthodes d'analyse des performances hydrauliques, agronomiques, environnementales ou économiques qu'étaient développés les indicateurs.

Prenons exemple sur l'évaluation de la performance hydraulique qui a longtemps été considérée comme la base de toute évaluation et tentative d'amélioration de la gestion des systèmes d'irrigation. Les indicateurs d'efficience hydraulique étaient considérés comme les seuls critères qui permettent de développer et d'améliorer les pratiques de gestion de l'irrigation (Bos et Nugteren, 1974; Haie et Keller, 2012). Le développement et l'application de différents critères relatifs à l'efficience ont connu un développement important depuis les évaluations centrées sur l'efficience du transport, de la distribution et de l'application de l'eau d'irrigation (Bos et Nugteren, 1990), jusqu'au développement de nouveaux concepts néoclassiques de l'efficience tel que l'efficience effective (Seckler et al., 2003; Pereira et al., 2012). Les limites d'une approche basée uniquement sur ces indicateurs ont orienté les travaux d'évaluation vers la requalification des processus de livraison et d'approvisionnement d'eau (Levine et Coward, 1989; Murray Rust et Snellen, 1993) et l'étude de

la productivité de l'eau en fonction de sa distribution et de son usage (Bos et al., 2005; Molden et al., 2007).

Ces approches techniques d'évaluation des performances des systèmes irrigués ont dominé ainsi les programmes de développement de l'agriculture irriguée, et la division des domaines de production de connaissances et d'action sur les systèmes irrigués a été maintenue : l'usage et l'amélioration des périmètres irrigués est principalement confiée aux ingénieurs et aux scientifiques, agronomes, hydrauliciens et économistes. Elles ont réduit de cette manière la complexité des systèmes collectifs d'irrigation à une seule dimension au détriment d'autres aspects et ont ignoré les enjeux actuels de l'agriculture irriguée qui dépend en effet de nombreux facteurs (Ghazouani, 2009).

Cependant, depuis les années 1970, il y a eu une prise de conscience progressive de l'insuffisance de ces approches mono-disciplinaires. Lorite et al. (2004) ont montré l'incapacité des évaluations de la performance hydraulique basées sur des modèles de bilan hydriques à évaluer les pratiques d'irrigation réelles ou leurs différences entre les agriculteurs. L'amélioration des rendements à travers l'amélioration des indicateurs d'uniformité d'application de l'eau telle que proposée par Burt et al. (1999) ou Pereira (1999) a été critiquée par le fait que ces relations sont établies selon des protocoles d'essai, en supposant constant le reste du paquet technologique, et que d'autres paramètres non techniques pourraient agir sur la prise de décision des irrigants, notamment les contraintes économiques telles que les produits sur les marchés ou les subventions (Poussin et al., 2008).

Cette prise de conscience des limites des approches technicistes a mis l'accent sur la complexité des situations locales et sur les liens existants entre technique et société. L'irrigation apparaît donc sous deux aspects interdépendants : la pratique technique et les logiques sociales qui sous-tendent cette pratique (Riaux, 2006). C'est ce que Molle et Ruf (1994) ont affirmé : « *l'insuffisance des approches technicistes monodisciplinaires se reflétait, parfois, de manière criante dans les échecs et les contradictions des actions de développement. D'un constat d'échec, on est passé à l'hypothèse que les agriculteurs avaient de bonnes raisons de ne pas faire ce qu'on voulait qu'ils fassent, puis à l'idée plus générale qu'ils ont de bonnes raisons de faire ce qu'ils font* ». Mais malgré l'intérêt porté à cette dimension sociale de la part de plusieurs chercheurs (ie. Bédoucha, 1987; Marzouk, 1989; Ruf, 2004), sa reconnaissance est restée marginale dans les programmes de développement de l'agriculture irriguée. Si les acteurs et les niveaux de décision ainsi que les moyens mis en œuvre ont été étudiés dans plusieurs systèmes d'irrigation communautaires, ils n'ont guère fait l'objet d'analyses spécifiques dans les projets de développement (Diemer et al., 1991). Par ailleurs, Sabatier et Ruf (1995) ont souligné que « *très rarement, l'entrée choisie dans les schémas de développement est la gestion sociale de l'eau, c'est-à-dire l'ensemble des relations et règles contractuelle entre les communautés paysannes autour du partage de l'eau* ». Ainsi, Les travaux autour de la gestion sociale de l'irrigation ont été conduits à leur tour d'une manière parallèle et non croisée, au détriment des autres dimensions techniques. D'autre part, Riaux (2006) a affirmé que ces travaux, qui sont fondés sur l'analyse des aspects sociaux, politiques et juridiques de l'organisation des communautés d'irrigants, ont ignorés les dimensions techniques de l'irrigation.

1.2.2.2. Approches d'évaluation multidisciplinaires

La complexité de la gestion des systèmes irrigués ne peut pas être analysée suivant une seule discipline en négligeant le reste de ses dimensions, ce qui a amené à constater l'incapacité des approches mono-disciplinaires à appréhender la réalité du fonctionnement de ces systèmes et ses problèmes de gestion. La mobilisation de plusieurs disciplines pour évaluer la gestion d'irrigation a été ainsi perçue comme une solution pertinente. Ainsi, aux questions agronomiques, techniques et

économiques que pose le développement de l'irrigation, plusieurs travaux ont opposé une conception multidimensionnelle de la pratique d'irrigation. Ces travaux se sont appuyés sur la modélisation et les analyses comparatives (Malano et Burton, 2001) et ont associé des indicateurs techniques, agronomiques, socioéconomiques et environnementaux (Bos et al., 1993). Cependant, Jollivet et Pavé (1992) ont qualifié ces approches comme le collage de plusieurs travaux disciplinaires menés séparément sans analyser les interactions qui caractérisent le système irrigué. Molle et Ruf (1994) ont argumenté que le système irrigué se distingue par l'existence de contraintes fortes et partagées qui sont dues à la dépendance d'une ressource à partager, et que ce lien social et cette dépendance nécessitent une reconnaissance de l'interaction entre les différents éléments d'un système irrigué. La gestion locale de l'eau est en effet le résultat de négociations, de compromis et du lien qu'entretiennent les sociétés avec leurs ressources. Ce point de vue est à l'origine des constats de Sabatier et Ruf (1995): « *comment induire les changements nécessaires qui doivent guider les interventions, sans connaissance historique approfondie des techniques et des cultures qui les ont mises en œuvre. Il faut faire reculer les préjugés. Lorsqu'on aborde l'irrigation, on touche aux fondements des sociétés* », et de la conclusion de Riaux (2006) qui a affirmé la difficulté de modifier une pratique d'irrigation sans se préoccuper des liens qu'elle entretient avec l'ensemble de l'organisation locale ».

Même si les performances des systèmes irrigués sont devenues des thèmes d'analyses pluridisciplinaires, cette évolution est en réalité le résultat des efforts individuels des ingénieurs d'avancer sur le terrain des sciences sociales. Cette réflexion est loin de caractériser les projets de développement conçus dans des pays tels qu'en Afrique (Marzouk, 1989). Les articulations entre les dimensions techniques et les dimensions sociales ont continué d'être très peu abordées, et c'est la raison principale selon Ghazouani (2009) de l'échec des approches multidisciplinaires à appréhender la complexité des problèmes de la gestion de l'irrigation ou à anticiper les dysfonctionnements des systèmes irrigués. D'un autre côté, Garin et al. (1999) ont attribué les limites de telles approches aux incertitudes qui résultent du couplage de recherches menées sur des échelles de temps et d'espace différentes et ont qualifié ces tentatives de vouloir rendre en compte tous les processus physiques et décisionnels qui interviennent dans le fonctionnement du périmètre irrigué comme illusoire.

1.2.2.3. Évaluation plus globale des sous-systèmes en interaction : une évaluation systémique

La reconnaissance des interactions qui existent entre les processus biophysiques, économiques, sociaux et organisationnels qui caractérisent la gestion des systèmes irrigués a conduit au développement du concept des sous-systèmes. Cette approche présente le système irrigué comme un ensemble d'unités fonctionnelles qui ont des relations mutuelles qui se caractérisent aussi par leurs rapports avec l'extérieur. Ce concept a été initialement développé par Garces en 1983 (cité par Rao, 1993) qui a proposé d'évaluer les performances d'irrigation à travers quatre sous-systèmes en interaction : l'eau, l'homme, l'environnement et l'économie. Alors que le sous-système d'eau est décrit à travers des indicateurs qui peuvent garantir d'accomplir les objectifs de production agricole, le sous-système humain est évalué à travers des indicateurs descriptifs qui reflètent la capacité des acteurs à réagir face à des processus dynamiques de prise de décision et leur applications. Le sous-système environnemental est évalué à travers les impacts de la gestion actuelle sur l'environnement, alors que les indicateurs relatifs au sous-système économique permettent de juger la stabilité économique du système.

Le cadre d'analyse introduit par Small et Svendsen (1990) a facilité l'émergence d'un consensus sur un ensemble limité d'indicateurs qui évaluent les performances d'irrigation à travers des systèmes

imbriqués depuis le système d'irrigation jusqu'au système politique et social. Il différencie en outre des indicateurs de processus (ou de pilotage), de résultats (ou de service) et d'impacts. Sa capacité à définir les niveaux d'organisation auxquels se produisent les dysfonctionnements, à interroger les facteurs qui sont à l'origine de ces dysfonctionnements et à identifier les acteurs concernés offre un cadre plus opérationnel pour l'amélioration de la gestion des systèmes irrigués.

Molle et Ruf (1994) ont souligné que les problèmes de gestion de l'eau d'irrigation apparaissent comme le lieu par excellence du compromis entre contraintes physiques et réalité sociale. Dans leur analyse du fonctionnement des systèmes irrigués, ils considèrent que l'existence de contraintes fortes et partagées liées à la présence d'un réseau hydraulique nécessite une représentation systémique capable de mettre en relief les interactions entre la trame physique, les hommes qui l'exploite et l'environnement physique et humain. La compréhension de l'histoire du système, l'analyse des conflits et le suivi de l'évolution des règles de partage et de transmissions des droits d'eau permettent d'anticiper les dysfonctionnements ou d'apporter des correctifs plus acceptés par les acteurs (Sabatier et al., 1991). Cependant, Garin et al. (1999) ont souligné que cette démarche d'intervention s'appuie sur un diagnostic partagé du système, comprenant une mise à plat des droits, des objectifs de chacun et des performances technico-économiques des composantes du sous-système opérant, et qu'elle renvoie aux mêmes limites des approches multicritères dont la complexité limite l'usage opérationnel d'une telle approche.

1.2.2.4. Evaluation ascendante pour la prise en compte de la participation des acteurs locaux

En réponse à l'intérêt suscité par l'implication des acteurs locaux dans la gestion et la prise de décision, des approches d'évaluation de l'efficacité de la gestion participative se sont rapidement développées sous la forme de méthodes de diagnostic rapide et d'évaluation participative : *Rapid Rural Appraisal* (RRA), *Participatory Rural Appraisal* (PRA) ou *Participatory Learning Action* (PLA). Lavigne-Delville et al (2000) ont expliqué que l'influence de ces approches n'est pas due seulement à leur nombre d'adeptes, mais également parce qu'elles ont longtemps fait référence auprès des bailleurs de fonds.

Il existe en fait un débat sur l'objectif de l'évaluation des approches participatives en tant que moyen ou en tant que finalité. Il fait suite au constat que l'implication des agriculteurs dans la gestion de leur système limite la fourniture d'information, et a amené les chercheurs à rechercher les moyens d'impliquer les agriculteurs pour l'identification de leurs besoins, pour l'exploration de solutions et même pour l'évaluation de l'impact des programmes d'intervention. Ces tentatives sont toutefois restées limitées et exceptionnelles (Cornwall et al., 1993). Les travaux d'évaluation se sont alors divisés entre deux courants. Le premier évalue directement la participation, l'hypothèse sous-jacente est que si les gens sont impliqués, il est plus probable qu'ils acceptent et supportent les nouveaux services de développement, contribuant à augmenter l'efficacité des interventions. Le second évalue si la participation est parvenue à mobiliser les acteurs locaux pour qu'ils s'impliquent dans la gestion collective de leur système, et joue un rôle dans le renforcement des capacités institutionnelles et collectives de gestion (Pretty, 1995). Gonsalves (2005) a argumenté que même si la gestion participative a été largement reconnue, et que sa légitimité a été validée par la communauté du développement, l'écart entre le discours et son exécution réelle existe encore. Suivant le même cadre de réflexion, Chambers (1989) a rappelé l'existence d'une pluralité de perspectives des acteurs impliqués dans la gestion des systèmes irrigués et critiqué le paradigme qui considère les systèmes d'irrigation comme des systèmes agro-techniques sans possibilité de reconnaître l'existence de plusieurs groupes d'acteurs dont les perspectives et les perceptions sont différentes. Svendsen et

Small (1990) ont ensuite souligné la nécessité de considérer le service d'irrigation comme un service rendu aux agriculteurs, et les agriculteurs comme des clients dont la perspective sur l'utilité du service de l'eau est un des critères essentiels pour juger la performance du système. Ils ont comparé la perspective des agriculteurs aux gestionnaires et ils ont identifié un ensemble d'indicateurs de performance de gestion des systèmes irrigués qu'ils jugent pertinents du point de vue des agriculteurs. Molle et Ruf (1994) ont considéré que dans une approche ascendante d'évaluation, le diagnostic doit partir du point de vue des usagers, et que l'eau est un bien qu'on s'approprie dans un cadre social où les conditions avec laquelle l'eau est reçue permettent de juger le fonctionnement du système d'irrigation. Le travail de Vermillion (1989) représente un autre effort pour illustrer l'importance de la perspective des agriculteurs. Il a exploré différents critères sociotechniques ainsi que les connaissances que les agriculteurs peuvent mobiliser afin d'évaluer les options de conception des systèmes irrigués, et prouvé la pertinence des perspectives des agriculteurs. Cependant, ces travaux ne sont pas totalement parvenus à réorienter l'intérêt porté aux critères quantitatifs qui continuent de dominer les approches d'évaluation.

1.2.2.5. Evaluation plus orientée vers l'analyse de la gestion institutionnelle des systèmes d'irrigation

La délégation de la gestion des systèmes d'irrigation partout dans le monde a été accompagnée par un développement de la production scientifique et technique sur les expériences de transfert et ses impacts (Vermillion, 1991; Samad et Vermillion, 1999). La diversité de ces expériences a alimenté le débat entre : ceux qui considèrent qu'une délégation partielle de la gestion est le signe d'un manque de volonté des Etats de transférer les responsabilités aux agriculteurs ; et ceux qui considèrent qu'une délégation totale de la gestion est prématurée, que le processus doit être progressif, qu'une cogestion de l'exploitation et de la maintenance des systèmes d'irrigation semble être plus pertinente. Shackleton et Campbell (2000) ont conclu que les leaders des communautés rurales, les secteurs privés et les producteurs n'étaient pas suffisamment formés ou préparés pour adopter les règles et prendre en charge la totalité des activités précédemment assurées par l'Etat.

L'évaluation des différentes expériences de transfert a amené à une forte reconnaissance de l'importance des dimensions sociales et institutionnelles. Poussin et al. (2002) ont appelé à abandonner les visions normatives de distribution de l'eau jusqu'à la parcelle, et ignorantes de la dimension organisationnelle du processus de gestion et de production. Par ailleurs, Venot et al. (2012) ont appuyé ces constats en déclarant que les politiques de décentralisation doivent être accompagnées par un fort soutien institutionnel.

Les travaux d'Ostrom (1990) et de Berkes (1989) constituent de véritables plaidoyers en faveur d'un renforcement des responsabilités des acteurs locaux dans la gestion des ressources locales. Ces auteurs soulignent l'efficacité limitée de la gestion centralisée par l'Etat, et avancent que les communautés sont les plus à même de gérer efficacement leurs ressources, car elles en ont non seulement la capacité mais également la motivation, puisque leur survie dépend de leur préservation.

Cependant, Venot et Cecchi (2011) répondent que ces études offrent une vision plutôt simplifiée des dynamiques sociales, de la perception, de la motivation et des jeux complexes entre les acteurs, et que les pratiques et les technologies ne sont finalement que peu considérées. Ruf (2001) considère que les principes d'Ostrom pour guider l'analyse institutionnelle ne peuvent en aucun cas constituer un cadre exhaustif ou une recette pour le succès. On doit se replacer dans chaque contexte, prendre le temps nécessaire pour acquérir des connaissances approfondies, et se souvenir que la perception

de la rationalité et du succès d'un travail peut être radicalement différent de la part d'autres personnes impliquées.

1.2.2.6. Prise en compte de la perception des acteurs dans l'évaluation

Les différences d'objectifs, de préférences et de perceptions des acteurs ont été interprétées par plusieurs auteurs à travers l'analyse de la manière avec laquelle leurs perceptions sont construites. Moscovici (1961) a introduit le concept de représentation sociale qu'il définit comme une construction faite par un acteur socio-historiquement situé, et qui prend forme et s'actualise à travers la communication (Parent, 1993). En insistant sur le rôle de la communication et des interactions entre individus et/ou groupes, Moscovici (2003) considère plutôt les représentations sociales au travers de leur dynamique, élaboration et évolution plutôt que de leur contenu. Abric (1994) explique que la compréhension des représentations sociales des individus et des groupes, élaborées ou induites dans les situations d'interaction, est indispensable pour analyser leurs pratiques, et donc leurs décisions d'action ou d'inaction, et pour aborder leur comportement comme 'un système d'interprétation de la réalité'. Il suggère qu'« il n'existe pas à priori de réalité objective, mais que toute réalité est représentée, c'est-à-dire appropriée par l'individu ou le groupe, reconstruite dans son système cognitif, intégrée dans son système de valeurs dépendant de son histoire et du contexte social et idéologique qui l'environne. Et c'est cette réalité appropriée et restructurée qui constitue pour l'individu ou le groupe la réalité même». Abric (1994) explique encore le rôle de la représentation sociale comme un guide qui oriente les actions et les relations sociales. Elle fonctionne comme un système d'interprétation de la réalité qui régit les relations des individus à leur environnement physique et social et qui va déterminer leurs comportements et pratiques. Jodelet (1994), s'inscrivant dans la même veine, a argumenté que les représentations sociales en tant que systèmes d'interprétation régissant notre relation au monde et aux autres, orientent et organisent les conduites et les communications sociales, et interviennent dans des processus aussi variés que la diffusion et l'assimilation des connaissances, le développement individuel et collectif, l'expression des groupes et la définition des identités sociales. Dans le domaine de la gestion des ressources en eau et du développement, on peut citer les contributions de Wester et al. (2003) qui s'intéressent aux perceptions des acteurs de la gestion des bassins versants et d'Orne-Gliemann (2008) qui choisit une approche par les représentations sociales pour étudier et expliquer les difficultés rencontrées lors de la mise en place d'une réforme institutionnelle de l'eau dans des petits périmètres irrigués en Afrique du Sud.

L'analyse des différences de perspectives a aussi été guidée par d'autres concepts tels que l'analyse des cadres ('frame analysis'). Ce concept a été initialement développé par Goffman (1974) qui étudiait l'organisation sociale de l'expérience à travers l'analyse des processus cognitifs permettant à un individu face à une situation particulière, de comprendre ce qui se passe, de définir une situation et de la structurer en forme d'expérience. Les éléments de base avec laquelle les individus perçoivent leur réalité sociale dans une situation donnée, la représentent à eux-mêmes et aux autres et s'adaptent à sa conduite, forment ce que l'auteur nomme 'les cadres'. Il considère que ces cadres ne sont pas créés consciemment, mais plutôt adoptés ou développés interactivement par étapes par les individus ou les groupes durant leur communication.

Ce concept de 'frame' a connu un développement important dans différents domaines disciplinaires. Ceci inclut notamment les schémas narratifs qui guident l'action ou ce que Davidson (1973) a nommé les schémas d'interprétation. Ces schémas représentent les éléments qui permettent d'organiser l'expérience et guider l'action individuellement ou collectivement. Il s'agit de systèmes qui reflètent les points de vue à partir desquels des individus ou des groupes examinent une situation ou un

événement. Les croyances, les objectifs, les attentes et les connaissances qui caractérisent une personne diffèrent de ceux qui ont d'autres schémas conceptuels : « Différents observateurs d'un monde commun, le considère à travers des systèmes conceptuels incommensurables. Un seul monde est vu selon différentes perspectives ». Dans le domaine de développement des politiques publiques, Schön et Rein (1996) ont argumenté que la viabilité de la démocratie dans les processus de prise de décision dans des situations problématiques, dépend de la capacité des acteurs et des instituts à atteindre des ententes sur les pistes d'action face à leurs intérêts différents et contradictoires. Ils ont affirmé que, dans telles situations complexes, le sens donné à l'information est socialement construit et guidé par différents cadres de perception. Ces auteurs perçoivent les controverses des politiques de gestion comme des disputes dans lesquelles les antagonistes ont des cadres conflictuels. Ces cadres qui façonnent les positions et les controverses sous-jacentes, déterminent quelles actions ils considèrent dans leurs intérêts, et quels arguments ils perçoivent comme pertinents et convaincants. « *Les différences de cadres engendrent des barrières de communication qui empêchent l'apprentissage et la compréhension mutuelle. C'est à travers les 'frames' que l'information est jugée et synthétisée pour résoudre les problèmes* » affirment Schon et Rein (1996). Ces auteurs ont argumenté que faire face à ces situations problématiques nécessite la participation dans l'action ou plutôt les processus qui peuvent rendre cette action possible.

Plusieurs chercheurs ont développé ces cadres pour la résolution des conflits dans le domaine de la gestion environnementale (Fischer, 2003 ; Yanow, 2007). Kolkman et al. (2005) ont affirmé que face à une situation ou un problème, les individus ont tendance à l'interpréter à la lumière de leurs cadres existants même s'ils ne sont pas capables de définir ce que ces cadres peuvent être. Ils ont insisté que les choix de solutions effectuées tout le long d'un processus de résolution de problèmes sont guidés par ces cadres. Cependant, ces auteurs ont plutôt choisi d'utiliser la notion de 'modèles mentaux' pour expliquer les différences d'interprétation de la même information par différents acteurs dans le domaine de la gestion des ressources en eau. « *Au lieu d'analyser les cadres, on va opter pour les modèles mentaux qui sous-tendent ces cadres. Alors que le cadre inclut les connaissances, les hypothèses, les intérêts, les valeurs et les croyances, le modèle mental est celui qui détermine quelle information l'acteur perçoit dans le monde réel et quelle connaissance l'acteur retire à partir de cette information* » affirment Kolkman et al. (2007). Ils considèrent que le modèle mental fonctionne comme un filtre à travers lequel l'acteur observe la situation problématique. Elsworth et al. (2015) ont raisonné que les théories descriptives du comportement qui analysent comment les acteurs prennent des décisions sous la pression de contraintes et de limites inévitables (tel que le manque d'information ou de temps) sont fondamentales dans le domaine de gestion des ressources naturelles, où les décisions des acteurs et leurs actions influencent l'état de ces ressources et affectent les politiques de gestion.

L'absence de démarche structurée d'évaluation permettant de relier les symptômes et les causes de non-fonctionnalité entraîne souvent des traitements visant à corriger techniquement et localement des faiblesses ayant des causes plus profondes. L'évaluation de la gestion du système irrigué dans le but de planifier des démarches d'intervention doit être basée sur une approche systémique qui permet d'avoir une vision globale des problèmes et de leurs causes au niveau des différentes composantes du système irrigué. Elle devra également s'appuyer sur la reconnaissance des différentes perceptions et perspectives des acteurs locaux de ces problèmes et du rôle de chaque acteur dans le dysfonctionnement du système. C'est sur cette base qu'un processus de résolution des problèmes pourra être mis en œuvre, qui intègre les acteurs impliqués dans la gestion des différents niveaux du système dans l'identification et la résolution de leurs propres problèmes.

1.2.3. Complexité de la mise en œuvre des démarches d'intervention

1.2.3.1. Complexité spécifique des systèmes d'irrigation

La complexité de la mise en œuvre d'interventions et l'échec de nombreuses expériences passées sont dues en premier lieu aux spécificités des systèmes d'irrigation. L'irrigation est un système dans le sens qu'elle comprend plusieurs éléments interdépendants, en constante interaction entre eux et avec leur contexte, relevant du fait social et du fait technique. De part leur structuration et leurs règles de gestion, ces systèmes d'irrigation ne sont pas uniquement le fruit d'une rationalité technique ; elles sont aussi l'expression de relations de pouvoir et de force entre acteurs et de principes de gestion émanant de choix culturels et politiques (Jolly, 2001). Ainsi, dans ce travail, on a opté pour une définition du système irrigué telle que proposée par Riaux (2006) : le système irrigué est considéré comme l'articulation entre les infrastructures hydraulique (réseau d'irrigation), le milieu artificialisé (périmètre irrigué) et l'aménagement du territoire en vue de l'exploitation des ressources en eau et en terre (activité agricole) et l'organisation sociale (gestion collective de l'eau). Dans tout système irrigué, le lien existant entre infrastructure technique et organisation sociale apparaît principalement à travers le droit et les règles d'usage et d'appropriation de l'eau et du réseau d'irrigation. Ces règles constituent un système dont l'équilibre n'est jamais définitif ; elles doivent être adaptées au contexte d'usage de l'eau et adaptables aux évolutions de ce contexte (Ostrom, 1991). Un système d'irrigation est le résultat de l'ensemble des modifications qui ont eu lieu dans le passé (histoire, politique, économique, technique). Il s'agit d'un ensemble cohérent, historiquement construit et dynamique. Remonter dans l'histoire de ces systèmes permet de dévoiler les fondements de leurs caractéristiques actuelles, mais aussi de mesurer l'ampleur et la nature des mutations qu'ils ont pu connaître, donnant une idée de leur capacité d'adaptation à des conditions nouvelles (Jolly, 2002).

La complexité des situations locales doit être prise en compte lors de la conception des interventions d'amélioration de gestion des systèmes irrigués. Les interventions mises en œuvre ont souvent tendance à dresser les besoins prioritaires apparus au niveau de l'une des composantes du système irrigué en négligeant les interactions qui existent entre les différentes composantes de ce système ainsi que les interdépendances entre le système irrigué et l'extérieur. Ruf (2001) a souligné que la gestion locale de l'eau est le résultat de négociations, de compromis et du lien qu'entretiennent les sociétés avec leurs territoires et ressources. Dans ce sens, il semble difficile de modifier des pratiques ou des actions de gestion sans se préoccuper des liens qu'elles entretiennent avec l'ensemble de l'organisation locale. Les recommandations sur des changements de la gestion de l'eau sont fortement argumentées mais l'analyse des effets de ces changements sur les différentes composantes du système sont rares, sauf quelques exceptions telles qu'Ostrom (1991).

En analysant la complexité des systèmes irrigués sous l'angle de systèmes de production d'eau maîtrisée, Rey (1996) a argumenté que les difficultés de gestion des périmètres irrigués sont dues au caractère aléatoire de l'approvisionnement en eau brut, à la complexité de sa transformation en eau maîtrisée, et surtout à l'ambiguïté des mécanismes permettant de gérer l'offre et la demande en eau aux différentes interfaces de gestion. Il a souligné que dans un contexte de gestion des systèmes d'irrigation caractérisé par une multiplicité d'acteurs et d'objectifs, les causes de non-fonctionnalité peuvent être multiples et corrélées. Selon Molle et Ruf (1994), les modes de partage de l'eau et des terres irrigués constituent des foyers de tension et de conflits en conditions de disponibilités en eau limitées. L'analyse des causes et des effets de ces conflits est nécessaire afin de résoudre ces problèmes étant donné que toute intervention aura des répercussions à d'autres échelles (Ruf, 2001).

1.2.3.2. Complexité plus accrue en cas de pénurie d'eau

Les incertitudes sont devenues un sujet primordial dans la gestion des ressources en eau. La diversité des objectifs de gestion, le changement des conditions environnementales, les conflits d'intérêts et le manque de prévisibilité sont parmi les caractéristiques de la gestion de ces ressources auxquelles les usagers ou les gestionnaires doivent faire face. Pahl-Wostl (2002) a critiqué le manque de connaissances systématiques sur la capacité d'adaptation des systèmes construits autour de cette ressource, et mis l'accent sur la nécessité de développer des stratégies qui puissent faire face à ces incertitudes dues aussi bien aux changements climatiques qu'aux variations de l'environnement économique. Les limites des capacités des gestionnaires à contrôler les variabilités de l'apport d'eau à travers des moyens techniques sont devenues claires durant ces dernières années. A cause de cette incertitude liée à la variabilité des ressources en eau et la complexité de leurs systèmes de gestion, plusieurs chercheurs ont appelé à des changements radicaux des modalités de gestion basée uniquement sur des solutions techniques. L'adaptation du système à des situations telles que la pénurie d'eau nécessite selon Pahl-Wostl et al. (2007), l'intégration de la dimension humaine afin de créer des changements plus flexibles, adaptés à l'état actuel des ressources, et réalisables.

Dans un contexte de pénurie d'eau, la complexité de la gestion des systèmes d'irrigation augmente avec la compétition entre les usagers et le recours à des comportements et des pratiques individuels pour protéger leurs propres intérêts et réaliser des gains immédiats au détriment des autres, et aux dépens de la durabilité à long terme des bénéfices générés par une adaptation collective. Rijsberman (2006) a souligné que les interdépendances entre les usagers augmentent avec la pénurie d'eau qui nécessite une adaptation institutionnelle et une implication réelle des usagers dans la gestion de leurs ressources. Selon Wade (1988), les performances de gestion des systèmes d'irrigation dépendent en partie de la confiance des agriculteurs dans les jugements et les capacités des gestionnaires. Dans les situations de pénurie d'eau, le manque de confiance fait apparaître ce que l'auteur désigne par 'le dilemme des prisonniers' ou 'le syndrome d'anarchie', lorsque les agriculteurs ne sont pas certains que s'ils suivent les règles, les autres les suivront aussi ce qui leur permet d'avoir l'eau à temps et en quantité suffisante, et de la même manière, lorsque les gestionnaires n'ont pas confiance dans le fait que s'ils améliorent les règles de gestion, les usagers vont respecter ces règles. Il conclut que seule une confiance partagée dans le respect des règles peut permettre à tous d'accéder équitablement à l'eau.

L'analyse de la gestion des systèmes irrigués dans un contexte de pénurie d'eau a connu une évolution importante. La perception de la pénurie comme un phénomène physique contre lequel l'adaptation se limite à construire des projets qui permettent de mobiliser plus d'eau a évolué vers la considération de la pénurie comme un construit social dû aux pratiques des usagers de la ressource (Mehta, 2001). L'adaptation à cette pénurie repose donc sur une meilleure gestion de la demande en eau, en adoptant par exemple des techniques d'irrigation efficaces ou en pratiquant des cultures moins consommatrices d'eau (Ohlsson, 2000; Rijsberman, 2006). La nécessité d'un changement de pratiques a inspiré plusieurs travaux portant sur des pratiques adaptatives des acteurs et de compréhension des facteurs et des motivations de leurs comportements (eg. Below et al., 2012). Armitage et al. (2011) ont considéré que les institutions jouent un rôle important vis-à-vis des réponses individuelles et collectives en favorisant la collaboration entre les acteurs ou en influençant la vulnérabilité de certains groupes. Plus d'attention doit être dirigée vers les organisations locales considérées comme des acteurs de "la ligne de front" pour l'adaptation aux problèmes de gestion d'eau (Pelling et al., 2008).

1.2.3.3. Complexité de gestion des systèmes multi-ressources

Dans plusieurs systèmes irrigués basés sur l'eau de surface, l'augmentation de l'offre en eau à travers l'exploitation d'autres ressources en eau complémentaires est une stratégie très répandue entre les agriculteurs, en particulier dans les régions arides et semi-arides.. Ces ressources qui peuvent être conventionnelles (ie. les eaux souterraines) ou non conventionnelles (ie. les eaux usées traitées, les eaux saumâtres dessalées) diffèrent généralement en termes de qualité, disponibilité, coût ou flexibilité d'usage (Ortega Reig, 2015).

L'eau souterraine est parmi les ressources en eau complémentaires les plus utilisées. Les avantages d'une telle utilisation conjointe sont largement reconnus, cependant, elle est souvent effectuée d'une façon individuelle, sans aucun contrôle ou coordination, ce qui a amené non seulement à la dégradation de la qualité des eaux souterraines, mais aussi à des perturbations du système d'irrigation de surface. Shah (2009) a souligné que quand les agriculteurs ont un accès à l'eau souterraine, ils ne contribuent plus à la gestion et la maintenance du réseau d'irrigation de surface. Il a montré ainsi que plus que tout autre changement, c'est l'intégration de l'eau souterraine qui a bousculé le fonctionnement des systèmes irrigués collectifs. Blomquist et al. (2004) ont souligné que même si ces ressources sont en interaction avec le système d'irrigation de surface, elles sont souvent gérées différemment, sans coordonner leur exploitation.

Au lieu de se limiter à cette utilisation conjointe de l'eau de surface et de l'eau souterraine, une gestion conjuguée de ces ressources basée sur la coordination et le façonnage de nouvelles règles semble être essentielle. Cependant, parmi les obstacles majeurs de la gestion d'un système multi-ressources est la structure fragmentée des institutions publiques auxquelles différents rôles de gestion sont confiés, ce qui complique les processus de coordination. Cette gestion intégrée nécessite de procéder à une réforme des institutions de gestion de ces ressources et d'adapter les infrastructures et leurs procédures de fonctionnement.

1.2.3.4. Complexité encore plus importante dans les systèmes multi-niveaux et multi-usages

Le passage d'un modèle de coordination central dans lequel la gestion a été décrite comme hiérarchique mono-centrale où l'Etat décide des politiques de gestion à une gestion multi-niveaux qui impliquait plusieurs acteurs dans les décisions de gestion a été reconnu comme une solution appropriée pour faire face à la complexité de gestion des systèmes irrigués. Cependant cette transition impliquait qu'il faut faire face à la complexité des interactions qui existent entre plusieurs interfaces de gestion, aux impacts de leur dépendance mutuelle quand des changements sont créés et aux dilemmes de coordination entre ces niveaux. Le transfert du pouvoir ou souvent une partie du pouvoir de l'Etat aux associations des irrigants et l'implication des acteurs locaux dans la gestion de leurs systèmes irrigués a amené plusieurs travaux à interpréter la gestion comme un processus d'interactions continues entre plusieurs niveaux, administration, associations, agriculteurs et même dans des cas plus compliqués entre des entités qui peuvent être opérationnelles sur plusieurs niveaux (Long, 2004). La complexité d'analyse de tels systèmes selon Rey (1996) réside dans la difficulté de définir une interface appropriée pour agir en raison des fortes interdépendances qui existent entre elles.

Termeer et al. (2010) ont identifié deux contraintes principales en analysant la complexité de la coordination multi-niveaux. Le premier dilemme de la coordination est relatif au « coût de transaction » relatif à la coordination entre plusieurs acteurs impliqués dans la gestion de plusieurs niveaux du système. La complexité du transfert de l'information et de la coordination des actions est

problématique en particulier lorsqu'il s'agit de situations urgentes où la réduction de la complexité pour accélérer les processus de prise de décision est nécessaire. Le deuxième dilemme est la dispersion de l'autorité de l'Etat, par ailleurs, Rhodes (1997) a argumenté que le transfert de l'autorité a amené à « un Etat vide ». D'autre part, Rey et al. (1996) ont déclaré que les origines de ces difficultés sont diverses, elles peuvent être techniques si l'acteur ne dispose pas des moyens ou des informations nécessaires pour une coordination efficace. Elles peuvent être humaines quand la perception de l'acteur est celle qui entrave la communication ou institutionnelle si l'environnement existant ne permet pas une coordination entre les acteurs.

Les différences d'objectifs et de stratégies sont encore plus importantes dans le cas de la mobilisation d'une ressource en eau à des fins multiples (usage agricole, urbain, industriel...). Rey (1996) a argumenté que les stratégies des gestionnaires dans ce cas sont assez complexes et peuvent faire intervenir des arbitrages économiques entre les différents usages, et que les objectifs d'allocation des ressources sont dans ce cas influencés par les mécanismes du marché.

Une analyse préalable des dysfonctionnements au niveau de chaque interface de gestion du système irrigué et la compréhension des facteurs qui peuvent être à l'origine de ces problèmes sont nécessaires pour la mise en œuvre de démarches d'intervention pour la gestion des systèmes multi-niveaux, en particulier lorsqu'ils sont soumis à une forte pression sur les ressources en eau. Elle doit prendre en compte la diversité des acteurs impliqués dans le système et de leur perception, ainsi que leurs interactions et modalités de coordination existantes pour la gestion collective du système considéré.

1.3. Démarche, objectifs et méthodologie du travail de thèse

1.3.1. Cadrage général

Deux idées directrices sont à l'origine de cette thèse : l'utilité d'évaluation des performances des systèmes irrigués et la sous estimation de la complexité de la gestion de ces systèmes.

L'utilité de l'évaluation des performances des systèmes irrigués va au-delà du besoin de redevabilité ('accountability') aux organismes d'aide au développement et au-delà de la fonction d'informer les décideurs de ce qui marche et de ce qui ne marche pas. Sa capacité à relier les symptômes de dysfonctionnement et les causes, ainsi que son potentiel à juger l'efficacité des actions entreprises, sont autant d'éléments permettant à l'évaluation de supporter les processus de résolution des problèmes et de prise de décision. Dans ce travail, on dépasse une vision largement utilisée dans l'évaluation qui a été introduite en 1960 par Scriven (1967), et dans laquelle il limite l'évaluation à un processus par lequel sont déterminés le mérite et la valeur d'un programme de politique publique, son utilisation est une tâche qui ne nous concerne pas (*'Evaluation is what it is, the determination of merit and worth, and what it is used for is another matter, use is the concern of the political process, not evaluators'*). Au contraire, on considère que l'amélioration doit se trouver au cœur de la définition de l'évaluation et on opte plutôt pour la définition de Weiss (1998) qui va au-delà du jugement de valeur et considère l'évaluation comme 'l'analyse de la mise en œuvre d'un programme ou d'une politique publique en fonction d'un ensemble de standards implicites ou explicites, afin de contribuer à l'amélioration de ce programme ou de cette politique'. Au lieu de se limiter à mesurer et juger l'efficacité de la gestion actuelle du système irrigué et les performances de ses différentes composantes, l'objectif de la démarche d'évaluation conduite dans ce travail est de planifier une intervention d'amélioration de la gestion des systèmes irrigués afin de détecter les dysfonctionnements relatifs en particulier à des défaillances des processus de coordination et d'information. Cette thèse plaide en faveur d'une analyse causale et globale des problèmes qui

permettent d'orienter les interventions d'amélioration. La démarche d'évaluation doit permettre de relier symptômes et causes de non-fonctionnalité afin d'éviter de corriger techniquement et localement des faiblesses qui ont en réalité des causes plus profondes et plus globales.

La sous-estimation de la complexité des problèmes de gestion des systèmes irrigués entraîne souvent des interventions d'amélioration dont la pertinence et l'efficacité sont mises en question. Les interactions existantes entre les différentes composantes du système irrigué, de même que les interdépendances et les différences de pratiques et de perceptions entre les acteurs qui gèrent ou utilisent une ressource en eau commune, ou encore les situations conflictuelles générées par les pressions sur cette ressource ou les incertitudes de son usage, sont autant d'éléments qui incitent à placer la communication entre les différents acteurs et le renforcement des modèles de coordination existants au cœur du processus d'amélioration. L'intervention suppose alors la nécessité de mobiliser les acteurs, non seulement pour l'explication de leurs besoins et attentes, mais aussi pour l'élaboration des actions afin de garantir leur efficacité ainsi que leur légitimité et acceptabilité. L'importance de la participation dans l'intervention est de plus justifiée par l'incompatibilité qui existe souvent entre un modèle rigide de gestion des systèmes irrigués et les compromis et arrangements qui déterminent les réponses concrètes apportées par les agriculteurs et les gestionnaires.

1.3.2. Objectifs

Notre recherche vise à renforcer les liens entre l'évaluation et les démarches d'intervention pour l'amélioration de la gestion des systèmes collectifs d'irrigation. Les autres dimensions des systèmes irrigués, comme le processus de production agricole (agronomie, commercialisation...), ne seront pas abordés dans le cadre de ce travail.

Deux contributions complémentaires sont attendues de ce travail. Sur un plan pratique, il s'agira de piloter une démarche d'intervention conduite dans le cadre d'un projet de recherche-action visant à améliorer la gestion de l'eau d'irrigation dans un système collectif d'irrigation multi-niveaux du Nord de la Tunisie confrontée à une raréfaction de la ressource en eau. Sur un plan méthodologique, il s'agira d'évaluer la mise en œuvre de cette intervention centrée sur l'analyse des processus de coordination et les défaillances de communication entre les différents sous-systèmes du périmètre.

L'objectif général de la thèse est d'adapter une démarche méthodologique d'évaluation des modes de gestion des systèmes irrigués permettant d'identifier les problèmes rencontrés, d'analyser les relations complexes de causalité, d'identifier les modalités d'intervention pour une amélioration de la gestion des systèmes irrigués et de valider les effets de ces interventions.

Ce questionnement nous amènera à aborder successivement les différents objectifs spécifiques suivants :

- 1) Quelles analyse systémique et représentation du système nous permettent d'avoir une vision globale des problèmes en matière de gestion de l'information, de processus de prise de décision et de gestion opérationnelle ? Dans quelle mesure cette analyse nous permet-elle d'identifier les problèmes pour lesquels des actions d'amélioration réalistes et pertinentes peuvent être planifiées ?
- 2) Quelles adaptations individuelles ou collectives les acteurs du système ont-ils mis en place afin de faire face à leurs problèmes ? Quels sont les origines, les logiques et les motivations qui sous-tendent ces stratégies ? Quels en sont les impacts sur la gestion collective du système ?
- 3) Dans quelle mesure la mise en œuvre d'une intervention basée sur la participation et le renforcement de la coordination permet-elle aux acteurs du système de composer leurs propres

solutions dont les effets peuvent être pertinents et acceptables ? Comment une telle intervention permet d'impliquer les acteurs locaux dans la résolution de problèmes complexes associant pénurie d'eau et asymétrie de pouvoirs? Quels sont les facteurs qui conditionnent l'efficacité d'une telle intervention ? Quelles en sont les limites et voies d'amélioration sur un plan méthodologique ?

4) Comment mesurer les changements dus à cette intervention ? Quels changements peut-on mesurer ? Quels sont les outils qu'on peut mobiliser pour mesurer ces changements ? Dans quelle mesure ces outils ont permis d'évaluer la pertinence et l'efficacité de ces changements ?

1.3.3. Justification du terrain d'intervention

Ce travail de thèse s'est tout d'abord intéressé à la situation générale du Canal Medjerda Cap Bon (CMCB) qui assure le transfert des eaux de la vallée de la Medjerda, à la fois pour l'alimentation en eau potable de plusieurs régions, et pour l'irrigation des périmètres de vergers d'agrumes dans la région du Cap Bon. Par la suite, il s'est focalisé sur la situation particulière du Périmètre Public Irrigué (PPI) de Zaouiet Jedidi qui dépend de cette ressource. Le choix de ce terrain est notamment justifié par un contexte de gestion multi-niveaux, multi-acteurs et multi-usages, et une forte pression exercée sur une ressource en eau commune prioritairement dédiée à l'alimentation en eau potable des populations.

Un contexte de gestion multi-niveaux, multi-acteurs et en conséquence multi-objectifs ...

Le canal de Medjerda Cap Bon permet d'alimenter des périmètres de sauvegarde des agrumes classés en zone de sauvegarde 'nord' et zone de sauvegarde 'sud'. Par ailleurs, 74,2 % de la superficie totale des agrumes en Tunisie est localisée dans la région du Cap Bon (CNEA, 2007). Alors que les périmètres du premier groupe bénéficient d'autres sources en eau de surface autre que ce canal, l'eau de surface allouée pour irriguer les périmètres du second groupe vient exclusivement du canal. Cette seconde situation à laquelle appartient le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi a été privilégiée.

Ce système est composé de plusieurs interfaces de gestion en interaction, les acteurs de chaque interface gèrent et utilisent des structures physiques différentes, appliquent des règles de gestion spécifiques et portent souvent des objectifs et des logiques contradictoires. Les modalités de coordination et de communication entre ces différents niveaux suivent un schéma descendant vu que l'Etat garde des pouvoirs étendus pour la prise de décision et la gestion opérationnelle dans ce système malgré le transfert de gestion de l'irrigation à des associations d'usagers depuis l'année 1989. Les périmètres de sauvegarde sud sont consacrés exclusivement à la production d'agrumes, à l'exception de quelques rares plantations de grenadiers apparues au cours des dernières années.

Un système qui subit une forte pression sur une ressource en eau commune

Les périmètres de sauvegarde sud des agrumes, en particulier le périmètre public irrigué de Zaouiet Jedidi étaient irrigués à l'origine à partir des eaux souterraines. Cependant, la surexploitation de la nappe et la dégradation de sa qualité ont incité l'Etat à construire le Canal de Medjerda Cap Bon et à aménager ces zones afin d'assurer la viabilité des exploitations agricoles grâce à cet apport d'eau complémentaire. A part quelques jeunes plantations de grenadiers qui se sont développées ces dernières années, ces périmètres sont couverts exclusivement de vergers d'agrumes. La rareté d'eau qui a marqué les années 60 a amené les agriculteurs à abandonner les cultures en intercalaire et à favoriser l'irrigation des agrumes. Cependant, malgré les investissements de l'Etat, la variabilité de l'offre en eau ainsi que l'augmentation de la demande en eau d'irrigation et d'eau potable ont réduit la capacité du système à satisfaire les besoins en eau de ses usagers.

Bien que la production des agrumes du Cap Bon représente 74% de la production totale des agrumes en Tunisie, les périmètres de sauvegarde des agrumes souffrent d'un faible rendement dû à plusieurs

facteurs, mais le facteur le plus critiqué est l'insuffisance des quantités d'eau allouées à l'irrigation. En 1985, le rendement annuel des agrumes en Tunisie a été de l'ordre de 18.9 t. ha⁻¹. Il a été supposé que ce rendement va augmenter avec les apports du Canal Medjerda Cap Bon. Cependant, le rendement a diminué à une valeur de 13.3 t. ha⁻¹ en 2001 et à 12.7 t. ha⁻¹ en 2003. Entre les années 2013 et 2014, le rendement s'est stabilisé autour de 14 t. ha⁻¹, ce qui est toujours loin du potentiel estimé de 30 t. ha⁻¹ (DGPA, 2014).

Pour atténuer les effets de la pénurie, les agriculteurs ont adapté leurs pratiques individuelles. Ils ont opté le plus souvent à des stratégies qui leur permettent de renforcer leur accès à l'eau de surface ou à l'exploitation des eaux souterraines. Mais les règles collectives de gestion des systèmes d'irrigation ne sont plus adaptées et les associations d'usagers ne sont plus en mesure d'assurer un service d'irrigation fiable et adéquat. La dominance des cultures pérennes dans cette région a empêché toute forme d'adaptation en termes de système de culture ce qui a encore compliqué les processus d'adaptation à la rareté d'eau.

Un système qui subit directement l'impact des variations des prélèvements de l'eau potable

Une autre spécificité caractérise ce système et augmente l'incertitude à laquelle les gestionnaires et les usagers doivent faire face. Il s'agit d'un système qui subit directement les effets des prélèvements de l'eau pour l'alimentation en eau potable. La priorité de cette demande par rapport à l'irrigation, et l'imprévisibilité de ses prélèvements ont un effet direct sur la situation du système étudié.

1.3.4. Méthodologie

Un cadre général d'évaluation de la gestion des systèmes irrigués inspiré de la contribution de Rey (1996)

La représentation de la gestion des systèmes irrigués est basée sur une approche systémique en raison de sa capacité à appréhender les dysfonctionnements et leurs causes pour chaque niveau de gestion ou sous-système. Le cadre d'analyse de la gestion et du pilotage du système d'irrigation est inspiré de la contribution de Rey (1996) dans laquelle le système d'irrigation est décomposé en trois sous-systèmes : sous-système d'information, sous-système décisionnel et sous-système opérationnel (situer ou il existe les définitions) interactifs. Son analyse théorique du processus de pilotage de l'irrigation est basée sur les interfaces de gestion entre les acteurs ou entre les niveaux de décision stratégique et opérationnelle. La trame d'intervention proposée par Rey est basée sur quatre étapes illustrées dans la figure 1.1 :

- 1 : Mettre l'intervention en perspective (en termes de légitimité, enjeux et motivations)
- 2 : Avoir une vision globale du système et fixer les premières orientations de l'intervention
- 3 : Explorer les zones "à problèmes" de l'organisation
- 4 : Construire des recommandations pour un traitement du problème

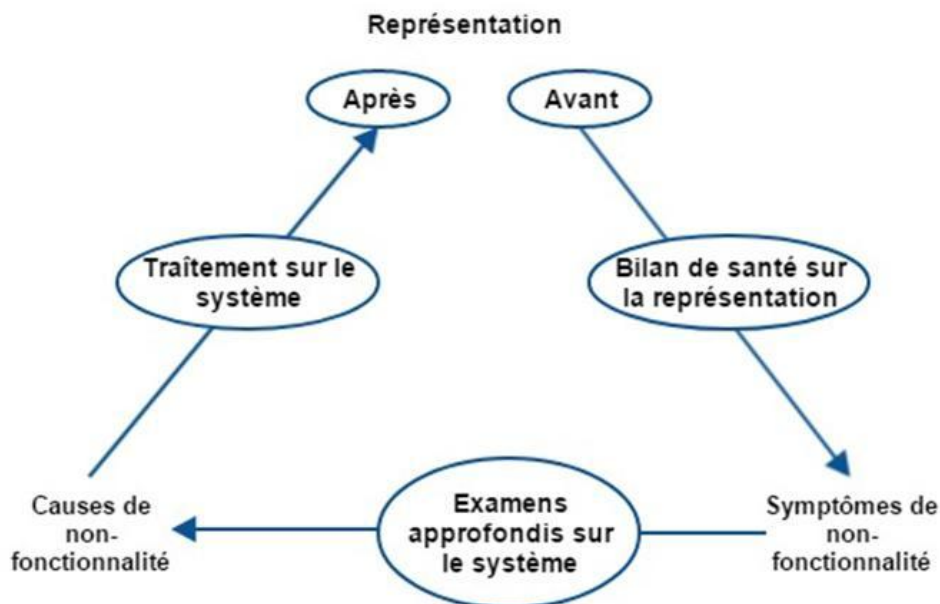


Figure 1.1 : Les étapes identifiées par Rey pour mettre en œuvre une évaluation pour améliorer la gestion des systèmes irrigués (Rey, 1996)

La quatrième étape de traitement est divisée en effets en trois sous-étapes : (i) étendre l'analyse au reste des acteurs impliqués dans la gestion, (ii) faciliter la réorganisation du système et (iii) réanimer le système. La première sous-étape est décrite par l'auteur comme « une poursuite de l'analyse globale », « une mise à plat de la représentation du système » et « un partage de la représentation du système ». Il s'agit d'une mise en évidence et d'une synthèse des symptômes de non-fonctionnalité, qui résultent de l'analyse approfondie des 'zones à problèmes', avec le reste des acteurs impliqués dans la prise de décisions de gestion. La deuxième sous-étape consiste à repenser le système de prise de décision en fonction de trois dimensions explicatives : machines, hommes et institutions. En d'autres termes, il s'agit d'envisager des changements selon ces trois dimensions en fonction des facteurs de causes déterminés par le diagnostic. Un changement de machines peut être effectué à travers des actions de réhabilitation des ouvrages du réseau d'irrigation, alors qu'un changement d'hommes peut être envisagé à travers des actions d'amélioration de compétences des acteurs par une ouverture à des disciplines nouvelles sociales ou techniques. Quand au changement d'institutions, Rey a cité l'exemple de l'établissement d'un cadre légal pour les associations des agriculteurs. La dernière sous-étape est caractérisée par l'auteur comme une étape purement instrumentale suite à l'établissement d'une représentation partagée du système avec les différents acteurs. Cette réanimation consiste selon Rey (1996) à corriger et mettre au propre un système de pilotage cohérent, collant à la représentation agréée par l'ensemble des acteurs et de donner ainsi les moyens de finaliser le fonctionnement du système.

La difficulté d'une mise en œuvre complète d'un tel parcours 'triangulaire' est due, entre autres facteurs, à la difficulté d'« intrusion » dans la logique des acteurs du système et à la mise en question de la légitimité de l'intervention. Cette complexité amène souvent à des interventions partielles basées sur l'une des étapes illustrées précédemment dans la figure 1.1. C'est ce que Rey (1996) a souligné : « *Chaque lecteur pourra, pour finir, chercher son lieu de villégiature préféré sur les branches du triangle* ».

Le cadre d'analyse introduit par Rey est un cadre conceptuel intéressant dont la construction est inspirée d'une réflexion sur les facteurs de succès des interventions dans les systèmes de production industriel, en projetant les résultats des contributions d'évaluation et d'amélioration de ce domaine

au système d'irrigation ou ce qu'il appelle le système de production d'eau maîtrisé. Cependant, dans ce travail, Rey se limite à proposer un cadre théorique et des recommandations d'amélioration théoriques, dont la pertinence et la faisabilité ne sont pas évidentes lors de son application réelle sur le terrain. Dans cette thèse, on a confronté cette vision théorique à la pratique afin de mieux penser ces questions. On a mené une évaluation systémique sur un cas d'étude concret afin de détecter les dysfonctionnements et leurs origines, et identifier l'interface qu'on a jugé la plus appropriée pour une intervention efficace et acceptable. On a mis en œuvre un processus d'amélioration, dont les résultats ont été évalués.

Une intervention d'amélioration basée sur la participation et l'amélioration de la coordination entre les différents acteurs

La première partie de la thèse nous a permis d'évaluer comment mettre en œuvre un processus d'amélioration de la gestion des systèmes irrigués. Les résultats de cette évaluation ont été utilisés afin de planifier ce processus. Parmi les critères les plus importants de ce processus qui seront argumentés dans les parties suivantes du travail, la participation et le renforcement des acteurs pour faire face à des situations d'incertitude telle que la pénurie d'eau occupe une place essentielle. La construction de ce processus s'est appuyée aussi sur des lectures qui portent sur le domaine d'amélioration de la gestion des systèmes irrigués et le renforcement des capacités des acteurs locaux à gérer leurs systèmes. La figure suivante (figure 1.2) présente un cadre général qui a structuré notre réflexion. On a mobilisé aussi d'autres concepts liés à des contraintes importantes lors de la mise en œuvre de ce processus telles que sa légitimité et son impact sur son acceptation par les acteurs et en conséquence sur leur implication dans sa construction.

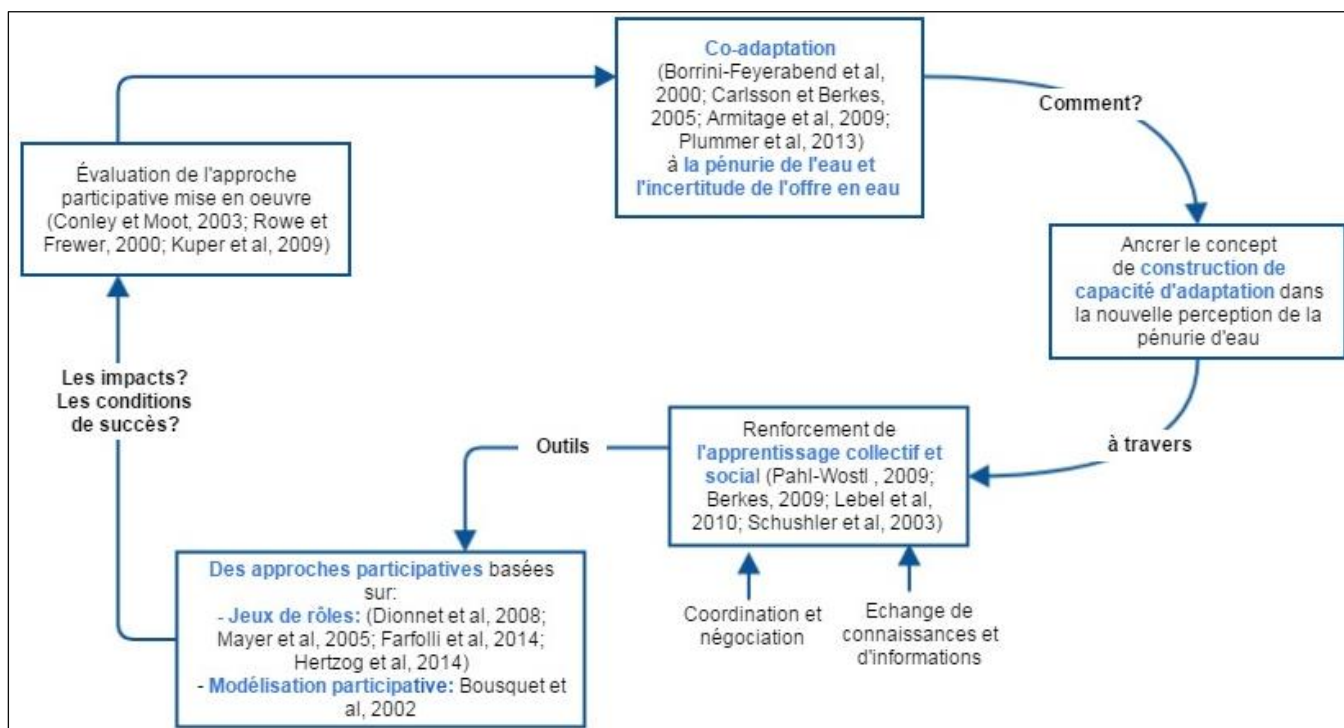


Figure 1.2 : Les concepts théoriques qui ont inspiré cette intervention.

Le contexte général de la gestion des systèmes irrigués en Tunisie marqué par un transfert partiel de la gestion de l'Etat aux agriculteurs, ainsi que le contexte spécifique du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi caractérisé par une pénurie d'eau qui est à l'origine du dysfonctionnement actuel de ce système, ont orienté nos lectures vers des travaux qui portent d'une part sur les processus

d'adaptation à la rareté des ressources en eau (ie. Rijsberman, 2006; Mehta, 2007; Pereira et al., 2009) et d'autre part sur les notions de la co-gestion des systèmes irrigués (ie. Berkes et al., 2000; Armitage et al., 2008). Cette combinaison de concepts ou ce qu'on a appelé la "co-adaptation" comme l'illustre la figure 2 suppose que les différents acteurs impliqués dans la gestion du système irrigué doivent se mettre d'accord sur des arrangements et que ces arrangements représentent des processus qui évoluent souvent, plutôt que des états stables. Ce concept est inspiré d'une part de la définition de Borrini-Feyerabend et al. (2000) de la co-gestion comme une situation dans laquelle deux ou plusieurs acteurs négocient, identifient et garantissent entre eux une répartition équitable des fonctions de gestion, des droits et des responsabilités d'un territoire donné, une zone, ou un ensemble de ressources naturelles. Par ailleurs, la co-gestion peut être considérée comme un continuum depuis le simple échange d'information jusqu'à un partenariat formel (Pomeroy et Berkes, 1997). D'autre part, on s'est référé aux travaux de Berkes (Berkes et al., 2000; Berkes et al., 2008) qui a argumenté que le comportement des systèmes irrigués face à la surexploitation des ressources naturelles ou les incertitudes qui dominent leurs environnements sont souvent imprédictibles, et que cette complexité a amené à la reconnaissance des limites du mode de gestion centralisé qui doit être remplacé plutôt par une approche de gestion adaptative et flexible aux changements.

Ce concept de co-adaptation a mis en relief les besoins de construction ou d'amélioration des capacités d'adaptation. Cette construction de capacité ne vise pas à résoudre des problèmes spécifiques mais plutôt à développer la capacité de la communauté, de l'administration et des différentes institutions à résoudre leurs propres problèmes. Par ailleurs, l'importance de développer une capacité d'adaptation a été aussi discutée dans plusieurs travaux qui portent sur l'analyse de la pénurie d'eau. D'ailleurs, on cite les travaux d'Ohlsson (2000) et de Turton (1999) parmi les références qui ont mis en relief la relation entre le concept de pénurie et celui de la capacité d'adaptation. Ces auteurs partent du principe que l'adaptation à la pénurie de ressource naturelle considérée comme une pénurie de premier ordre nécessite une mobilisation d'un niveau développé de ressources sociales et que ces ressources peuvent être considérées comme la capacité d'adaptation de la société. Si la société n'a pas de capacité d'adaptation suffisante pour effectuer des arrangements pertinents afin de faire face à la pénurie de ressource, on parle dans ce cas d'une pénurie de second ordre. Il s'agit de l'incapacité de la société de trouver des outils avec lesquels elle peut faire face aux conséquences de la pénurie de premier ordre.

En se posant les questions suivantes : « comment améliorer la capacité d'adaptation des différents acteurs impliqués dans la gestion ? », « comment ces acteurs peuvent faire face à l'incertitude et aux changements ? », on s'est orienté vers les travaux qui ont analysé les différents processus d'apprentissage et qui l'ont introduit comme une condition sine qua none pour améliorer la capacité d'adaptation. Berkes et Folke (1998) ont argumenté que des approches de gestion d'adaptation pertinentes nécessitent dans un premier lieu de construire une compréhension de la ressource et des dynamiques du système, de développer dans un second lieu des pratiques qui interprètent et réagissent aux impacts et de supporter des institutions flexibles et des processus de gestion adaptative. Olsson et al. (2004) ont souligné le besoin d'apprentissage et de développement des connaissances pour faire face à la pénurie d'eau et à l'incertitude qui marquait les systèmes complexes. Par ailleurs, ces auteurs ont argumenté que plusieurs systèmes gérés par des communautés locales ont co-évolué avec les ressources et les dynamiques des systèmes et ont développé des connaissances et des pratiques pour s'adapter à l'incertitude et au changement. L'amélioration de la capacité d'adaptation implique d'engager les différents acteurs dans des plateformes d'apprentissage pour le partage de connaissance et l'apprentissage collectif. Kendrick

(2003) a discuté à son tour le rôle de la cogestion de l'information et des connaissances entre les différents groupes d'acteurs qui portent des perspectives différentes. Ces auteurs ont souligné que la création de plateformes d'apprentissage et d'environnements favorables au partage de connaissance et d'interactions nécessite l'implication des différentes parties prenantes, ce qui justifie la nécessité d'adopter une approche participative jugée comme ayant le potentiel de répondre aux besoins de résolution des problèmes en permettant une construction collective d'un monde commun qui amène à l'émergence d'une représentation partagée de la complexité et les problèmes d'un système donné (Barreteau, 2003; Keen et al., 2005). Dans le domaine de gestion d'eau, ces approches se sont basées souvent sur des outils tels que les jeux de rôles ou la modélisation participative, qui ont fait l'objet de plusieurs études depuis la construction et l'application de ces outils (Bousquet et al., 2002; Dionnet et al., 2008; Désolé et al., 2011) jusqu'à l'évaluation de leurs processus et impacts (Kuper et al., 2009). Vu que le modèle participatif a été reconnu comme le modèle pertinent qui permet de faire face à la complexité de la gestion des systèmes irrigués, son évaluation est nécessaire afin de déterminer ce qui a été achevé par rapport aux modèles 'top down' non participatifs (Brown, 2014). Par ailleurs, il n'existe pas un cadre d'évaluation uniforme sur lequel les évaluateurs se sont mis d'accord. Chaque grille d'analyse porte des objectifs et des moyens de mesures différents (Rowe et Frewer, 2000; Conley et Moote, 2003).

1.3.5. Organisation du manuscrit

Nous avons fait le choix de présenter ce mémoire de thèse sous forme de projets d'articles. Le choix de structurer cette thèse sous forme d'articles a permis de passer un message, dans chaque chapitre, qui s'inscrit dans le cadre de débats autour de la gestion des ressources en eau.

Ainsi, chaque chapitre est structuré sous forme d'une introduction qui présente la problématique et une analyse bibliographique, une partie de matériels et méthodes, une représentation des résultats suivie par leur discussion et une conclusion. Ainsi, six chapitres sont présentés dans cette thèse, sous la forme d'articles, qui sont précédés par une introduction générale et suivis par une conclusion générale (figure 1.3). Le manuscrit est divisé en deux parties.

La première partie est consacrée à évaluer comment mettre en œuvre une démarche d'intervention. Cette partie est composée de quatre chapitres. Dans la deuxième partie, nous avons accompagné une intervention qui vise à améliorer la gestion de l'eau et la coordination entre les différents acteurs dans un périmètre irrigué en Tunisie, et avons procédé à l'évaluation de ses effets. Cette partie repose sur l'analyse réflexive d'une démarche participative qui vise à accompagner les acteurs locaux dans l'élaboration des actions d'amélioration et d'adaptation. Il s'agit d'une confrontation entre un cadre théorique développé dans la première partie et l'application pratique. Elle est constituée de deux chapitres.

Le deuxième et le troisième chapitre sont consacrés à une présentation globale du système. Cette représentation s'appuie sur la décomposition de l'enjeu de la gestion d'eau autour de la dimension physique et historique du système, de l'environnement institutionnel et des modalités de coordination et d'interactions qui existent entre les différents acteurs. L'analyse du système physique a été abordée dans le **deuxième chapitre**. Il s'agit de qualifier la situation actuelle de pénurie d'eau afin de procéder dans le troisième et le quatrième chapitre à analyser les réponses des agriculteurs et des gestionnaires en termes de règles, de mécanismes de coordination et de pratiques de gestion. Ce chapitre est centralisé autour de la question suivante : Est-ce qu'il s'agit d'une pénurie physique absolue ou bien une pénurie induite par les pratiques et les règles qui caractérisent la gestion d'eau. Dans le **troisième chapitre**, l'identification des défaillances en termes de règles existantes et de mécanismes de coordination entre les différents niveaux du système,

permettra de fixer les premières orientations de l'intervention. Ces orientations commencent par l'identification du niveau du système dans lequel la mise en œuvre des actions d'amélioration peut avoir des effets sur la gestion collective du système et sur la capacité des différents acteurs à s'adapter aux problèmes de gestion d'eau existants. Une fois le niveau de l'intervention identifié, une exploration plus détaillée des problèmes et une détection de leurs origines a été engagée à travers les deux chapitres suivants. Dans le **quatrième chapitre**, on a mis l'accent sur les pratiques individuelles des agriculteurs pour faire face à cette situation de pénurie d'eau. Il s'agira d'observer et de suivre la manière dont les agriculteurs s'adaptent à cette pénurie d'eau, et d'interroger l'impact de tels comportements sur la gestion collective du système irrigué. Nous nous sommes interrogés pour savoir si les règles collectives non adaptées au contexte actuel ont amené l'apparition de telles pratiques ou bien si les pratiques développées par les agriculteurs sont à l'origine du dysfonctionnement de la gestion collective. Dans le **chapitre cinq**, une analyse complémentaire a été conduite auprès des agriculteurs afin de déterminer leur perception des problèmes de gestion de leur système et de la qualité du service d'irrigation.

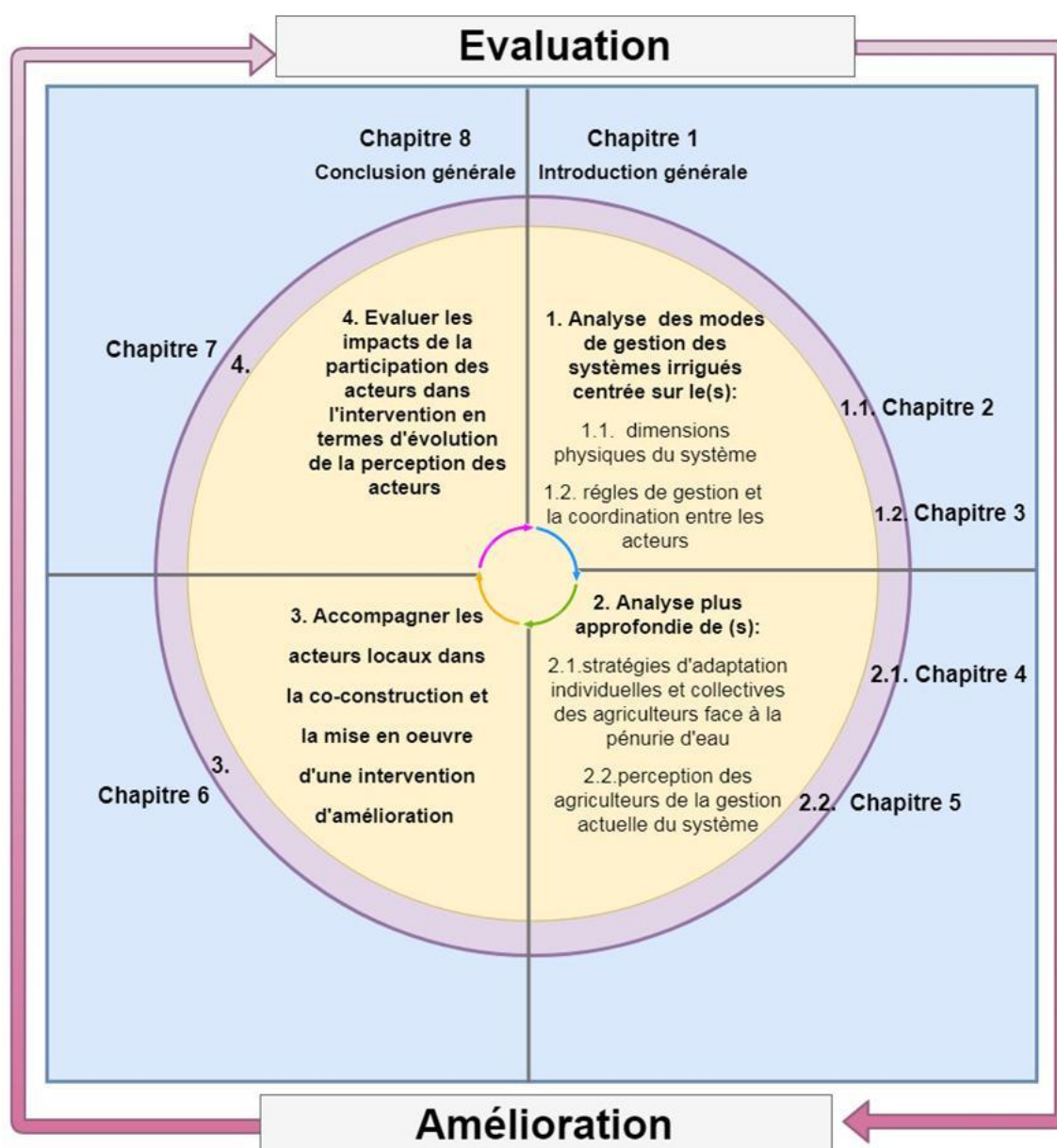


Figure 1.3 : Organisation générale de la thèse

Dans le **sixième chapitre**, nous avons développé un outil pour appuyer le processus de négociation et de concertation entre les acteurs. Il s'agit d'un jeu de rôles qui permet de révéler les impacts des pratiques individuelles sur la gestion collective du système et de tester les effets des différents scénarios d'amélioration de la coordination et des règles collectives. Il a été testé avec les différents acteurs impliqués dans la gestion ou l'usage du réseau collectif d'irrigation, puis son efficacité a été analysée par rapport à sa capacité à mobiliser les acteurs dans l'identification et la planification des actions d'amélioration ainsi que sa capacité à faciliter l'apprentissage collectif et la coordination. Dans le **chapitre 7**, nous avons présenté les résultats du processus participatif basé non seulement sur les sessions du jeu de rôles, mais aussi sur les ateliers multi-acteurs et les sessions de réorganisation des règles de gestion collectives ainsi que de nouvelles modalités mises en œuvre qui ont émergé à travers cette intervention. Afin de mesurer l'efficacité de cette intervention, un processus d'évaluation critique de ses effets a été mis en œuvre.

1.4. Références bibliographiques

- Abric J-C. 1994. Pratiques sociales et représentations. Editions Paris : Presses, pp 31-61.
- Al Atiri R. 2006. Evolution institutionnelle et réglementaire de la gestion de l'eau en tunisie. Vers une participation accrue des usagers de l'eau. L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Nouveaux arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau. Cahors, France.
- Aluwihare P.B. 1991. Irrigation investment trends in Sri Lanka: New construction and beyond. IWMI.
- Armitage D, Berkes F, Dale A, Kocho-Schellenberg E, Patton E. 2011. Co-management and the co-production of knowledge: Learning to adapt in canada's arctic. *Global Environmental Change* **21** (3):995-1004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.006>.
- Armitage D, Marschke M, Plummer R. 2008. Adaptive co-management and the paradox of learning. *Global Environmental Change* **18**(1):86-98.
- Barker R., Molle F. 2002. Perspectives on Asian irrigation. Conference on Asian Irrigation in Transition—Responding to the Challenges Ahead. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Bédoucha G. 1987. 'L'eau, l'amie du puissant'. Une communauté oasienne du Sud tunisien. Éditions des Archives Contemporaines (Collection «Ordres Sociaux»).
- Besbes M , Chahed J., Hamdane A. 2014. Sécurité hydrique de la Tunisie: gérer l'eau en conditions de pénuries.
- Barreteau O. 2003. A role-playing game in irrigated system negotiation: Between play and reality. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **6** (3).
- Below TB, Mutabazi KD, Kirschke D, Franke C, Sieber S, Siebert R, Tscherning K. 2012. Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Global Environmental Change* **22** (1):223-235.
- Berkes F. 1989. Common property resources. Ecology and community-based sustainable development. Belhaven Press with the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Berkes F, Colding J, Folke C. 2008. Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change. Cambridge University Press.
- Berkes F, Folke C. 1998. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience* **1** (4).
- Berkes F, Folke C, Colding J. 2000. Linking social and ecological systems: Management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press.
- Blomquist W, Heikkila T, Schlager E. 2004. Building the agenda for institutional research in water resource management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* **40**, 925-936.
- Borrini-Feyerabend G, Farvar MT, Nguingiri J, Ndangang V. 2000. Environmental management co-management of natural resources organising. *Negotiating and Learning-by-Doing*; Eschborn, IUCN, GTZ.

- Bos MG, Burton MA, Molden D. 2005. Irrigation and drainage performance assessment: Practical guidelines. Cabi Publishing.
- Bos MG, Murray-Rust D, Merrey DJ, Johnson H, Snellen W. 1993. Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management. *Irrig Drainage Syst* **7** (4):231-261.
- Bos MG, Nugteren J. 1974. Irrigation efficiency in small-farm areas.
- Bos MG, Nugteren J. 1990. On irrigation efficiencies. ILRI.
- Bousquet F, Barreteau O, d'Aquino P, Etienne M, Boissau S, Aubert S, Le Page C, Babin D, Castella J-C. 2002. Multi-agent systems and role games: Collective learning processes for ecosystem management. *Complexity and ecosystem management: The theory and practice of multi-agent systems*:248-285.
- Brown J. 2014. Evaluating participatory initiatives in south africa. *Not Just Processes But Outcomes Too* **4** (2). DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/2158244014531966>.
- Bruns B. 2013. Bureaucratic bricolage and adaptive co-management in Indonesian irrigation. *The social life of water*, 255-277.
- Burt C.M, Clemmens A, Bliesner R., Merriam J, Hardy L. 1999. Selection of irrigation methods for agriculture. American Society of Civil Engineers.
- Chambers R. 1989. Managing canal irrigation. Practical analysis from South Asia. Cambridge Studies in Agricultural and Rural Development.
- CNEA. 2007. Etude stratégique sur le « développement durable et agriculture dans les cinq gouvernorats de gabès, sidi bouzid, nabeul, le kef et bizerte.
- Conley A, Moote MA. 2003. Evaluating collaborative natural resource management. *Society & Natural Resources* **16** (5):371-386.
- Cornwall A, Gujit I, Welbourn A. 1993. Acknowledging process: Challenges for agricultural research and extension methodology. Discussion Paper-Institute of Development Studies. University of Sussex (United Kingdom).
- Coward E.W. 1980. Irrigation and agricultural development in Asia: Perspectives from the social sciences. Cornell University Press.
- Davidson D. 1973. On the very idea of a conceptual scheme, in *Proceedings and addresses of the American Philosophical Association*, Ed. JSTOR, pp 5-20.
- Diemer G, Fall B, Huibers F.P, 1991. Promoting a smallholder-centred approach to irrigation: lessons from village irrigation schemes in the Senegal river valley.
- Delarue J, Cochet H. 2011. Proposition méthodologique pour l'évaluation des projets de développement agricole. *L'évaluation systémique d'impact. Économie rurale Agricultures, alimentations, territoires* (323): 36-54.
- Désolé M, Farolfi S, Rio P. 2011. How is water context impacting the results of a role-playing game: An experimental study.
- DGPA. 2014. Rapport annuel des statistiques agricoles en Tunisie.
- Dionnet M, Kuper M, Hammani A, Garin P. 2008. Combining role-playing games and policy simulation exercises: An experience with moroccan smallholder farmers. *Simulation & Gaming* **39** (4):498-514. DOI: [doi:10.1177/1046878107311958](http://dx.doi.org/10.1177/1046878107311958).
- Elloumi M. 2011. Pour une gestion durable des ressources naturelles, les limites du cadre institutionnel tunisien. *Pouvoirs, sociétés et nature au sud de la Méditerranée*, Paris, Karthala, 53-80.
- Elsawah S, Guillaume JHA, Filatova T, Rook J, Jakeman AJ. 2015. A methodology for eliciting, representing, and analysing stakeholder knowledge for decision making on complex socio-ecological systems: From cognitive maps to agent-based models. *Journal of Environmental Management* **151**: 500-516. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.028>.
- FAO. 2003. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. Rapport FAO
- FAO. 2016. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture - changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire en 2016. Rapport FAO:234.
- Fischer F. 2003. Reframing public policy: Discursive politics and deliberative practices. Oxford University Press.

- Garin P, Strosser P, Lamacq S. 1999. Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion? *Économie rurale* **254** (1):12-19.
- Gerrards J. 1994. Irrigation service fees in indonesia: Towards irrigation co-management with water users associations through contributions, voice, accountability, discipline, and plain hard work, in *Proceedings of the International Conference on Irrigation Management Transfer*, Ed, pp 20-24.
- Ghazouani, W., 2009. De l'identification des contraintes environnementales à l'évaluation des performances agronomiques dans un système irrigué collectif. Cas de l'oasis de Fatnassa (Nefzaoua, sud tunisien). Thèse de doctorat. AgroParisTech.
- Ghazouani W, Marlet S, Mekki I, Vidal A. 2009. Déterminants de l'allongement du tour d'eau et de la faible efficience d'irrigation dans l'oasis de fatnassa-nord, nefzaoua, tunisie, in *Actes de l'atelier Sirma « Gestion des ressources naturelles et développement durable des systèmes oasiens du Nefzaoua »*, Ed by S. Marlet IM. Cirad, Douz, Tunisia, p 7 p.
- Geertz C. 1980. Organization of the Balinese subak. *Irrigation and Agricultural Development in Asia: perspectives from the social sciences*, 70-90.
- Giordano M, Samad M, Namara R. 2006. Assessing the outcomes of IWMI's research and interventions on irrigation management transfer. IWMI.
- Goffman E. 1974. *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. Harvard University Press.
- Gonsalves JF. 2005. *Participatory research and development for sustainable agriculture and natural resource management: A sourcebook*. IDRC.
- Haie N, Keller AA. 2012. Macro, meso, and micro-efficiencies in water resources management: A new framework using water balance. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* **48** (2):235-243.
- Hamdane A. 2002. Valeur économique des eaux agricoles. Cas de la Tunisie. *Forum sur la gestion de la demande en eau Beyrouth, Liban*.
- Hassainya J. 1991. Irrigation et développement agricole: L'expérience tunisienne. In : Hassainya J. (ed.). *Irrigation et développement et développement agricole : l'expérience tunisienne*. Montpellier : CIHEAM. Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches, n. 3. 217 p.
- Horton D, Galleno V, Mackay R. 2007. Evaluation, learning and change in research and development organizations: Concepts, experiences, and implications for the cgiar, Ed. *Institutional Learning and Change (ILAC) Initiative*.
- Hunt R.C. 1990. Organizational control over water: the positive identification of a social constraint on farmer participation. *Organizational control over water: the positive identification of a social constraint on farmer participation.*, 141-154.
- Johnson S, Vermillion D, Sagardoy J.1995. Irrigation management transfer: selected papers from the International Conference on irrigation management transfer Wuhan (China) 20-24 Sept 1994. FAO, Roma (Italia) International Irrigation Management Institute, Colombo (Sri Lanka).
- Johnson S, Vermillion D, Svendsen M, Xinyuan W. Xiyang, Z Xuesen M. 1994. Institutional management and performance changes in two irrigation districts: case study from Hebei Province, PR China. International Water Management Institute.
- Jodelet D. 1994. *Les représentations sociales*. Paris, PUF.
- Jollivet M, Pavé A. 1992. The environment: Questions and prospects for research. *Environment* **6**:5-27.
- Jolly G. 2001. La gestion des périmètres irrigués Méthodologie de diagnostic Cas d'un transfert de gestion: les associations d'usagers du périmètre du N'Fis (office du Haouz, Maroc). *Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur la gestion des périmètres irrigués collectifs*. Cirad-Cemagref-IRD, pp. p. 25-45.
- Jones W.I. 1995. *The World Bank and Irrigation*. World Bank Publications.
- Keen M, Brown VA, Dyball R. 2005. *Social learning in environmental management: Towards a sustainable future*. Routledge.
- Kendrick A. 2003. Caribou co-management in northern canada: Fostering multiple ways of knowing. *Navigating social-ecological systems Building resilience for complexity and change*:241-267.

- Kolkman MJ, Kok M, Van der Veen A. 2005. Mental model mapping as a new tool to analyse the use of information in decision-making in integrated water management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **30** (4–5):317-332. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2005.01.002>.
- Kolkman MJ, Van der Veen A, Geurts P. 2007. Controversies in water management: Frames and mental models. *Environmental Impact Assessment Review* **27** (7):685-706.
- Kuper M. 2011. Des destins croisés: Regards sur 30 ans de recherches en grande hydraulique. *Cahiers agricultures* **20** (1-2):16-23.
- Kuper M, Dionnet M, Hammani A, Bekkar Y, Garin P, Bluemling B. 2009. Supporting the shift from state water to community water: Lessons from a social learning approach to designing joint irrigation projects in morocco. *Ecology and Society* **14** (1).
- Lavigne-Delville P, Bouju J, Le Roy E. 2000. Prendre en compte les enjeux fonciers dans une démarche d'aménagement: Stratégies foncières et bas-fonds au sahel.
- Lees S.H. 1986. Coping with bureaucracy: Survival strategies in irrigated agriculture. *American Anthropologist* **88**, 610-622.
- Levine G, Coward EW. 1989. Equity considerations in the modernization of irrigation systems. Overseas Development Institute London.
- Lorite I, Mateos L, Fereres E. 2004. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment. *Irrig Sci* **23**, 77-84.
- Long N. 2004. Actors, interfaces and development intervention: Meanings, purposes and powers. *Development intervention: Actor and activity perspectives*:14-36.
- Mackay R, Horton D. 2003. Expanding the use of impact assessment and evaluation in agricultural research and development. *Agricultural systems* **78** (2):143-165.
- Malano HM, Burton M. 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. Food & Agriculture Org.
- Maredia MK. 2009. Improving the proof: Evolution of and emerging trends in impact assessment methods and approaches in agricultural development. *Intl Food Policy Res Inst*.
- Marzouk Y. 1989. Sociétés rurales et techniques hydrauliques en Afrique. *Études rurales*, 9-36.
- Mehta L. 2001. The manufacture of popular perceptions of scarcity: Dams and water-related narratives in gujarat, india. *World Development* **29** (12):2025-2041.
- Mehta L. 2007. Whose scarcity? Whose property? The case of water in western india. *Land Use Policy* **24** (4):654-663.
- Meinzen-Dick R. 1997. Farmer participation in irrigation—20 years of experience and lessons for the future. *Irrig Drainage Syst* **11**, 103-118.
- Meinzen-Dick R. 2007. Beyond panaceas in water institutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**, 15200-15205.
- Meinzen-Dick R, Raju K.V, Gulati A. 2002. What affects organization and collective action for managing resources? Evidence from canal irrigation systems in India. *World development* **30**, 649-666.
- Molden D, Burton M, Bos M. 2007. Performance assessment, irrigation service delivery and poverty reduction: Benefits of improved system management. *Irrigation and Drainage* **56** (2-3):307-320.
- Mollinga P, Bolding A. 2004. The politics of irrigation reform. Contested policy formulation and implementation in Asia, Africa and Latin America. Ashgate Publishing Ltd.
- Mollinga P.P, Meinzen-Dick R.S, Merrey D.J. 2007. Politics, plurality and problemsheds: A strategic approach for reform of agricultural water resources management. *Development Policy Review* **25**, 699-719.
- Molle F, Ruf T. 1994. Eléments pour une approche systémique du fonctionnement des périmètres irrigués, in SEBILLOTTE. *Recherches-système en agriculture et développement rural, Communications du Symposium International, Montpellier, Ed, pp 21-25*.
- Mouri H, Marlet S. 2006. De l'association d'intérêt collectif au groupement de développement agricole : Le changement institutionnel et son impact sur le fonctionnement des périmètres publics irrigués tunisiens. *L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée Nouveaux arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau, Ed. Cahors, France*.

- Moscovici S. 2003. Des représentations collectives aux représentations sociales : Éléments pour une histoire. Les représentations sociales. Presses Universitaires de France, Paris, p 103.
- Murray Rust D, Snellen W. 1993. Irrigation performance assessment and diagnosis. International Irrigation Management Institute Colombo, Sri Lanka . Research Paper:168.
- Murray Rust D. 1992. Improving irrigation system performance. Workshop on IIMI-India Collaborative Research in Irrigation Management. International Irrigation Management Institute Colombo, Sri Lanka. Research paper: 24.
- Ohlsson L. 2000. Water conflicts and social resource scarcity. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere **25** (3):213-220.
- Olsson P, Folke C, Berkes F. 2004. Adaptive comanagement for building resilience in social-ecological systems. Environmental Management **34** (1):75-90.
- Orne-Gliemann M. 2008. Water users' associations from the users' perspective: Local water management at thabina irrigation scheme, limpopo, south africa. The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa **4** (1):1-29.
- Ortega Reig M.V. 2015. Collective Management of Irrigation in Eastern Spain: Integration of New Technologies and Water Resources. Ph.D. Program in Water and Environmental Engineering. Universitat Politècnica de València (UPV).
- Ostrom E. 1990. Governing the commons: The evolution of institutions for collective action. Cambridge Cambridge University Press.
- Ostrom E. 1991. Crafting institutions for self-governing irrigation systems. Working Paper. Common Property Resource Management Seminar. Institute for Contemporary Studies, San Francisco, CA, US.
- Pahl-Wostl C. 2002. Participative and stakeholder-based policy design, evaluation and modeling processes. Integrated assessment **3** (1):3-14.
- Pahl-Wostl C, J. Sendzimir, P. Jeffrey, J. Aerts, G. Berkamp, Cross K. 2007. Managing change toward adaptive water management through social learning. Ecology and Society **12** (2):30.
- Parent D. 1993. De la ferme familiale à l'entreprise agricole: Les agriculteurs et agricultrices parlent du changement. Communication et organisation (3).
- Pelling M, High C, Dearing J, Smith D. 2008. Shadow spaces for social learning: A relational understanding of adaptive capacity to climate change within organisations. Environment and Planning A **40** (4):867-884. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/a39148>.
- Pereira L.S. 1999. Higher performance through combined improvements in irrigation methods and scheduling: a discussion. Agricultural Water Management **40**, 153-169.
- Pereira LS, Cordery I, Iacovides I. 2009. Coping with water scarcity: Addressing the challenges. Springer Science & Business Media.
- Pereira LS, Cordery I, Iacovides I. 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. Agricultural Water Management **108**:39-51.
- Pomeroy RS, Berkes F. 1997. Two to tango: The role of government in fisheries co-management. Marine policy **21** (5):465-480.
- Poussin J-C, Boivin P, Hammecker C, Maeght J-L. 2002. Riziculture irriguée et évolution des sols dans la vallée du Sénégal, in Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur une Maîtrise des Impacts Environnementaux de l'Irrigation, Ed. Cirad-IRD-Cemgref, p 8 p.
- Poussin J.-C., Imache A, Beji R, Le Grusse P, Benmihoub A. 2008. Exploring regional irrigation water demand using typologies of farms and production units: An example from Tunisia. Agricultural Water Management **95**, 973-983.
- Pratt G. 2001. Practitioners' critical reflections on pra and participation in nepal.
- Pretty JN. 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. World Development **23** (8):1247-1263. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F).
- Rao PS. 2003. Review of selected literature on indicators of irrigation performance. IWMI.
- Rey J. 1996. Apports de la gestion industrielle au management des périmètres irrigués: Comment mieux piloter la production? École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Rey J, Renault D, Lamacq S. 1996. Vision " industrielle " de la gestion de l'eau sur un périmètre irrigué. La Houille Blanche (8):70-74.

- Rhodes, R.A., 1997. Understanding governance: Policy networks, governance, reflexivity and accountability. Open university press.
- Riaux J. 2006. Règles de l'état-règles de la communauté: une gouvernance locale de l'eau. Anthropologie comparée de deux systèmes d'irrigation anciens en contexte d'intervention publique: Vallée des Aït Bou Guemez (Haut Atlas-Maroc), Plaine de Vinça (Pyrénées-France). Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS).
- Ribot J. 2002. La décentralisation démocratique des ressources naturelles: Institutionnaliser la participation populaire. Washington DC: World Resources Institute (Institut des Ressources Mondiales).
- Richard Ferroudji A, Caron P, Jamin J.-Y, Ruf T. 2006. Coordinations hydrauliques et justices sociales. PCSI. Programme Commun Systèmes Irrigués : Séminaire International et Interdisciplinaire : Coordinations Hydrauliques et Justices Sociales. Montpellier.
- Rijsberman FR. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management* **80** (1-3):5-22.
- Roda V, 2006. Transfert de gestion de l'irrigation aux usagers dans les pays du Sud: quelle réalité en 2005? Le point sur la participation des usagers à la gestion de l'irrigation. Synthèse technique. ENGREF.
- Romagny B, Riaux J. 2007. La gestion communautaire de l'eau agricole à l'épreuve des politiques participatives: Regards croisés tunisie/maroc/community-based agricultural water management in the light of participative policies: A cross-cultural look at cases in tunisia and morocco. *Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques* **52** (6):1179-1196.
- Rowe G, Frewer LJ. 2000. Public participation methods: A framework for evaluation. *Science Technology and Human Values* **25** (1):3-29.
- Ruf T. 2001. L'irrigation abordée sous l'angle de la gestion communautaire de biens communs: Cadre conceptuel et méthode d'approche des conflits entre parties prenantes. Atelier du PCSI (Programme Commun Systèmes Irrigués) sur la gestion des périmètres irrigués collectifs. Cirad-Cemagref-IRD :11-24.
- Ruf T. 2004. Introduction: les grands principes de la gestion sociale-concertée de l'eau pour l'agriculture. *Territoires en Mutations*, 7-14.
- Sabatier J-L, Ruf T, Le Goulven P. 1991. Dynamique des systèmes agraires irrigués anciens: Représentations synchroniques et diachroniques. L'exemple d'urcuqui en equateur. *Cahiers de la Recherche-Développement* (29):30-44.
- Sabatier J, Ruf T. 1995. La gestion sociale de l'eau. *Infores' eau*, 9-11.
- Samad M, Vermillion D. 1999. An assessment of the impact of participatory irrigation management in Sri Lanka. *International Journal of Water Resources Development* **15**, 219-240.
- Schon D, Rein M. 1994. *Frame reflection: Resolving intractable policy issues*, Ed. New York: Basic Books.
- Scriven M. 1967. *The methodology of evaluation*. Stake, RE, Curriculum Evaluation, AERA Monograph Series on Curriculum Evaluation, Rand Mc Nally, Vol 1. Chicago
- Seckler D, Molden D, Sakthivadivel R. 2003. The concept of efficiency in water resources management and policy. *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement*:37-51.
- Shackleton S, Campbell BM. 2000. Empowering communities to manage natural resources: Case studies from southern africa, Ed. SADC Wildlife Sector-Natural Resources Management Programme and CSIR. Lilongwe, Malawi.
- Shah T, Raju KV. 2002. Rethinking rehabilitation: Socio-ecology of tanks in rajasthan, north-west india. *Water Policy* **3** (6):521-536.
- Shah T, Van Koppen B, de Lange D.M.M, Samad M, 2002. Institutional alternatives in African smallholder irrigation: Lessons from international experience with irrigation management transfer. IWMI.
- Shah T, 2009. *Taming the anarchy: Groundwater governance in South Asia*. Resources for the future press, Washington, DC.
- Schön D, Rein M. 1996. Frame-critical policy analysis and frame-reflective policy practice. *Knowledge and Policy* **9** (1):85-104. DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/BF02832235>.

- Small LE, Svendsen M. 1990. A framework for assessing irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems* **4** (4):283-312. DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/bf01103710>.
- Suhardiman D. 2008. Bureaucratic designs: The paradox of irrigation management transfer in Indonesia.
- Suhardiman D. 2013. The power to resist: Irrigation management transfer in Indonesia. *Water Alternatives* **6**, 25.
- Svendsen M, Meinzen-Dick R. 1997. Irrigation management institutions in transition: A look back, a look forward. *Irrig Drainage Syst* **11** (2):139-156.
- Swatuk L.A., Rahm D. 2004. Integrating policy, disintegrating practice: water resources management in Botswana. *Physics and chemistry of the Earth, parts A/B/C* **29**, 1357-1364.
- Tapay N.E, Simbahan G, Hammond Murray-Rust D. 1987. Evaluation of communal irrigation system performance in the Philippines: The case of farmer irrigation organization. *Agricultural Administration and Extension* **25**, 127-141.
- Termeer CJ, Dewulf A, Lieshout Mv. 2010. Disentangling scale approaches in governance research: Comparing monocentric, multilevel, and adaptive governance.
- Treyer S. 2001. La planification stratégique à long terme de l'eau en Tunisie. *Revue tiers monde*, 455-474.
- Turrall H. 1995. Recent trends in irrigation management changing directions for the public sector. *Natural Resource Perspectives* **5**.
- Turrall H, Svendsen M, Faures JM. 2010. Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management* **97** (4):551-560.
- Turton AR. 1999. Water scarcity and social adaptive capacity: Towards an understanding of the social dynamics of water demand management in developing countries. in Mewrew occasional paper no 9.
- Venot J-P, Cecchi P. 2011. Valeurs d'usage ou performances techniques: Comment apprécier le rôle des petits barrages en Afrique subsaharienne? *Cahiers Agricultures* **20** (1-2):112-117 (111).
- Venot, J.-P., Andreini, M., Pinkstaff, C.B., 2011. Planning and corrupting water resources development: The case of small reservoirs in Ghana. *Water alternatives* **4**, 399.
- Vermillion DL. 1989. Second approximations: Unplanned farmer contributions to irrigation design. *ODI-IIMI Irrigation Management Network* **89/2C**.
- Vermillion DL. 1991. The turnover and self management of irrigation institutions in developing countries: A discussion paper for a new program of the international irrigation management institute. IWMI.
- Vermillion D.L. 1997. Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence. In: **11**, R.R. (Ed.). *International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka*.
- Vermillion D.L, Sagardoy J. 1995. Irrigation management transfer: Selected papers from the international conference on irrigation management transfer, Wuhan, China, 20-24 September 1994. *Food & Agriculture Org.*
- Wade R. 1988. The management of irrigation systems: How to evoke trust and avoid prisoner's dilemma. *World Development* **16** (4):489-500.
- Weiss CH. 1998. Have we learned anything new about the use of evaluation? *The American Journal of Evaluation* **19** (1):21-33. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1098-2140\(99\)80178-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1098-2140(99)80178-7).
- Wester P, Merrey DJ, De Lange M. 2003. Boundaries of consent: Stakeholder representation in river basin management in Mexico and South Africa. *World Development* **31** (5):797-812.
- Wilkinson J.C. 1977. *Water and tribal settlement in South-East Arabia. A study of the Aflaj of Oman*. Clarendon Press.
- World Bank. 2007. *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Washington, DC.
- Yanow D. 2007. Interpretation in policy analysis: On methods and practice. *Critical Policy Analysis* **1** (1):110-122.
- Yoder R. 1994. *Locally managed irrigation systems: Essential tasks and implications for assistance, management transfer, and turnover programs*. IWMI.

Chapitre 2 : L'état des ressources en eau destinées à la sauvegarde des agrumes dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi : Pénurie réelle ou virtuelle ?

2.1. Introduction

Les problèmes d'approvisionnement et d'accès à l'eau, la dégradation de la qualité des ressources en eau, ainsi que les conflits d'usage des ressources communes représentent quelques indicateurs d'une crise d'eau. La sévérité de ce problème est plus prononcée dans les pays arides et semi-arides où la rareté de l'eau est considérée structurelle et accentuée par les évolutions climatiques. Bordiers de la Méditerranée et du Sahara au climat hyperaride, deux-tiers des territoires des pays du Maghreb sont exposés aux climats semi-aride et aride. Les sécheresses pluriannuelles au Maghreb sont de plus en plus longues et rapprochées dans le temps, et les eaux de surface sont largement dépendantes des fortes variabilités spatiale et temporelle des précipitations. En Tunisie, la disponibilité moyenne en eau de surface qui est de l'ordre de 2700 hm³/an, chute à 2230 hm³/an une année sur deux, et à 1250 hm³/an une année sur dix (Taabni et El Jihad, 2012). En plus, dans ce pays, les systèmes irrigués dépendent en grande partie de l'exploitation des eaux souterraines. Cependant, cette ressource est marquée aujourd'hui par la dégradation de sa qualité. Sa préservation et la régulation de son exploitation est parmi les objectifs stratégiques de la politique de l'eau en Tunisie. Par ailleurs, la promulgation du code des eaux en 1975 a confirmé le caractère domanial de ces ressources et a donné lieu à des décrets de création de zones de protection et de sauvegarde de la nappe dans plusieurs régions (Elloumi, 2016).

Pereira et al. (2009) ont argumenté que la pénurie d'eau peut avoir des origines diverses, elle peut être naturelle ou induite par l'homme, et elle peut correspondre à des régimes différents (permanent ou temporaire). Cependant, elle ne doit pas être confondue avec la sécheresse et l'aridité qui sont des phénomènes purement physiques. L'aridité est un déséquilibre permanent de la disponibilité de l'eau, qui caractérise en général certains climats à faible pluviométrie, tandis que la sécheresse est un déséquilibre temporaire de la disponibilité de l'eau, lié à un déficit de précipitation et caractérisé par sa fréquence incertaine et son occurrence imprédictible et considérée souvent comme une anomalie. A l'inverse la pénurie d'eau est définie comme un phénomène induit par l'homme, qui peut être temporaire ou structurelle. Elle résulte d'une insuffisance quantitative ou qualitative de la ressource hydrique disponible par rapport à la demande (Honegger et Bravard, 2006).

On distingue principalement deux catégories de travaux qui portent sur l'analyse de la pénurie d'eau. La première catégorie représente cette rareté comme un phénomène purement physique lié à un déficit structurel des ressources. Dans ces travaux, c'est davantage l'aspect quantitatif qui est mis en avant, et la pénurie est définie par des indicateurs qui établissent un seuil d'insuffisance ou de tension qui permet de déterminer différents états passés et actuels des ressources hydriques qui vont de l'abondance à la rareté. Ces indicateurs sont principalement définis soit par rapport à une population donnée, tel que le cas du fameux indice de stress hydrique de Falkenmark (Falkenmark et Lundqvist, 1998), qui aborde la pénurie selon le nombre de personnes partageant une certaine quantité d'eau, ou en fonction d'un taux d'exploitation qui compare la disponibilité de l'eau avec la demande effective et qui rapproche ainsi le concept de pénurie au concept économique de rareté relative: "insuffisance de la quantité existante par rapport la quantité demandée" (Margat, 2005). Cette insuffisance peut être aussi de nature qualitative, dans la mesure où la disponibilité de l'eau n'est pas assurée de manière ininterrompue et permanente et ne permettait pas de répondre

régulièrement aux besoins (Appelgren et Klohn, 1999). Alcamo et al. (1997) ont combiné ces deux indicateurs pour analyser la pénurie d'eau à l'échelle de bassins versants et ont construit des scénarios de la situation future de la disponibilité de l'eau. Cependant, les limites des travaux de Falkenmark et d'Alcamo ont été discutées par plusieurs auteurs. Rijsberman (2006) a argumenté que ces indicateurs sont souvent calculés à l'échelle nationale, ce qui cache les disparités régionales et fait abstraction des stress locaux et des différences socio-économiques, et que les infrastructures conditionnant l'accès à l'eau ne sont pas prises en compte. Margat (2005) a indiqué d'autre part que ces indicateurs sont basés sur les ressources renouvelables or la référence aux ressources exploitables serait plus adéquate, et que ces indicateurs ne sont comparables qu'à caractéristiques identiques de climat et d'hydrologie.

La prise de conscience de l'incapacité des approches basées uniquement sur des indicateurs quantitatifs d'appréhender la pénurie d'eau dans sa globalité et d'en comprendre les tenants et les aboutissants (Kauffer, 2006), a amené à une conception différente de ce phénomène, qui met en relief l'influence des facteurs politiques et socio-économiques. Il s'agit d'une deuxième approche explicative qui définit la pénurie d'eau comme un phénomène socialement construit, géographiquement et historiquement situé. Ces travaux rejettent la représentation unidimensionnelle de la pénurie comme un phénomène physique météorologique de déficit de précipitation et optent plutôt pour une vision de la pénurie comme un concept relatif défini par un déséquilibre de la balance des ressources hydriques disponibles et des consommations actuelles (Buchs, 2010). Par ailleurs, Ohlsson (2000) a souligné que le concept de pénurie est déterminé à partir des besoins qui changent, ce qui confère un caractère relatif à la rareté d'eau dans la mesure où ces besoins évoluent au cours du temps. Dans son analyse, Homer-Dixon (1994) a considéré à la fois les caractéristiques des ressources, celles de ses utilisateurs, et les conditions socio-économiques du contexte dans lequel ces ressources sont utilisées. Il a présenté la pénurie comme le produit de trois types d'éléments en interaction. Le premier élément qui correspond à une pénurie induite par l'offre est la diminution de l'approvisionnement en eau qui résulte de la dégradation quantitative et qualitative de ces ressources. Le second qui correspond une pénurie induite par la demande, est la caractéristique de la demande qui est liée à l'activité humaine. Et finalement, les déséquilibres relatifs à la distribution de la richesse qui correspond à une pénurie structurelle. Le cadre théorique d'Ohlsson et Turton (1999) a inspiré plusieurs autres chercheurs dans leur analyse de l'origine multifactorielle de la pénurie (ie. Kauffer, 2006; Wolfe et Brooks, 2003 ; Mehta, 2001). Ce cadre définit deux ordres de pénurie, une pénurie de premier ordre qui fait référence à l'aspect quantitatif de la ressource et une pénurie de second ordre qui rend compte des capacités sociales à s'adapter à une situation de pénurie de la ressource naturelle.

On peut distinguer deux types de travaux qui ont analysé la pénurie comme un phénomène socialement construit. D'une part, la construction traduit l'idée que la pénurie est un phénomène lié au mode d'usage de l'eau et aux règles d'appropriation des ressources (Appelgren et Klohn, 1999; Buchs, 2012). D'autre part, la construction traduit l'idée que la pénurie peut être mobilisée comme un argument, appuyant des objectifs économiques et politiques sans pour autant se traduire en termes physiques (Garcier, 2010; Mehta, 2007). Dans ce même sens, Aguilera-Klink et al. (2000) ont argumenté que la pénurie est en grande partie liée à une représentation simplifiée du phénomène comme un déficit naturel structurel des ressources qui ne peut être résolu qu'à travers des solutions techniques afin de ne pas mettre en question les pratiques et les demandes considérées comme incompressibles.

Afin d'appréhender la complexité de la pénurie d'eau, on ne peut plus se limiter à des approches unidimensionnelles telles que les approches quantitatives qui permettent uniquement de qualifier ce phénomène sans être en mesure de comprendre ses provenances. Une approche explicative qui porte sur la compréhension du phénomène est plus importante que sa caractérisation quantifiée. La profonde complémentarité entre les deux approches fonde la volonté de les combiner afin de qualifier d'une part le déficit des ressources confrontées à une demande croissante, et de comprendre d'autre part l'historique, les modes d'usages de ces ressources et ainsi l'avènement de cette pénurie. Ces deux courants ne sont pas indissociables et établiront une base holistique afin d'appréhender le cas de pénurie d'eau dans les périmètres de sauvegarde sud des agrumes du Cap Bon, et en particulier dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi.

Ainsi dans ce travail on vise à décrypter le phénomène de la pénurie d'eau à travers l'analyse des manifestations concrètes de ce phénomène, tout en considérant que la pénurie physique comprend en réalité une part naturelle due à des variations climatiques ou hydrologiques qu'on peut expliciter à travers une approche quantitative, et une part anthropique due aux modes d'usage d'eau et de répartition des ressources qui nécessite une caractérisation qualitative de la situation. Deux objectifs spécifiques découlent de ce travail:

- La caractérisation de la situation actuelle de pénurie d'eau à travers une évaluation de l'évolution de l'état des ressources en eau et une comparaison entre l'offre et la demande en eau.
- La compréhension de l'entrée du système en crise d'eau à travers une analyse de l'historique de l'usage de l'eau, la répartition des ressources en eau et l'évolution de l'agriculture irriguée dans la zone d'étude.

2.2. Matériels et méthodes

2.2.1. Présentation de la zone d'étude

2.2.1.1. Les périmètres de sauvegarde des agrumes

Les périmètres de sauvegarde sud des agrumes ont été fixés comme des zones de sauvegarde des terres agricoles du gouvernorat de Nabeul selon le décret n° 86-104 du 16 janvier 1986. Ce décret découle de la loi N° 83-87 du 11 novembre 1983 relative à la protection des terres agricoles. Cette loi définit dans son premier article les terres agricoles comme des terres présentant des potentialités physiques et affectées ou pouvant être le support d'une production agricole, forestière ou pastorale ainsi que celles qui sont classés comme telles par les plans d'aménagement dûment approuvés dans les zones urbaines, touristiques ou industrielles. Afin de protéger ces terres, cette loi exige que l'usage de ces terres doive être limité à des fins agricoles ou à des activités liées directement à l'exploitation agricole et que tout changement de leur vocation doit être soumis à l'autorisation préalable du Ministère de l'Agriculture.

La désignation de ces périmètres comme des périmètres de sauvegarde suit en particulier les articles 5, 6 et 7 de cette loi qui désignent les zones de sauvegarde comme des terres dont la vocation agricole doit être protégée en raison de leur impact sur la production agricole nationale. Plus particulièrement pour la zone de sauvegarde sud du Cap Bon, il s'agit des terres : (i) irriguées à partir d'ouvrages hydrauliques réalisés par l'Etat, (ii) à dominante arboriculture fruitière et (iii) présentant des potentialités agricoles importantes notamment en raison de l'existence de nappes d'eau souterraines exploitables.

2.2.1.2. Localisation

Les périmètres de sauvegarde sud des agrumes sont localisés dans le Centre et le Sud-ouest du Cap Bon, ils appartiennent administrativement au Gouvernorat de Nabeul, au Nord-est de la Tunisie (figure 2.1). Ces périmètres ont été créés afin de sauvegarder 4726 ha de plantations d'agrumes affectées par la surexploitation de la nappe. En 2014, seulement la moitié de cette superficie a été irriguée.

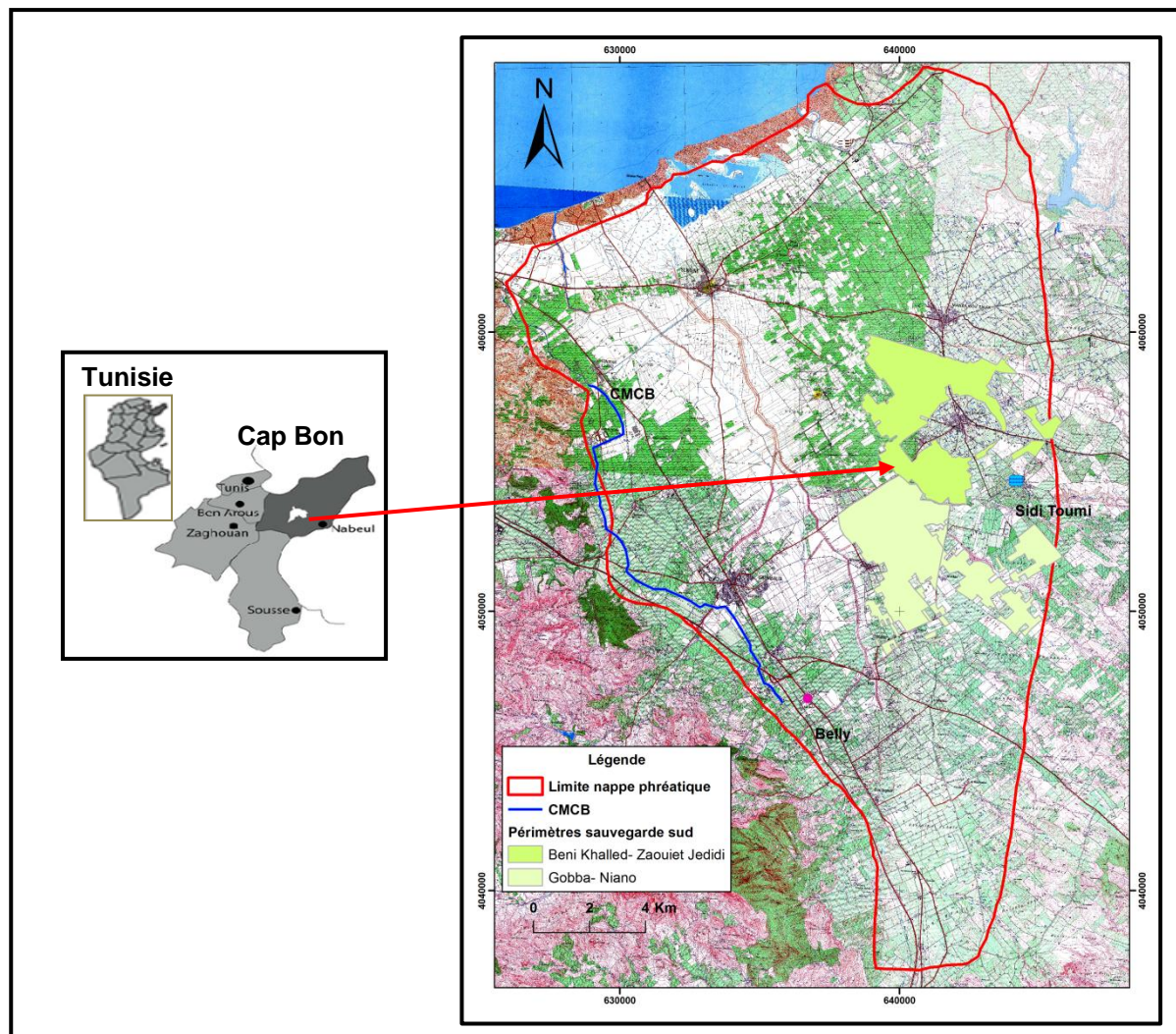


Figure 2.1: Localisation des périmètres de sauvegarde sud du Cap Bon

Le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi est l'un de ces périmètres de sauvegarde sud, il a une superficie équipée de 1042 ha et il permet à 1235 irrigants de bénéficier du réseau collectif d'irrigation. L'association des irrigants appelée actuellement le Groupement de Développement Agricole (GDA) est le gestionnaire actuel de ce système. En 2014, la superficie irriguée est du périmètre est de 675 ha et le nombre d'abonnés au GDA est de 726. Le reste des exploitations sont irriguées à partir de la nappe souterraine. Les bornes non exploitées sont soit des bornes fermées par le GDA dans le cadre de ses mesures de sanction envers les irrigants endettés ou des bornes abandonnées par des irrigants qui préfèrent exploiter la nappe souterraine.

2.2.1.3. Climat

La région est située dans l'étage bioclimatique semi-aride. La température moyenne interannuelle est de 19°C. La moyenne des maxima du mois le plus chaud (août) atteint 26 °C, celle des minima est

de 10 °C en Janvier. Les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest dont la vitesse maximale peut atteindre 30 m/s, mais en général sa moyenne est de l'ordre de 10 m/s. L'évolution de la pluviométrie annuelle enregistrée dans la station de Grombalia durant la période de 1973 à 2014 est illustrée dans la figure 2.2. La pluviométrie moyenne annuelle est de 506 mm et elle est caractérisée par une forte variabilité annuelle.

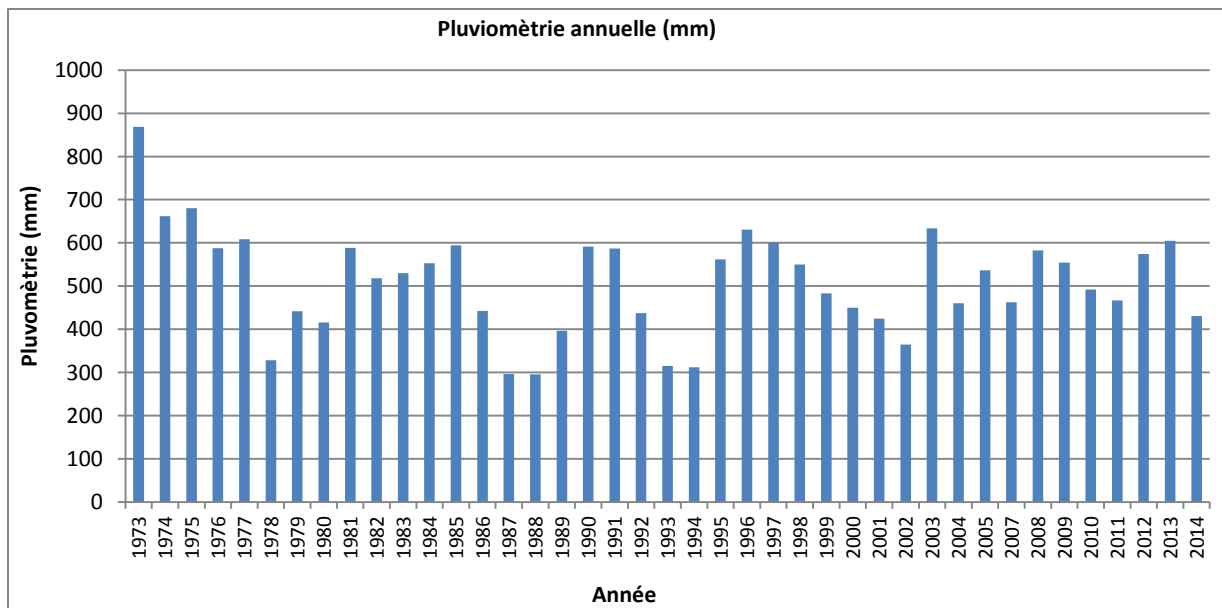


Figure 2.2: Evolution de la pluviométrie annuelle

La figure 2.3, représente pour la période 1984-2014, les variations moyennes mensuelles de la pluviométrie et de l'évapotranspiration de référence calculée suivant la méthode FAO-Penman-Monteith (Allen et al., 1998). Cette figure montre que la saison estivale accuse le déficit climatique (Pluie-ET0) le plus élevée, elle coïncide avec la période de consommation maximale en eau pour les agrumes.

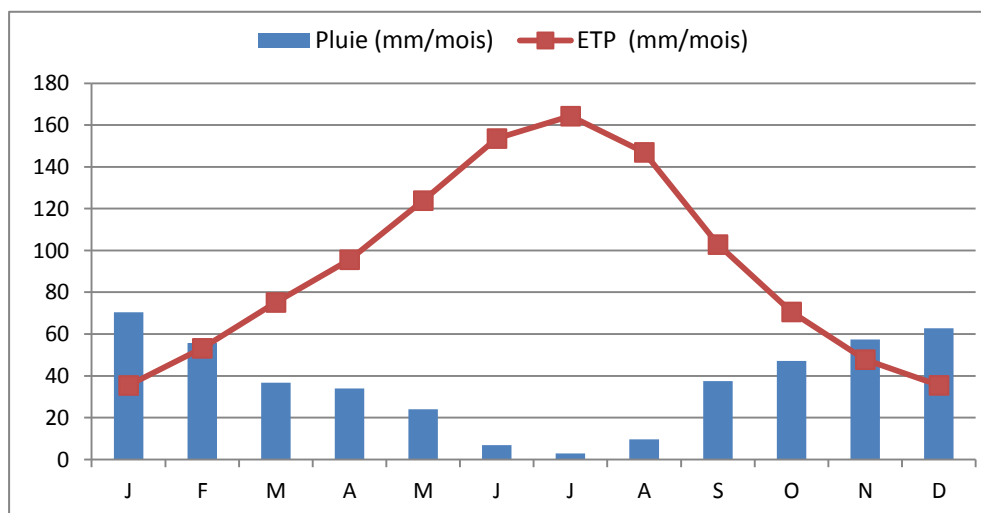


Figure 2.3 : Evolution de la pluviométrie et de l'évapotranspiration moyenne mensuelle

2.2.2. Evolution des structures foncières du Cap Bon

Dans cette partie, on va tracer une image sommaire de l'histoire de la propriété des terres agricoles dans la zone actuelle de sauvegarde sud des agrumes du Cap Bon depuis le 19^{ème} siècle. Dans ses

enquêtes sur les structures des exploitations agricoles en Tunisie, la Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole (2006) a défini l'exploitation agricole comme étant « une unité de production qui est mise en valeur pour le compte d'une personne physique ou morale qui assure la responsabilité technique et financière indépendamment de son statut juridique, de son mode de faire valoir et de sa taille ».

2.2.2.1. Périmètres de sauvegarde sud du Cap Bon précolonial

La première décennie du 19^{ème} siècle a constitué le point de départ de la renaissance économique et agricole en particulier de la zone Sud-Ouest du Cap Bon, principalement à cause de l'afflux des immigrés andalous qui étaient principalement des agriculteurs. Ainsi, Grombalia, Belli, Turki, Nianou et Bni Khalled sont devenus parmi les centres andalous les plus célèbres, où il y a eu un développement intensif de l'oléiculture, de l'arboriculture et de la viticulture (Peyssonnel, 1838). Ce développement qui a attiré l'attention du Bey de Tunis a constitué un point de départ de la main-mise du beylik sur une partie importante de ce territoire agricole. La lourdeur des impôts a facilité la confiscation des terres par le Beylik, en conséquence, la plupart des henchirs du Sud-Ouest du Cap Bon sont devenus des propriétés des habous publics et privés ainsi que des notabilités de Tunis. Ces grands exploitants que Sethom (1977) a qualifié de « propriétaires absentéistes » n'ont engagé aucune forme de mise en valeur directe et ont préféré louer ces terres aux populations locales.

Cette main-mise foncière n'était pas exclusive au Beylik et les dignitaires tunisois, les grandes familles maraboutiques ont su acquérir de bonnes terres agricoles. En effet, de vastes superficies sont formées par des habous de « zaouia » constitués par un ou plusieurs fondateurs au profit de leurs descendants. Le pouvoir de ces familles maraboutiques lui a permis d'échapper à la confiscation de leurs terres par le Bey. Parmi ces célèbres familles, on cite Ouled Jedidi qui ont possédé de grandes terres agricoles de bonne qualité, mais qui n'ont exploité qu'une partie infime de ces terres et ont fondé leur système de production sur un faire-valoir indirect basé sur les contrats khammès (Kassab et al., 2010). Ces vastes domaines sous-exploités apparaîtront à la colonisation comme des terres relativement libres, sur lesquelles elle a tenté de mettre la main, comme les henchirs des propriétaires tunisois (Sethom, 1977).

2.2.2.2. Emprise coloniale sur les terres de sauvegarde sud du Cap Bon

Comme partout dans la Tunisie, l'installation du Protectorat français en 1881 a changé radicalement le contexte politique, économique et social de la région du Cap Bon. La main mise coloniale sur les terres de cette région a été effectuée suivant deux étapes. Au début, elle a pris un caractère privé, sous la forme d'achats spéculatifs par des groupes financiers ou des capitaux privés sans l'intervention directe du gouvernement du Protectorat. Cependant, la colonisation privée a atteint vite ses limites, notamment pour ce qui est de la mise en culture. En 1903, la colonisation officielle a ainsi proposé de substituer aux spéculateurs capitalistes, de véritables colons, français de préférence. Pour ce faire, ils ont dû racheter aux spéculateurs français une partie de leurs domaines mais surtout procéder au lotissement des terres du domaine privé de l'Etat et à la privatisation des habous publics (Elloumi, 2013). Le progrès de la colonisation a été très restreint sur les habous de zaouia, et même nuls dans des habous tel que de Jedidi sérieusement défendus par la majorité des dévolutaires et des portes paroles des habous. Les autorités de la colonisation ne sont pas arrivées à contourner l'obstacle de l'inaliénabilité des terres habous de zaouia (Sethom, 1977) et ont échoué aussi à mettre la main sur la plupart des habous privés. Cette période a été marquée par un développement important de la viticulture dans la région Sud-ouest du Cap Bon.

2.2.2.3. Restructuration profonde des terres de sauvegarde sud du Cap Bon après l'indépendance

L'abolition du régime habous entre les années 1956 et 1957 et la nationalisation des terres coloniales en 1964 ont ouvert une phase de mutation foncière profonde. Suite à la loi de 1956, les habous publics furent versés au domaine public de l'Etat qui a procédé à la vente de ces terres. Les habous privés souvent formés de plantations d'oliviers ont été liquidés en 1957, ce qui a amené à l'élimination des propriétaires tunisois et à leur remplacement par des exploitants locaux (Elloumi, 2013). La liquidation des habous de zaouia a déclenché une concession des terres aux exploitants locaux via l'*enzelet* le *mgharssa*, deux sortes de contrats qui permettent d'aboutir après certaines années à une forme de propriété (Jouili, 2008). Ainsi, la liquidation des immenses habous du Cap Bon a entraîné un remodelage considérable de la propriété foncière dans la région et a ouvert un processus d'appropriation de ces terres par des fellahs exploitants et résidents dans la région, autrefois marginalisés qui n'arrivaient à pratiquer que de la céréaliculture en sec et de l'exploitation pastorale de faibles superficies du Cap Bon. En 1964, l'Etat tunisien a procédé à la nationalisation des terres agricoles détenues par des étrangers, ce qui a amené au renforcement de l'intervention directe de l'Etat par la mise en place de coopératives agricoles. Cependant, la baisse de la production, le mécontentement des propriétaires fonciers et la fin de l'aide des organisations internationales, ont poussé le gouvernement à interrompre cette expérience de coopérative en 1969 et à adopter une orientation plus libérale (Jouili, 2008). Par ailleurs, à partir de 1986, l'Etat a lancé la mise en œuvre du programme d'ajustement structurel assorti d'une politique de désengagement de l'Etat et de libéralisation économique. Cependant, il n'a pas procédé à aucune forme de réformes agraires dans cette zone. Actuellement, la plupart des exploitations dans la zone de sauvegarde sud sont des exploitations privées dont l'économie a été basée initialement sur l'exploitation des puits de surface, mais elle a évolué en intégrant l'exploitation des eaux de surface.

2.2.2.4. Structure foncière actuelle à Zaouiet Jedidi : un morcellement accentué

La structure foncière actuelle du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi est caractérisée par un fort morcellement des exploitations agricoles. La situation est aggravée par l'effet des partages successoraux qui ont généré un nombre élevé de parcelles très dispersées. Pour une superficie de 1042 ha, le périmètre compte en 2014, 1112 exploitations dont 74 % ne dépassant pas la superficie moyenne qui est de l'ordre de 0,8 ha. Vu la complexité de leurs situations, l'Etat n'a pas envisagé d'appliquer une réorganisation foncière dans les périmètres de sauvegarde. Il s'agit d'anciens périmètres qui sont irrigués en général à partir des puits et dont les parcelles font souvent l'objet de problèmes d'héritage successoraux. L'extension urbaine est aussi parmi les principales menaces pesant sur l'agrumiculture dans la zone du Cap Bon. Selon le CNEA (2007), 2000 ha ont été amputés aux périmètres de sauvegarde entre 1997 et 2000. A Zaouiet Jedidi, les superficies longeant la route de Grombalia sont les plus amputés par l'avancement de l'urbanisation.

2.2.3. Développement de l'agrumiculture au Cap Bon

2.2.3.1. Révolution agrumicole

L'essor de l'agrumiculture dans le Cap Bon est un phénomène relativement récent. Les vergers d'agrumes existent depuis l'époque prés-coloniale mais leur production s'écoulait presque exclusivement sur le marché local. Ce n'est qu'après la crise des années 26-34, qui a touché en particulier l'agriculture coloniale basée sur l'exportation des vignes, que l'agrumiculture s'est considérablement développée sur ces terres par les villageois du versant oriental de la plaine de Grombalia aux sols sablonneux. Ce développement que Sethom (1977) a appelé la « révolution

agrumicole » est dû selon lui à l'ouverture du marché français aux agrumes d'Afrique du Nord, qui a amené à un progrès spectaculaires des plantations d'agrumes, cependant, et contrairement à l'Algérie et au Maroc, où la révolution agrumicole a été l'œuvre des colons français, ces nouvelles plantations ont été le fait surtout de propriétaires tunisiens. C'est pourquoi le gouvernement du Protectorat a dû pousser les habous publics et privés à se lancer dans l'agrumiculture. Après l'indépendance, et suite à la liquidation de ces habous, les villageois ont accédé à la grande majorité de la propriété. Kassab (1981) a indiqué que 78,5 % des superficies des vergers d'agrumes de la Tunisie se trouvent au Cap Bon, et que la partie orientale de la plaine de Grombalia (région de Menzel Bouzelfa jusqu'à Bni Khalled) dispose à elle seule de 77,5 % des superficies agrumicoles du Cap Bon qui a connu une progression de 30% par rapports aux superficies plantées d'agrumes en 1962. La mise en culture s'est opérée essentiellement par le biais de contrat de mgharsa où la mise en valeur des terres d'un propriétaire par des travailleurs est effectuée en contrepartie du gain de la moitié de la superficie.

2.2.3.2. Agrumiculture de Zaouiet Jedidi : description et pratiques actuelles

Actuellement, le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi est l'un des périmètres de sauvegarde sud des agrumes, la plupart de ses exploitations sont couverts de plantations d'agrumes, avec une absence quasi-totale d'autres cultures ou même de culture en intercalaire.

Le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi est caractérisée par des potentialités naturelles convenant à l'arboriculture, essentiellement les vergers agrumicoles de variétés différentes tel que les oranges sanguines tardives (Valencia Late), les oranges douces (Meski Ansli, Maltaise demi sanguine), les oranges Navels (Thomson Navel, Navelina), les mandarines (Nova), les citrons (Eureka, Lunari) et les clémentines (Marisol, Caffin). Les agriculteurs de la zone ont su perpétuer leurs traditions agricoles ancestrales en cultivant des variétés telles que la fameuse orange Maltaise demi sanguine dont la Tunisie est le seul producteur et exportateur mondial. L'âge des plantations d'agrumes peut atteindre 100 ans et les jeunes plants sont en général installés en intercalaires ("takhmisse"). L'espace le plus adapté entre les arbres est de 6/6. La salinité maximale que les agrumes peuvent supporter est de 1,8 g/l (FAO, 1985). A cause de la restriction de l'usage de l'eau du CMCB, les agriculteurs sont interdits d'utiliser cette ressource en eau pour irriguer des cultures autres que les agrumes. Ainsi la pratique du maraichage en intercalaire est quasi-inexistante. Cependant, quelques agriculteurs qui ont un accès à l'eau de la nappe ont tendance à planter des cultures telles que les grenadiers qui sont plus résistants à la salinité. Actuellement, la valorisation directe des terres par leurs propriétaires est dominante, la plupart des agriculteurs sont des propriétaires et les petits agriculteurs ont généralement des activités extra-agricoles.

Les principales pratiques pour un cycle cultural commencent par une taille des arbres après la récolte (à partir du mois de mai). Elle est effectuée généralement tous les deux ans par des ouvriers spécialisés, dont la plupart sont des fils d'agriculteurs qui sont formés par le GDA. Elle est suivie par un travail du sol. Il commence par un désherbage (chimique ou mécanique selon les moyens de l'irrigant), suivi par la confection du système d'irrigation (préparation des bassins et cuvettes). Il finit par un apport de fumier qui s'effectue en général chaque deux années avec une fréquence variant de deux à 4 fois durant l'année au printemps et en hivers (depuis septembre jusqu'au mois de Janvier). Le pic d'irrigation est pendant les trois mois de juin, juillet et août. Le réseau collectif est ouvert en général depuis le mois de mai ou juin (selon l'état du réseau), jusqu'à la fin du mois de Novembre (selon la demande des irrigants). Le traitement phytosanitaire est effectué deux fois par an entre les mois de juin et septembre. La plupart des petits agriculteurs, qui estiment que leurs exploitations ne sont plus rentables, n'effectuent aucun traitement. La restriction d'usage de certains types de

pesticides par l'Union Européenne a imposé aux producteurs d'agrumes destinés à l'export de réduire l'usage de ces traitements. La récolte commence depuis le mois de décembre et peut se poursuivre jusqu'au mois de mai selon la variété cultivée et les cours du marché. La commercialisation peut être effectuée à travers des intermédiaires. L'agriculteur peut faire la récolte et négocier par la suite avec l'intermédiaire un prix pour une partie ou pour la totalité de la récolte. L'agriculteur peut aussi procéder à la « vente sur pied », ainsi toute la production d'agrumes est vendue avant la récolte. Un autre circuit de distribution de la production consiste à vendre dans les marchés de gros ou dans des marchés locaux. Les agriculteurs peuvent aussi vendre aux usines de transformation ou à des sociétés d'exportation. Les prix sont décidés par le Groupement Interprofessionnel des Fruits (GIA Fruits).

2.2.4. Ressources en eau des zones de sauvegarde sud du Cap Bon

2.2.4.1. Ressources en eau souterraines: la plaine de Grombalia

Description générale de la nappe de Grombalia

La plaine de Grombalia est localisée au Nord-Est de la Tunisie entre les latitudes 36°75'-36°46' nord et longitudes 10°72'-10°30', elle couvre une superficie totale de 700 km². Elle est limitée au nord par le Golf de Tunis, à l'Est par l'anticlinal de Djebel Abderrahmane, à l'Ouest par Djebel Halloufa et au Sud par Djebel Reba El Ain. Le système aquifère de la plaine de Grombalia est en effet un système complexe d'empilement d'aquifères: une nappe phréatique, une nappe semi-profonde et une nappe profonde, exploitées jusqu'à 40m, 60m et 200 m respectivement (Ennabli, 1980). Ces aquifères sont constitués de sable du quaternaire sont interconnectées.

Par ailleurs, le réservoir plio-quaternaire de la plaine de Grombalia contient une nappe phréatique à faible profondeur, facile à exploiter par les puits traditionnels. Contrairement à d'autres réservoirs gréseux et sableux au Centre et du Nord du Cap Bon difficilement accessibles, et dont l'exploitation n'a commencé qu'à travers l'intervention de l'Etat, l'exploitation intensive de la nappe phréatique de Grombalia, essentiellement pour irriguer la région Sud-ouest du Cap Bon a commencé depuis très longtemps (Sethom, 1977). L'alimentation de la nappe en amont est assurée par le réseau hydrographique constitué d'oueds principaux (ie. oued El Bey, oued Bezirk) et d'oueds secondaires (ie. oued El Maleh) et qui jouent aussi le rôle de drainage de la nappe en aval (Tlili-Zrelli et al, 2012). La figure 2.4 illustre la limite de la nappe de Grombalia et le réseau hydrographique.

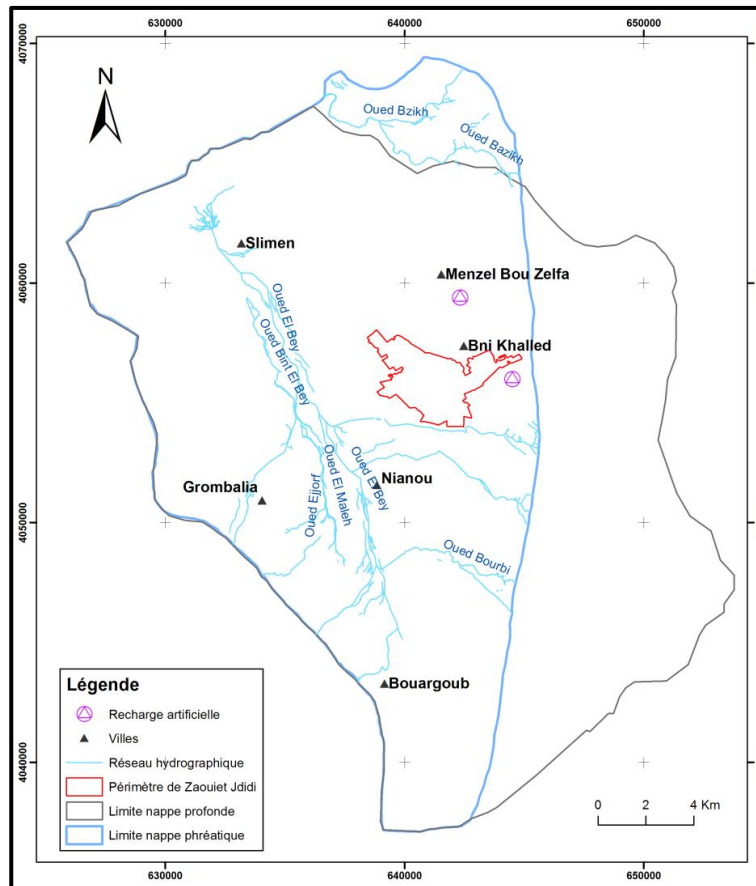


Figure 2.4: Limite des nappes phréatique et profonde de la plaine de Grombalia

Historique de l'évolution de la nappe de Grombalia

Les premiers travaux qui ont étudié l'état de la nappe de Grombalia datent des années 1938 et ils ont été publiés à travers les rapports d'Ennabli (1970 ; 1980). Ces rapports constituent jusqu'à aujourd'hui les références principales sur l'état de la nappe durant les années 60-80. Ces travaux se sont intéressés au suivi de la nappe phréatique, qui a été la plus sollicitée pour l'irrigation, contrairement à la nappe profonde qui jusqu'à 1985 un faible taux d'exploitation.

Cet auteur a décrit l'état de la nappe phréatique essentiellement durant deux périodes : (i) avant l'année 1959 : c'est une période pendant laquelle la nappe n'est pas encore surexploitée malgré le fait qu'elle soit fortement sollicitée pour l'irrigation et (ii) après l'année 1959 : c'est une période pendant laquelle la nappe est devenue surexploitée. Au cours de la période 1938-1948, la nappe de Grombalia a connu une baisse importante de son niveau, en particulier dans la zone de Menzel Bouzelfa et Bni Khalled, à cause du pompage intensif durant dix années de pluviométrie déficiente. La décennie humide de 1949-1959 au contraire apparaît comme une période de réalimentation de la nappe, avec une remontée de 4 à 5 m. Cependant, à partir de l'année 1959, Ennabli (1970) a déclaré que la nappe est déjà surexploitée et il a mis en évidence une dégradation, par zones, de la qualité de l'eau et une baisse générale du niveau de l'eau. A partir de 1959 et jusqu'à 1969, la vitesse de la baisse du niveau piézométrique est assez spectaculaire. Durant cette décennie marquée par une intensification des pompages et un nouveau déficit pluviométrique, il y a eu une chute de niveau de la nappe de 9 m à Grombalia, 6,5 m à Menzel Bouzelfa, 6 m à Slimen, 5,5 m à Turki-Belli et Bou Argoub et de 5 m à Bni Khalled. Cette baisse de la nappe a été accentuée par l'assainissement de la plaine de Grombalia et le recalibrage des oueds El Bey et El Soltane qui ont supprimé la recharge naturelle de la nappe et ont engendré une baisse du niveau de base, donc en conséquence une baisse du niveau de la nappe. L'intensification des pompages est due à la généralisation de la

modernisation des moyens de pompages dans la plaine de Grombalia. Ennabli (1970) a conclu que la surexploitation de la nappe est telle que l'on peut plus parler de nappe, mais « d'un réservoir qui se vide ». Sethom (1977) a conclu que la surexploitation de la nappe phréatique est évidente et a estimé que la consommation totale de l'agriculture irriguée de la plaine de Grombalia est d'environ 50 millions de m³/an, dont la quasi-totalité provient des eaux souterraines dont la capacité de recharge annuelle en 1966 est de l'ordre de 30 millions m³/an, tandis que les eaux des barrages fournissent moins de 4 millions de m³/an. Face à la croissance continue des besoins de l'agriculture irriguée, l'exploitation de la nappe a démarré la seule solution pour conserver les vergers d'agrumes jusqu'à la construction du Canal de Medjerda Cap Bon.

A partir de 1985, la baisse continue du niveau piézométrique a amené plusieurs agriculteurs à l'approfondissement de leurs puits afin de capter les eaux profondes de l'aquifère. Par ailleurs, le taux d'exploitation de la nappe profonde a passé de 23% en 1990 à 104 % en 1995 (El Heni, 2007). Ce taux a atteint 130 % en 2005 avant d'atteindre une valeur de 199 % en 2010 (DGRE, 2005 ; 2010). Le suivi de l'état de la nappe phréatique a fait l'objet de plusieurs publications (ie. Sebei et al., 2004; Moussa et al., 2010; Tlili-Zrelli et al., 2013) qui ont tous validé l'état surexploité de la nappe phréatique, la continuité de la chute du niveau piézométrique ainsi qu'une grande variabilité spatiale et temporelle de la salinité qui dépasse dans la zone d'étude le seuil acceptable par les agrumes de 1,8 g/l (FAO, 1985).

2.2.4.2. Ressources en eau de surface

La production d'agrumes du Cap Bon est à l'origine tributaire de l'irrigation à partir des eaux souterraines. A cause de l'apparition des signes de surexploitation de la nappe, le barrage Bézirk de capacité de 6 millions m³/an a été construit en 1959 afin d'approvisionner la région de Menzel Bouzelfa et le barrage de Masri de capacité de 5,9 millions m³/an a été construit en 1969 afin de renforcer le potentiel hydrique de la zone de sauvegarde sud des agrumes. Les périmètres irrigués aménagés à partir de cette date, étaient gérés par l'administration. A cause de la capacité limitée de ces barrages et la dégradation continue des eaux souterraines, le canal de Medjerda Cap a été construit en 1984, reléguant ainsi le barrage de Masri pour l'alimentation en eau potable. La capacité actuelle de Barrage Bzirkh est de 3,75 millions m³/an alors que la capacité de barrage Masri est de 2,75 millions m³/an (SERI, 2013).

Dans ce travail, on va présenter tout d'abord le système d'alimentation en eau de surface de la région du Cap Bon. On va mettre l'accent par la suite sur le système d'alimentation en eau de la zone de sauvegarde sud des agrumes et ses extensions irrigués à partir de la station de pompage Belly.

Présentation globale du système d'allocation et de distribution de l'eau à partir de Canal Medjerda Cap Bon

Le canal Medjerda Cap Bon, d'une longueur de 120 km, fait partie du Plan Directeur des Eaux du Nord qui assure le transfert des eaux stockées vers les régions déficitaires en eaux pour assurer l'équilibre entre le Nord, le Centre et le Sud de la Tunisie. Le Canal reçoit son alimentation en eau d'une manière directe à partir du barrage Laaroussia et indirectement à partir d'autres barrages du nord et du nord-ouest de la Tunisie, en particulier le barrage de Sejnane et Joumine. A partir des prises aménagées tout le long de son trajet, il assure l'approvisionnement en eau potable de la ville de Tunis, du Cap Bon, du Sahel et de Sfax. Il alimente également les périmètres irrigués de Mghira, de Mornag et du Cap Bon (figure 2.5).

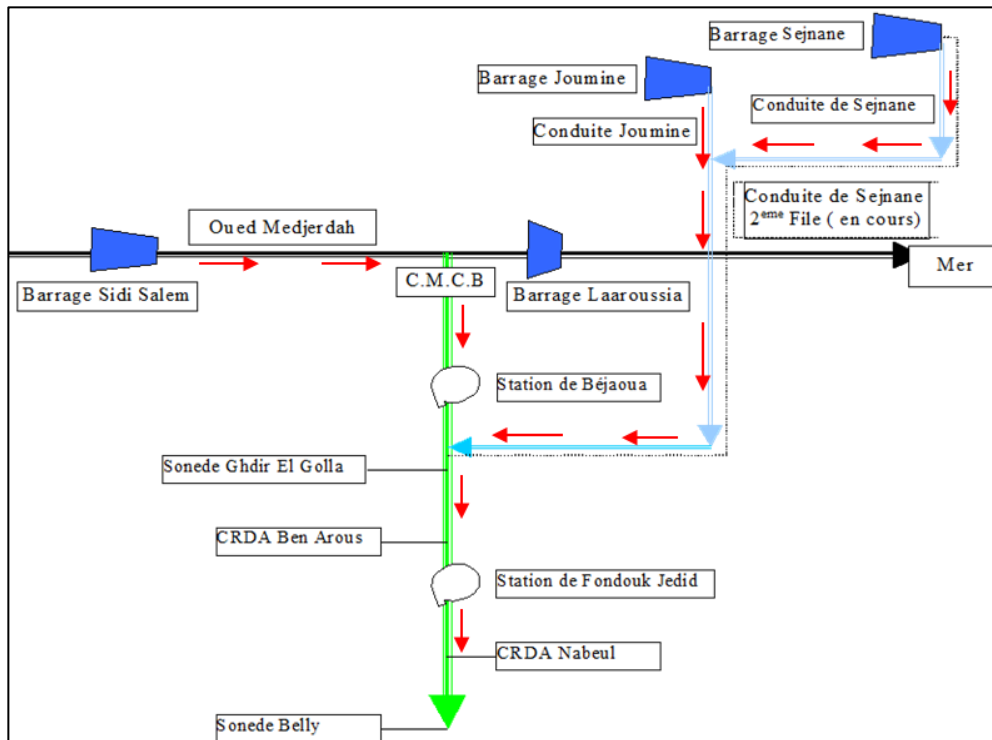


Figure 2.5: Localisation du Canal Medjerda Cap Bon dans le Plan Directeur des Eaux du Nord

Ce canal dont le point de départ est le barrage Laaroussia, se termine à Belly en traversant des régions à topographie très variable. Le barrage Laaroussia est d'une capacité de 2 millions de m^3 , il est géré par la SECADENORD et il sert de dérivé aux écoulements d'étiage de la Medjerda et de Sidi Salem vers le Cap Bon et la basse vallée. L'eau qui circule d'une manière gravitaire à partir de ce barrage, est refoulée par la station de pompage de Béjaoua. Cette station qui est localisée en amont du CMCB a un débit total est de $12 m^3/s$ et une hauteur de refoulement est de 16 m. La salinité des eaux qui viennent du barrage de Sidi Salem et d'oued Medjerda dépasse la valeur de 1,5 g/l, ce qui nécessite un mélange en aval de la station de Béjaoua. Ainsi les eaux du barrage de Sidi Salem sont mélangées avec les eaux du barrage de Joumine et de Sejnane qui ont une salinité qui ne dépasse pas 0,4 g/l et qui sont transférées à travers les deux conduites de Joumine-Sejnane et de Sejnane-Medjerda. Le CMCB assure par la suite le transfert de l'eau à la SONEDE Ghdir El Golla et au CRDA de Ben Arous. L'eau est par la suite refoulée à travers la station de Foundek Jedide qui se trouve dans la partie aval du canal. Cette station a un débit total de $8 m^3/s$ et une hauteur de refoulement de 32 m. En aval du CMCB, l'eau est distribuée au CRDA de Nabeul et à la SONEDE Belly.

Le système d'alimentation des périmètres du Cap Bon consiste dans la partie aval du canal (après les prises de Morneg) et qui est illustrée dans la figure 2.6. Ce tronçon sert à alimenter le CRDA de Nabeul en eau d'irrigation (à travers 6 prises d'irrigation) et la SONEDE qui assure le transfert de l'eau potable (à travers une prise à la fin du canal) vers le Cap Bon, le Sahel et Sfax. La superficie totale de la région du Cap Bon irriguée à partir du CMCB est de 18920 ha.

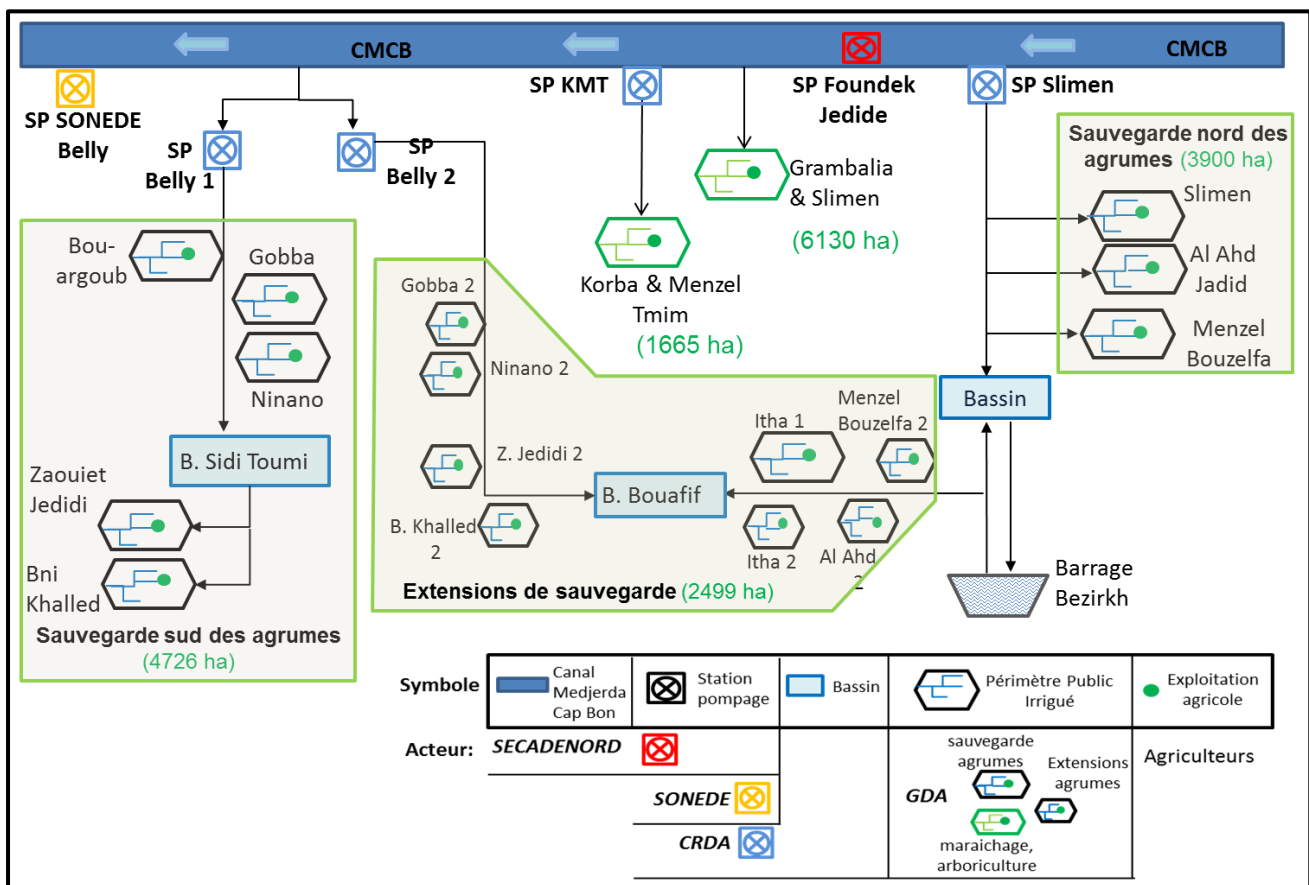


Figure 2.6: Réseau d'alimentation et de distribution de l'eau du canal transférant les eaux du nord au Cap Bon

Cette présentation globale du système permet de distinguer principalement trois zones d'irrigation alimentées à partir du canal : (1) Les périmètres de Grombalia-Slimen dont la superficie équipée est de 6130 ha et occupés par de l'arboriculture fruitière, du maraichage et des grandes cultures ; (2) les périmètres de Korba Menzel Tmim (KMT) de 1665 ha couverts maraichage et de fraises et (3) Les périmètres de sauvegarde des agrumes dont la superficie équipée est de 11125 ha et qui sont alimentés à partir des stations de pompage de Slimen (sauvegarde nord) et Belly 1 et 2 (sauvegarde sud).

Initialement, le débit d'équipement total prévu de ce tronçon est de 8,83 m³/s dont un débit de 2,35 m³/s est supposé être prélevé par la SONEDE pour l'approvisionnement seulement de la région du Cap Bon, alors que l'irrigation bénéficie d'un débit prévu de 6,48 m³/s. Le PDEN a prévu des prélèvements du canal d'une manière continue, ce qui ne coïncide pas avec les variations des besoins en eau d'irrigation surtout durant les mois de pointe (juin, juillet et aout).

Depuis la mise en eau du canal, il y a eu une augmentation progressive de la quantité d'eau prélevée à partir du CMCB, partant de 1,46 m³/s en 1984 pour atteindre presque sa capacité maximale de 8,27 m³/s en 2013, ceci est dû à l'augmentation des quantités allouées à l'irrigation et à l'eau potable. Les progressions constantes de l'urbanisation, de l'industrialisation et du tourisme expliquent le développement des quantités d'eau pompées par la SONEDE. D'autre part, l'augmentation de la demande en eau d'irrigation est essentiellement due d'une part à la création d'extension de sauvegarde des périmètres d'agrumes de Slimen, Menzel Bouzelfa et Bni Khaled en 2005 dont la superficie totale équipée est de 2635 ha, et d'autre part à l'évolution des superficies irriguées à partir du canal dans la zone aménagée du périmètre. Il s'agit de superficies initialement équipées, mais leurs exploitants n'ont pas utilisé le réseau collectif d'irrigation. Pour les périmètres de sauvegarde sud des agrumes, ces superficies ont évolué de 2347 ha en 2000 à 3032 ha en 2013.

La pointe d'alimentation en eau potable qui se présente aux mois de juin, juillet et août coïncident avec le pic d'irrigation qui se manifeste également aux mêmes mois. En 2013, les prélèvements du mois de pointe sont de l'ordre de 14 % des prélèvements totaux répartis comme suit : 11% des prélèvements annuels de la SONEDE et 20% des prélèvements annuels d'irrigation (SERI, 2013).

Présentation des périmètres de sauvegarde sud alimentés à partir du Canal de Medjerda Cap Bon

La figure ci-dessous illustre le système de sauvegarde sud des agrumes alimenté à partir de la station de pompage de Belly 1 ainsi que leurs extensions alimentées à partir de Belly 2.

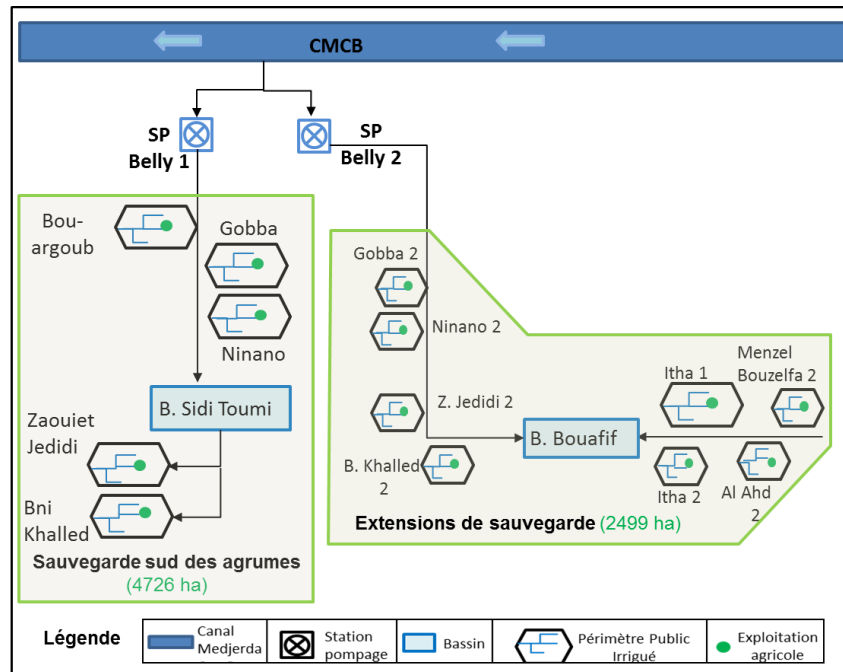


Figure 2.7. Réseau d'alimentation des périmètres de sauvegarde sud des agrumes

Le débit d'équipement prévu à la station de pompage de Belly est de $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$. La station de Belly 1 a été créée en 1984 afin de desservir cinq périmètres de sauvegarde des agrumes avec un débit d'équipement de $1,65 \text{ m}^3/\text{s}$, permettant de pourvoir un volume journalier de 118800 m^3 . L'eau pompée à travers la station est partagée en amont entre trois périmètres Bouargoub, Ninaou et Gobba. Elle passe par la suite par le bassin de régulation de Sidi Toumi 1 de capacité de 4500 m^3 qui permet d'allouer l'eau gravitairement aux périmètres de Zaouiet Jedidi et Bni Khalled qui se trouvent en aval de ce système. La superficie totale équipée irriguée à partir de Belly 1 est de 4726 ha . En 2014, seulement la moitié de cette superficie a été irriguée (2411 ha).

En 2005, dans le cadre du projet d'extension des périmètres de sauvegarde des agrumes, une deuxième station Belly 2 a été construite ainsi qu'un deuxième bassin Sidi Toumi 2 d'une capacité de 10000 m^3 . Cette station, de débit d'équipement de $1,15 \text{ m}^3/\text{s}$, permet de pourvoir un volume journalier de 84240 m^3 . Elle permet d'alimenter les extensions de sauvegarde des agrumes : Ninanou 2, Gobba2, Zaouiet Jedidi 2, Bni Khalled 2 et Menzel Bouzelfa 2. La superficie totale équipée pouvant être desservie à partir de Belly 2 est de 2499 ha , mais seulement 1705 ha étaient irrigués en 2014.

2.2.5. Approche méthodologique

Cette étude est basée sur une analyse des origines de la pénurie d'eau dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi. Cette analyse a été menée dans le but de répondre aux questions suivantes : (i) est-ce que la pénurie d'eau à Zaouiet Jedidi est un phénomène de nature physique lié uniquement à un déficit de ressources ou c'est un phénomène aussi social dû essentiellement aux modes d'usage de l'eau? (ii) est-ce que les modes de gestion de l'eau, spécifiques au périmètre de Zaouiet Jedidi, qui

sont à l'origine de cette pénurie d'eau (si on valide que la pénurie d'eau n'est pas simplement de nature physique) ou est-ce que les modes de gestion des ressources en eau en amont de ce système jouent un rôle dans le déséquilibre actuel ?

Ainsi notre approche repose sur trois principes :

- Prendre en compte de la dimension historique des modes de gestion des ressources en eau afin d'appréhender les facteurs et les événements qui expliquent leur évolution.
- Situer la gestion de l'eau de surface dans une vision plus intégrée du cycle d'eau. Les périmètres de sauvegarde sud des agrumes, en particulier le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi sont alimentés principalement à partir de deux sources d'eau: le Canal de Medjerda Cap Bon et la nappe souterraine de Grombalia. En 2010, le volume annuel alloué par le CMCB pour l'irrigation est de l'ordre de 85,9 millions de m³, soit 4540 m³/ha. En même temps, le volume pompé à partir de la nappe de Grombalia est de l'ordre de 104,6 millions m³/an, soit une moyenne de 6062 m³/ha. Dans un tel contexte d'utilisation conjuguée de l'eau de surface et de l'eau souterraine, appréhender les origines du déficit des ressources en eau nécessite d'analyser non seulement la disponibilité des ressources en eau de surface mais aussi des ressources en eau souterraines.
- Comprendre les origines de la pénurie d'eau au niveau global du système ainsi qu'au niveau spécifique du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi.

2.2.5.1. Evolution des modes de gestion des ressources en eau

Cette analyse repose sur des entretiens semi-directifs effectués avec différents acteurs : les agriculteurs, l'équipe technique du GDA et les gestionnaires des périmètres publics irrigués du CRDA de Nabeul. Ces entretiens ont été amenés dans le but de décrypter l'évolution des règles de gestion de l'eau en fonction des différents changements physique et institutionnels qui ont marqué ce système.

2.2.5.2. Collecte et analyse des données sur les eaux souterraines

Le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi bénéficie des ressources en eau souterraines qui consistent dans les eaux de la nappe de Grombalia. Par ailleurs, cette nappe est aussi sollicitée par d'autres périmètres tels que les périmètres de Grombalia-Slimen. Les données relatives à l'évolution de l'exploitation de cette nappe qui sont collectées auprès de la DGRE, ne permettent pas de déterminer cette exploitation au niveau du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, elles sont d'un ordre plus général qui porte sur toute la nappe. De même pour les données relatives à la détermination de l'évolution de la salinité et le niveau piézométrique. Il n'existe qu'un seul puits qui appartient au réseau de suivi de la DGRE et qui se trouve dans la limite du périmètre de Zaouiet Jedidi. En conséquence, on a opté pour une analyse globale de la nappe de Grombalia.

L'évolution de l'exploitation de la nappe phréatique de Grombalia de 1980 jusqu'à 2010. L'analyse de cette évolution a été effectuée en considérant l'évolution de certains facteurs tels que l'évolution durant la même période de la pluviométrie moyenne annuelle de la station de Grombalia, l'évolution du volume pompé par la SONEDE collecté auprès de la SECADENORD et certains événements marquants tel que la construction de Canal Medjerda Cap Bon. D'autre part, l'évolution de la piézométrie et de la salinité de la nappe de 2003 jusqu'à 2013 a été déterminée à partir des mesures effectuées par le service des ressources du CRDA au niveau d'un réseau de suivi de la nappe phréatique constitué de 56 puits de surface et 11 piézomètres localisés dans la plaine de Grombalia. Les données de la salinité ont été soumises à l'application d'une analyse géostatistique Krigeage dans le but de dresser des cartes de distribution spatiale de la salinité pour trois situations, celles des années 2003, 2008 et 2013. Le Krigeage permet l'interpolation spatiale entre les lieux de prélèvement

des échantillons, qui permet d'exploiter la corrélation spatiale entre des observations voisines dans l'espace pour prédire la salinité des zones non échantillonnées. Cette interpolation a été effectuée avec Spatial Analyst d'ArcMap (version 9.2).

Afin de conduire une analyse plus fine de l'état de la nappe dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, on a effectué des mesures de salinité au niveau de 22 puits de surface localisés dans six quartiers du périmètre (en amont et en aval du système irrigué), durant la période de juin jusqu'à août 2014. La figure suivante (figure 2.8) illustre le réseau de surveillance (les points de mesure fonctionnels actuellement) de la nappe de Grombalia, ainsi que la localisation des échantillons qu'on a effectué au niveau du périmètre de Zaouiet Jedidi.

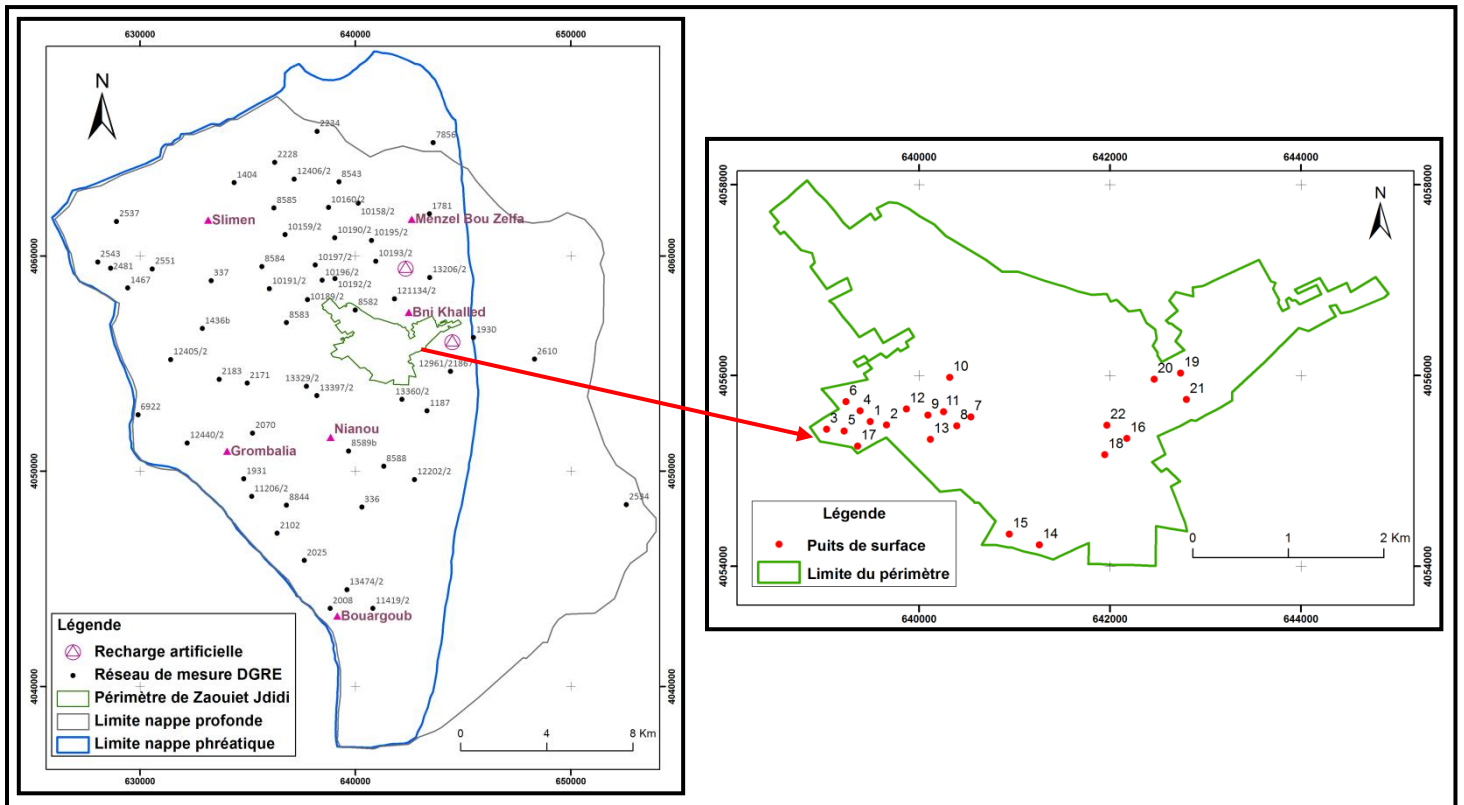


Figure 2.8: Localisation du réseau de suivi de la DGRE et des points d'échantillonnage dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi

2.2.5.3. Collecte et analyse données sur les eaux de surfaces allouées par le Canal de Medjerda Cap Bon

La qualification de l'offre en eau de surface a été effectuée en trois étapes. Il s'agit tout d'abord de qualifier l'offre en eau globale à partir du CMCB aux périmètres irrigués du Cap Bon avant de passer à une deuxième étape qui consiste à déterminer l'offre en eau au périmètres de sauvegarde sud des agrumes qui sont irrigués à partir de la station de Belly 1. A la fin, on a déterminé les volumes d'eau alloués à partir de Belly 1 uniquement au périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi.

Ainsi, la première étape consiste à qualifier l'évolution des débits annuels pompés à partir de la station de pompage de Foundek Jedide au niveau du Canal Medjerda Cap Bon et leurs distributions entre les différents usages (eau potable, irrigation) durant la période de 1984 jusqu'à 2013. Ces débits ont été calculés à partir des volumes mesurés par les débitmètres de la SECADENORD et comparés aux débits initiaux prévus par le projet. L'accent a été mis par la suite sur la distribution

des volumes entre la SONEDE et chacun des périmètres irrigués durant les trois mois de pointe de l'été.

La deuxième étape porte sur la qualification de l'offre en eau totale et moyenne à partir de la station de pompage de Belly 1. Deux sources de données ont été mobilisées pour cette analyse : (i) la qualification de l'offre en eau totale a été effectuée à partir des volumes d'eau pompés par la station de Belly 1 dont l'estimation est basée sur le débit théorique de la pompe et le nombre d'heures de fonctionnement depuis l'année 2012 jusqu'à 2014 ; (ii) la qualification de l'offre en eau moyenne a été réalisée à partir des volumes facturés par les GDA entre 2009 et 2014 et qui sont basés sur le comptage des consommations des agriculteurs au niveau de chaque parcelle.

Au final, on a analysé les volumes d'eau alloués au périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi. Par ailleurs, on a opté pour la mesure des débits moyens au niveau des bornes d'irrigation durant les trois mois de pointe de l'année 2014 au niveau de six quartiers du périmètres (en amont et en aval du système irrigué). On a dressé aussi une carte de distribution spatiale des techniques d'irrigation dans ce périmètre en se basant sur des données collectées auprès du GDA de Zaouiet Jedidi.

Les besoins en eau bruts des trois mois de pointe de l'été de l'année 2013 des périmètres de Grombalia et de Korba-Menzel Tmime (KMT) sont obtenus du CRDA de Nabeul. Les besoins en eau bruts en 2013 des périmètres de sauvegarde des agrumes sont calculés à partir des besoins en eau nets qui sont basés sur l'évapotranspiration mensuelle des cultures et de la pluviométrie collectées auprès de la DGRE. On a considéré une efficacité globale du système d'irrigation de 0,7 (SERI, 2013). On a tracé à la fin l'évolution des besoins en eau nets du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi depuis 2009 jusqu'à 2014 en mettant l'accent sur la période de pointe (juin, juillet et août) et la période d'arrière-saison (de septembre jusqu'à décembre).

2.3. Résultats

On a présenté d'abord l'évolution des modes de gestion du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi selon l'évolution des ressources en eau et les événements marquants qui ont eu lieu. Ensuite, on a analysé l'évolution de l'offre en eau souterraine et de surface, qu'on a comparé par la suite aux besoins actuels.

2.3.1. Evolution des règles de gestion des ressources en eau de surface

Nous présentons ici quelques événements marquants qui illustrent l'évolution des règles de gestion des périmètres de sauvegarde sud des agrumes, et en particulier du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, selon l'évolution du contexte physique telle que l'évolution de l'offre et la demande en eau et du contexte institutionnel tel que le transfert de la gestion aux associations des irrigants (figure 2.9). Les périmètres de sauvegarde sud irrigués initialement à partir des puits de surface de la nappe de Grombalia, ont bénéficié à partir de 1969 d'une irrigation complémentaire à partir de barrage Masri. Ces périmètres aménagés à partir de cette date et dont les limites sont fixées par le décret du 8 mai 1969, étaient gérés par l'administration. Ainsi, le périmètre irrigué de Bni Khaled constitué de deux secteurs 'A' et 'B' a été créé en 1969. En 1984, le canal de Medjerda Cap Bon a été construit, reléguant ainsi le barrage de Masri pour l'alimentation en eau potable.

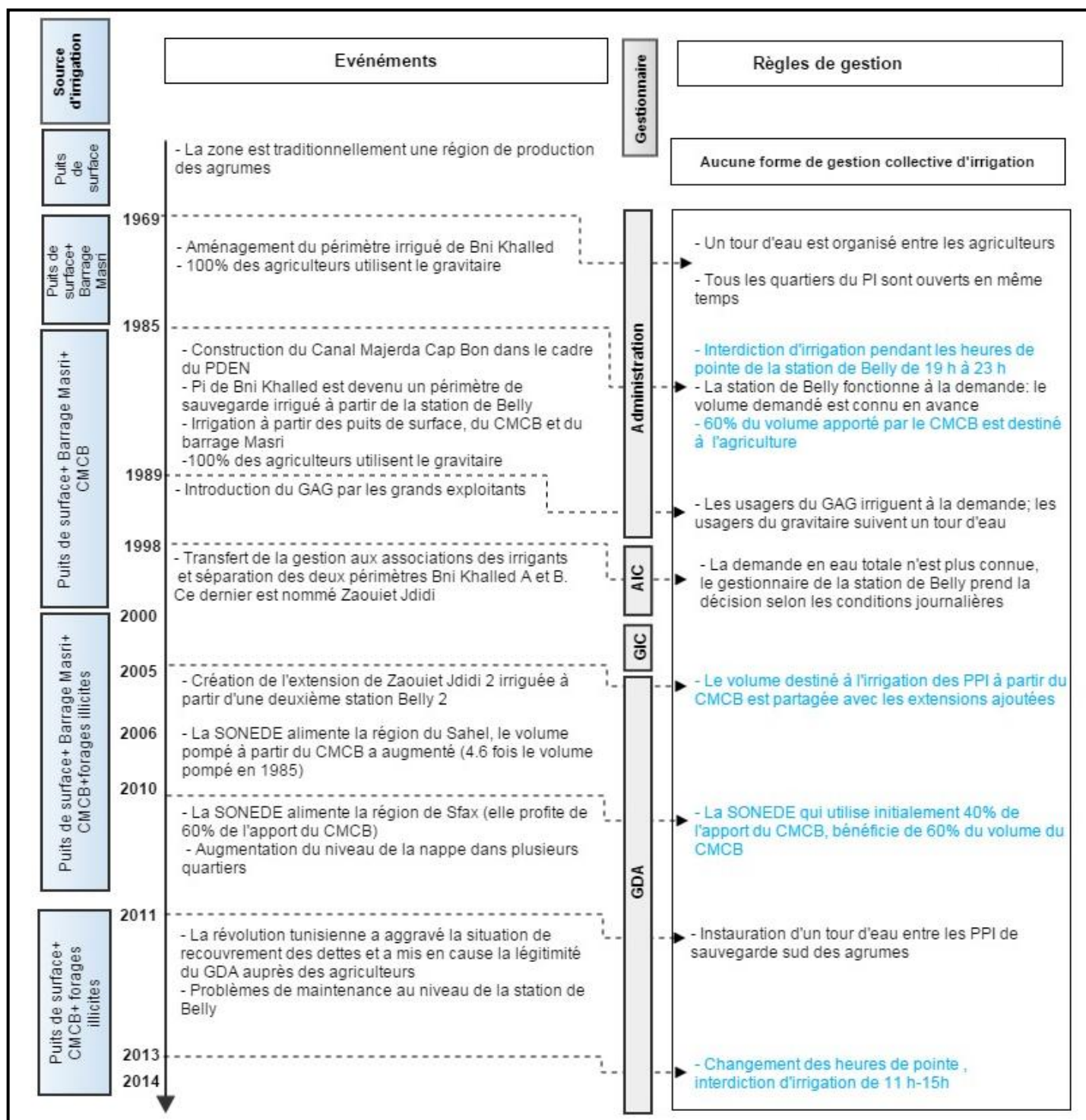


Figure 2.9: Evènements marquants et évolution de la gestion de l'eau du système étudié

Le périmètre irrigué de Bni Khalled est devenu l'une des zones de sauvegarde des terres agricoles selon le décret du 16 janvier 1986. Comme le dispose ce décret, à l'intérieur de ce périmètre, la réalisation des travaux de recherche ou d'exploitation nouvelle des nappes souterraines à l'exclusion des travaux de réfection ou d'exploitation des ouvrages existants, est soumise à une autorisation du Ministère de l'Agriculture, dont les agents doivent se charger aussi du contrôle des travaux autorisés. En 1998, il y a eu un transfert de la gestion de l'administration à l'association d'intérêt collectif (AIC), qui a été accompagné par une réduction de la superficie du presque à sa moitié et la délimitation du reste de la superficie sous forme d'un nouveau système, qui est le périmètre irrigué de Zaouiet

Jedidi. Ce dernier a été géré par une sa propre AIC. En 2005, l'AIC de Zaouiet Jedidi est devenu un Groupement de Développement Agricole (GDA).

En 2005, suite aux demandes des agriculteurs qui exploitent la station de pompage de Belly 1, l'administration a décidé de créer des extensions des superficies d'agrumes alimentées à partir d'une deuxième station de pompage Belly 2. Parallèlement à l'augmentation de la demande en eau agricole, la concurrence est devenue accrue avec l'accroissement de la demande en eau potable pour les zones urbaines et touristiques. En sus, la SONEDE a étendu l'alimentation en eau potable à la région du Sahel en 2006 et à la région de Sfax en 2010.

En 2011, des perturbations de la distribution de l'eau à partir de la station de Belly ont engendré un mouvement de protestations de la part des agriculteurs. Ces protestations dans un contexte instable, suite à la révolution, a amené l'administration à instaurer un tour d'eau entre les GDA. En 2013, il y a eu une transmutation des heures de pointe de consommation de l'énergie électrique de 19h-23h à 11h-15h. Il s'agit d'une décision nationale appliquée dans tous les périmètres en Tunisie.

2.3.2. Evolution de l'offre à partir des ressources en eau souterraines

2.3.2.2. Evolution de l'exploitation de la nappe de Grombalia

L'exploitation de la nappe phréatique de Grombalia a atteint en 1980 une valeur de 53,8 millions m³, tandis que les ressources renouvelables sont seulement de l'ordre de 51 Mm³/an (DGRE, 1980), soit un taux d'exploitation de 105% qui indique que déjà dans les années 80 la nappe est surexploitée. En 1990, le nombre de puits exploités avoisinait 8280 et le taux d'exploitation atteignait 176 % pour se stabiliser autour de cette valeur jusqu'en 2005 suite à la mise en eau du Canal Medjerda Cap Bon. Cependant, suite à des prélèvements d'eau supplémentaires du canal pour l'alimentation en eau potable des zones de Sousse et Sfax entre 2005 et 2010, le taux d'exploitation a augmenté pour atteindre 205% en 2010. Le nombre de puits a atteint 8814 dont 76% sont équipés d'électropompes. La pluviométrie a varié entre un minimum de 388,4 mm et un maximum de 591,4 mm (figure 2.10).

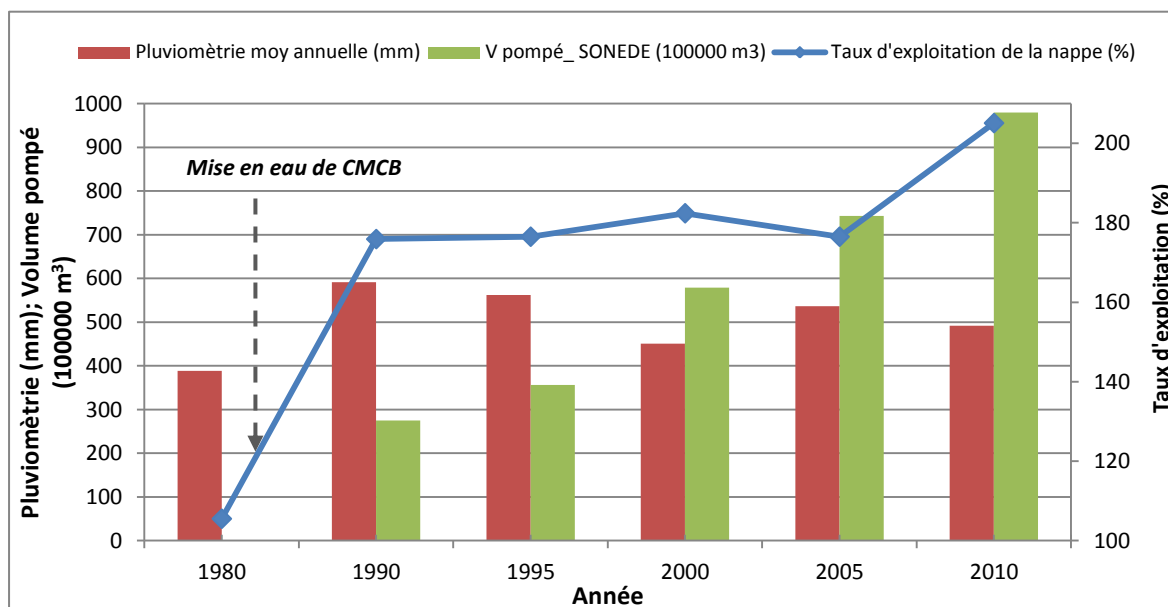


Figure 2.10: Evolution du taux d'exploitation de la nappe de Grombalia en fonction de l'évolution de la pluviométrie annuelle et du volume annuel pompé par la SONEDE

Le taux d'exploitation de la nappe profonde en 1990 n'a pas dépassé 23%. Cependant ce taux a atteint 103% en 1995 et a continué d'augmenter jusqu'à atteindre 130% en 2005 et 199% en 2010.

Cette augmentation s'explique par l'augmentation du nombre de puits profonds qui a évolué de 40 puits en 1990 à 171 puits en 1995. Cette augmentation est due essentiellement à la diffusion des techniques de forage et de pompage. Le nombre de puits profonds a atteint 315 puits en 2005 et 466 puits en 2010.

Les premières recharges artificielles de la nappe phréatique de Grombalia ont commencé depuis la fin des années 1970 à partir des eaux des barrages et des lacs collinaires, en utilisant différents dispositifs de recharge tels que l'injection par puits ou par bassin d'infiltration (Ennabli, 1975). A partir de 1993, un programme de recharge artificielle par le biais d'injection des eaux du Canal Medjerda Cap Bon dans huit sites de recharge a été lancé. En 2013, sept sites de recharge étaient encore fonctionnels. Les trois sites les plus importants sont localisés à Menzel Bouzelfa et Bni Khalled (El Gobba, Sidi Alaya et El Amrine). Le tableau suivant représente l'évolution des volumes d'eau injectés dans la nappe au niveau de ces trois sites entre 1999 et 2006 (SERI, 2013).

Tableau 2.1. Evolution des volumes d'eau injectés dans la nappe au niveau des sites d'El Gobba, Sidi Alaya et El Amrine

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Volume d'eau injecté (10^6 m³)	1,13	0,7	0,6	0,33	0,81	1,23	1,42	0,82

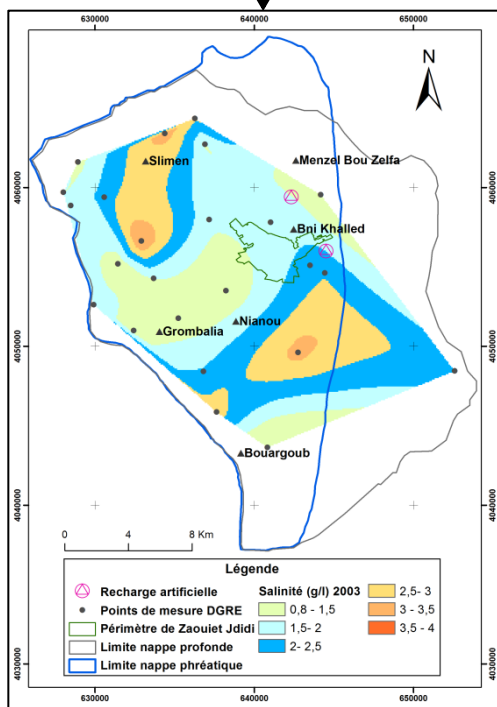
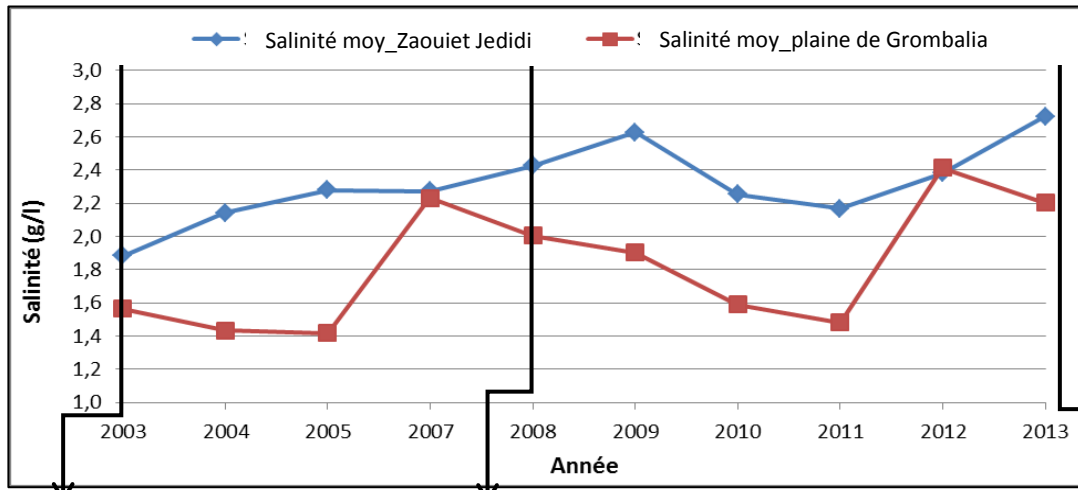
2.3.2.3. Evolution de la piézométrie

Le sens de l'écoulement souterrain de la nappe de Grombalia est généralement du sud vers le nord. Le drainage est effectué principalement à travers les deux rivières de Soltane et El Bey vers Sebkhel el Melah et la mer, tandis que l'alimentation de la nappe est effectuée à partir de la zone de Menzel Bouzelfa et de Bouargoub (Ennabli, 1970). La première carte piézométrique qui a été établie par Castany en 1948, montre que le niveau piézométrique varie entre 10 et 60 m.

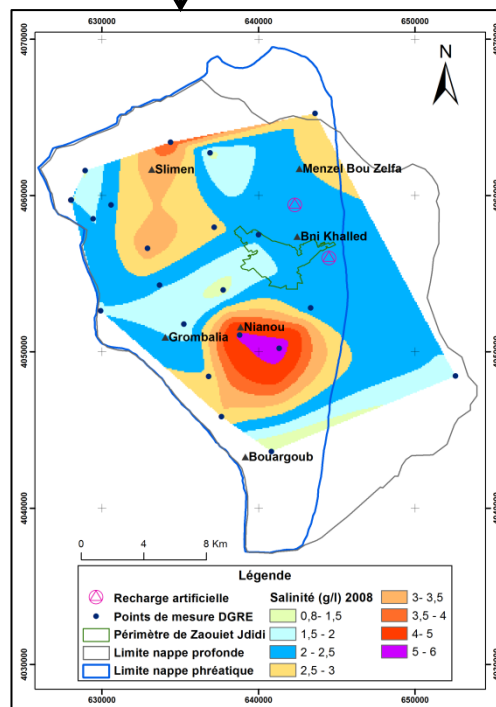
Lachaal (2014), à travers de mesures de piézométrie effectuées au sein de 27 puits en novembre 2013, a révélé qu'il y a eu deux comportements différents de la piézométrie. Le premier est marqué par une montée du niveau piézométrique observée au centre de l'aquifère, entre la ville de Grombalia et Slimen. Cette remontée du niveau est due selon l'auteur à l'effet des retours de l'irrigation et la variabilité de la pluviométrie, et a des impacts négatifs sur l'agriculture : asphyxie des plantations y inclus les champs couverts d'agrumes, salinisation des sols agricoles et la pollution de la nappe. Le deuxième comportement consiste en une baisse du niveau piézométrique d'une moyenne de 10 m dans les zones où la nappe est fortement sollicitée telles que dans la région de Bni Khalled et Menzel Bouzelfa.

2.3.2.4. Evolution de la salinité de la nappe phréatique de 2003 à 2013

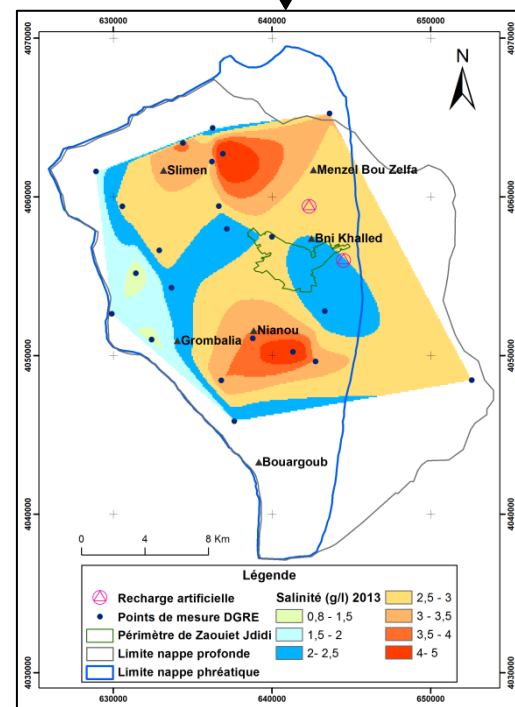
La figure 2.11 illustre l'évolution de la salinité moyenne de la nappe phréatique de Grombalia ainsi que sa distribution spatiale tous les cinq ans à partir de l'année 2003. Cette figure montre qu'il y a une augmentation de la salinité moyenne de 1,88 g/l en 2003, à 2,42 g/l en 2008 pour atteindre 2,72 g/l en 2013. La salinité est moins élevée dans la zone de Zaouiet Jedidi et Bni Khalled, elle est de l'ordre de 1,56 g/l en 2003, elle a atteint 2,01 g/l en 2008 et 2,20 g/l en 2013. La comparaison entre les trois cartes de variation de salinité confirme cette augmentation.



Variation spatiale de la salinité de la nappe phréatique en 2003



Variation spatiale de la salinité de la nappe phréatique en 2008



Variation spatiale de la salinité de la nappe phréatique en 2013

Figure 2.11: Evolution de la salinité moyenne dans la zone de Zaouiet Jedidi et Bni Khaled, et dans toute la nappe de Grombalia de 2003 à 2013, et variation spatiale de la salinité en 2003, 2008 et 2013

On constate que la distribution spatiale de la salinité est très variable, par ailleurs, on détecte en particulier deux zones où la salinité est élevée durant ces trois années. La première zone est au nord près de la côte dans la zone de Slimen qui se trouve à l'est de Sebket el Maleh. L'infiltration des eaux salines de la Sebkhia peut expliquer les valeurs élevées de la salinité. La deuxième zone se trouve dans la partie Sud, entre Nianou et Grombalia. L'infiltration des eaux de lessivage des sols très salés de cette zone peut être à l'origine de l'augmentation de la salinité de cette zone (El Heni, 2007).

Selon Tlili-Zrelli et al. (2013), la nature et la perméabilité de l'aquifère qui est sableux et perméable à l'Est, argileux et relativement peu perméable à l'Ouest peuvent influencer le taux de renouvellement des eaux de la nappe et en conséquence influencer la charge saline. Par contre, on constate que la salinité des zones de Menzel Bouzelfa et Bni Khaled est moins élevée. Il y a deux puits de recharge artificielle de la nappe qui ont joué peut être un rôle dans la diminution de la salinité dans cette zone.

2.3.2.5. Evaluation de la salinité mesurée dans le périmètre de Zaouiet Jedidi en 2014

La salinité moyenne mesurée dans le périmètre de Zaouiet Jedidi est de 2,47 g/l. La figure 2.12 montre que la salinité minimale enregistrée est de 0,96 g/l, il s'agit d'un puits exploités par un petit agriculteur qui n'a jamais eu le besoin d'irriguer à partir du réseau collectif. La salinité la plus élevée est de 3,93 g/l. Ces mesures ont eu lieu au niveau de puits exploités au moment de l'échantillonnage, on n'a pas effectué des mesures pour les puits abandonnées. La salinité moyenne en amont du périmètre irrigué (par rapport aux bassins de Sidi Toumi) est de 2,7 g/l alors que la salinité moyenne en aval est de 2.3 g/l. En aval du périmètre, les variations de la salinité sont plus importantes.

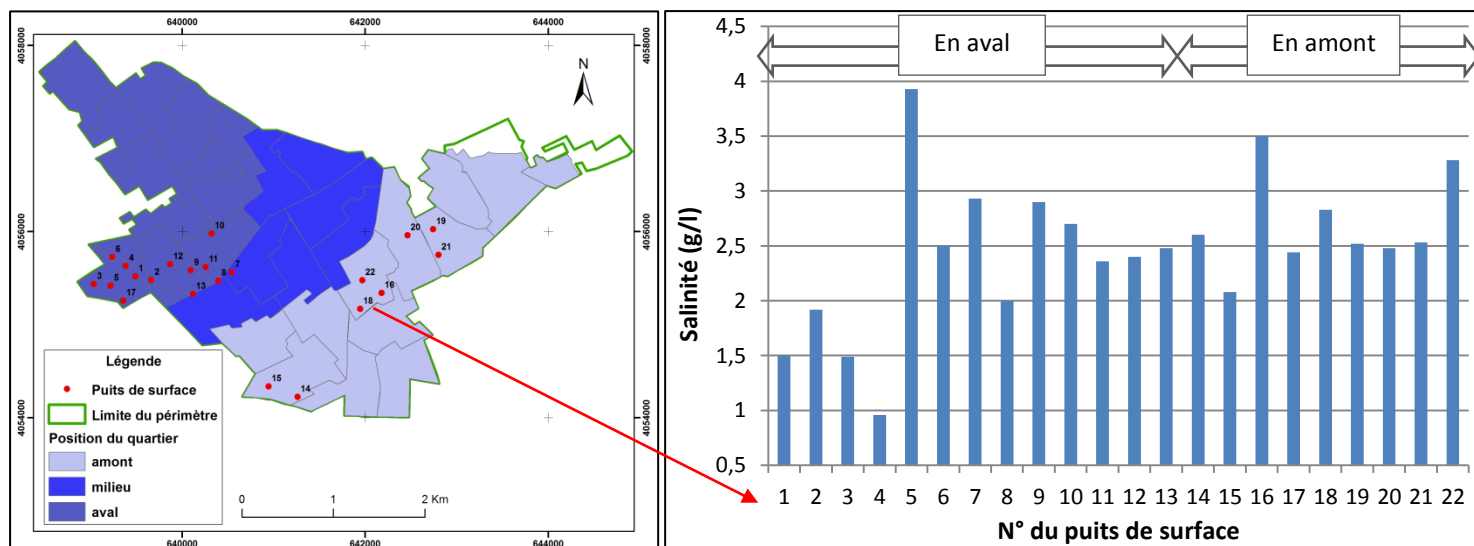


Figure 2.12: Distribution et valeurs de salinité des puits suivis dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi en 2014

2.3.2. Tensions autour de l'usage des eaux du Canal Medjerda Cap Bon

La figure 2.13 montre qu'en 1985, 70% du débit prélevé du canal est alloué à l'irrigation alors que seulement 30% est pompé par la SONEDE.

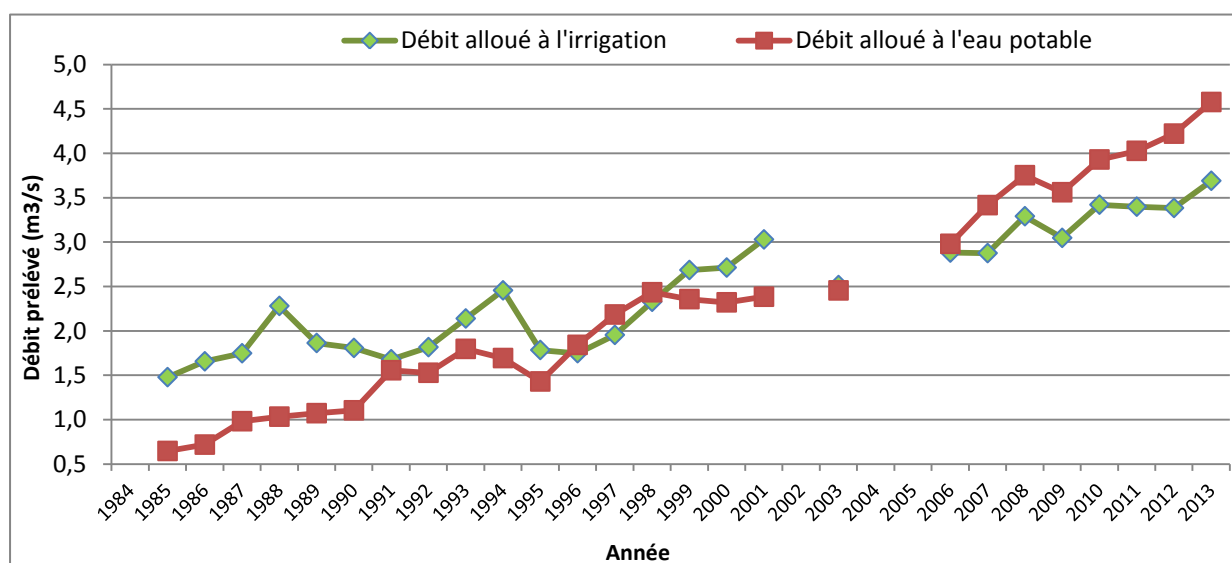


Figure 2.13 : Evolution du débit alloué à l'irrigation et du débit alloué à l'eau potable de 1984 à 2013 (source : volumes signalés par les débitmètres de la SECADENORD et de la SONEDE)

En 2006, la proportion du débit total alloué à l'irrigation a diminué (49%) alors que celle allouée à l'eau potable a augmenté (51%). En 2013, la SONEDE a procédé à un pompage de 55% du débit total du canal, soit un débit de 4,58 m³/s contre un débit de 3,69 m³/s alloué à l'irrigation.

Les volumes prélevés par la SONEDE ont tendance à augmenter davantage malgré la réduction du besoin en eau de la zone touristique depuis la révolution tunisienne. Cette contradiction peut être expliquée par l'extension de l'approvisionnement en eau des zones. Les tensions sur une telle source a conduit à l'apparition de conflits entre les différents usages et des perturbations dans l'allocation de l'eau affectant les performances des systèmes irrigués. Vu les efforts de l'Etat pour le rétablissement du tourisme et les projets de la SONEDE qui visent l'alimentation des régions du Sud à partir du canal, on peut présager que ces tensions vont encore augmenter. Ceci a conduit l'Etat d'envisager de doubler le canal comme une solution pour atténuer les effets de cette pénurie d'eau.

Le tableau suivant (tableau 2.2) illustre la différence entre les volumes d'eau distribués à partir de la station de pompage de Foundek Jedide entre les périmètres irrigués et l'eau potable durant les trois mois de période de pointe durant l'année 2013. Parmi les périmètres irrigués, les périmètres de sauvegarde sud des agrumes ont les prélèvements les plus élevés (25 % du volume total), suivis par les périmètres de maraichage de Grombalia qui profitent de 19% du volume total et les périmètres de Korba Menzel Tmime qui ne profitent que de 2,4 % du volume total alloué par le canal.

Tableau 2.2: Distribution des volumes pompés à partir de la station de pompage de Foundek Jedide durant la période de pointe en 2013

	Total	Belly 1	Belly 2	KMT	Grombalia	Eau potable
V alloué. pointe 2013 (Mm3)	55,862	8,096	5,791	1,357	10,619	29,996
Pourcentage. prélèvement (%)		14,5%	10,4%	2,4%	19,0%	53,7%

2.3.4.1. Caractérisation de l'offre en eau à partir de la station de Belly en particulier en période de pointe d'été

Le tableau 2.3 spécifie les superficies de chaque périmètre irrigué à partir de la station de Belly.

Tableau 2.3 : L'écart entre la superficie équipée et la superficie irriguée des périmètres de sauvegarde des agrumes alimentés à partir de Belly 1 et 2

Périmètre public irrigué	Superficie équipée (ha)	Superficie irriguée en 2014 (ha)
Bouargoub	1100	230
Nianou	613	358
Gobba	750	590
Zaouiet Jedidi	1042	675
BniKhalled	1221	558
Superficie totale irriguée à partir de Belly 1	4726	2411
Nianou 2	247	148
Gobba 2	556	272
Zaouiet Jedidi 2	140	55
BniKhalled 2	233	163
Menzel Bouzelfa 2 (Itha 1& 2, El AhdJedid2, Menzel Bouzelfa 2)	1323	1067
Superficie totale irriguée à partir de Belly 2	2499	1705

De part leur faible superficie, les périmètres irrigués à partir de la station de Belly 2 sont favorisés quant à l'offre de l'eau. Ceci a orienté ce travail pour se focaliser plus sur les contraintes de gestion de l'eau au niveau des périmètres alimentés à partir de la station de Belly 1. Le tableau 1 montre que la superficie irriguée du périmètre de Bouargoub constitue seulement 21% de sa superficie équipée. Ceci est dû au recours à l'exploitation de la nappe dont l'eau est jugée de bonne qualité dans cette zone. Les périmètres en amont Nianou et Gobba profitent d'une meilleure pression en eau et sont caractérisés par une structure agraire qui permet aux gestionnaires des GDA de mieux gérer le réseau collectif. En effet, contrairement aux périmètres de Zaouiet Jedidi et Bni Khaled qui sont marqués par un fort morcellement des exploitations agricoles, les périmètres de Nianou et Gobba sont constitués de grandes exploitations agricoles. Ceci a orienté encore notre choix vers l'étude du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi.

A cause de l'absence d'autres moyens de comptage fiables (compteur défectueux), les estimations de ces débits émanent des comptes de facturation de la SECADENORD au CRDA suivant des calculs théoriques basés sur le nombre d'heures de fonctionnement et sur la puissance des pompes. Les deux parties prenantes se sont mis d'accord sur ce mode de comptage et le montant facturé par la SECADENORD est le même que celui facturé par le CRDA au GDA.

Alors que le potentiel maximum de pompage prévu à la station Belly 1 est de $1,65 \text{ m}^3/\text{s}$, le débit pompé n'a pas dépassé un seuil de $0,59 \text{ m}^3/\text{s}$. Ainsi, le débit prévu par l'étude du projet n'a jamais été atteint malgré l'augmentation de la demande en eau agricole. Ceci peut être expliqué par le sous dimensionnement de la conduite qui relie le CMCB à la station de pompage (SERI, 2013), la détérioration de l'état de la station et les prélèvements élevés de la SONEDE depuis le CMCB.

Côté GDA, l'estimation des volumes prélevés est basée sur les relevés des compteurs des irrigants et sur l'estimation théorique des besoins des irrigants non équipés de compteurs. Le débit maximum estimé par le GDA a atteint $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ en 2010.

La figure 2.14 montre un décalage important entre les débits facturés par la SECADENORD au CRDA et ceux facturés par le GDA aux agriculteurs. Bien que le CRDA a considéré auparavant la différence entre les volumes facturés par la SECADENORD et ceux facturés par le GDA comme des dettes dont le GDA doit s'acquitter, il a été obligé de reconsidérer cette décision après la révolution tunisienne.

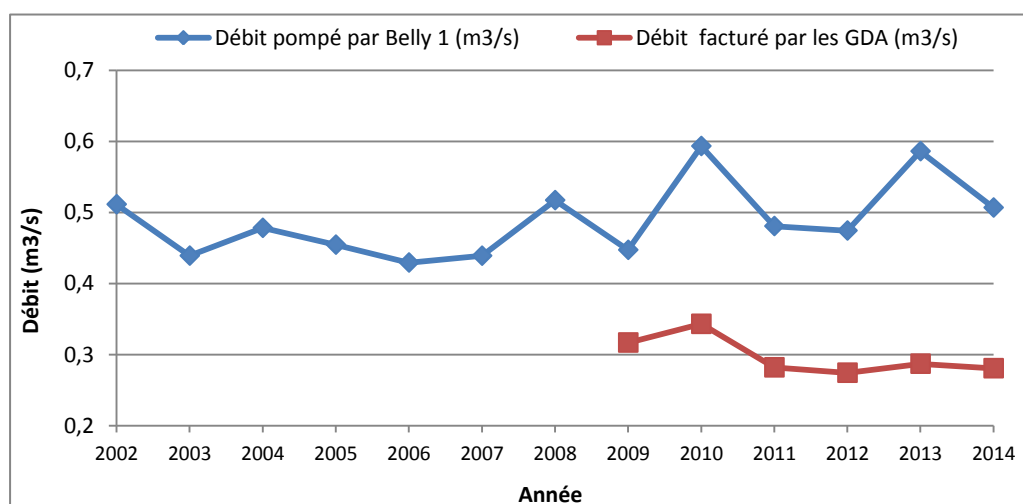


Figure 2.14 : Ecart entre le débit théorique pompé par la station de Belly 1 et le débit facturé par le GDA aux agriculteurs

2.3.4.2. Evolution de l'offre en eau à Zaouiet Jedidi

Le volume annuel alloué au périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi a subi de légères variations entre 2009 et 2014, le maximum a été alloué en 2013 (2,36 Mm³) et le minimum a été alloué en 2012 (2 Mm³). En 2009 et 2014, le volume annuel est le même (2,2 Mm³). Cependant, la superficie irriguée a subi des fluctuations importantes, elle est passée de 589 ha en 2009 à 713 ha en 2010 et à 675 ha en 2014. Le volume total consommé est passé de 3795 m³/ha en 2009 à 3193 m³/ha en 2014. La figure 2.15 montre que les superficies irriguées à partir du réseau collectif ne varient pas en fonction des variations de la pluviométrie. En moyenne, 64% du volume annuel est consommé en période de pointe depuis le mois de juin jusqu'au mois d'août.

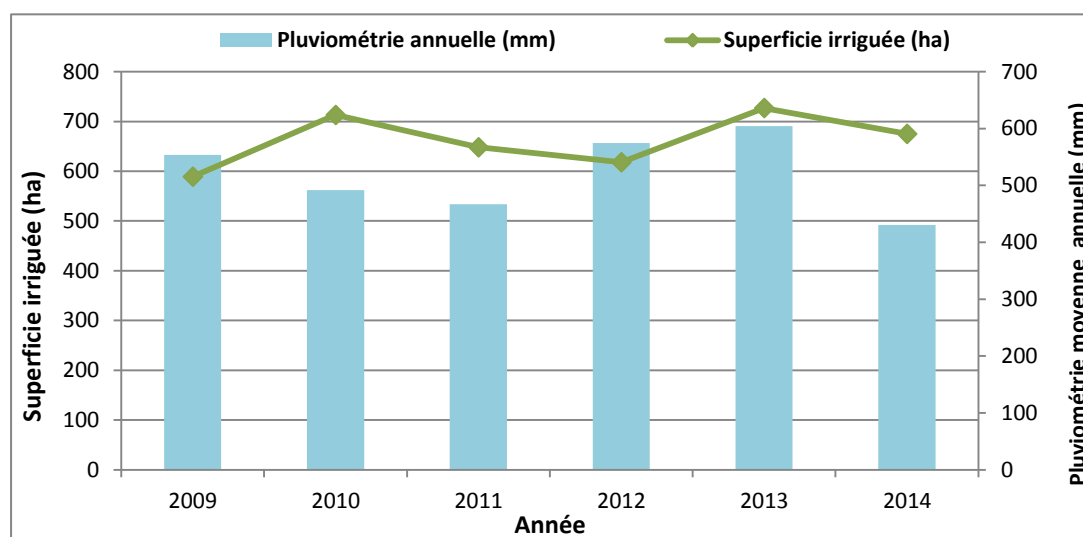


Figure 2.15: Evolution des superficies irriguées à partir du réseau collectif et de la pluviométrie moyenne annuelle

Le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi est desservi par un réseau collectif d'irrigation qui permet d'alimenter 30 quartiers hydrauliques. Indépendamment de la superficie de l'exploitation, il y a eu installation d'une borne d'irrigation pour chaque agriculteur. Théoriquement, le débit au niveau d'un quartier est en moyenne de 25 l/s et celui au niveau des bornes d'irrigation est de 12,5 l/s. Les mesures du débit à la borne d'irrigation au niveau de 24 exploitations appartenant à six différents quartiers en amont et en aval du système irrigué qu'on a effectué entre les mois de juillet et septembre ont montré que le débit est en moyenne de 5,10 l/s, ce qui représente seulement 40% du débit prévu par l'étude de base. Ces mesures montrent que les débits moyens d'eau d'irrigation dans les quartiers en aval du système irrigué 13, 14 et 15 sont respectivement de l'ordre de 6,03 l/s, 3,42 l/s et 5,02 l/s. En amont du système irrigué, les débits moyens mesurés dans les quartiers 21, 26 et 28 sont respectivement de l'ordre de 4,89 l/s, 4,45 l/s et 7,28 l/s. Ainsi, le débit moyen en amont du système irrigué (5,54 l/s) est plus élevé que le débit en aval (4,82 l/s).

Evolution de l'usage des techniques d'économie d'eau à Zaouiet Jedidi

A partir de 1989, la technique d'irrigation localisée a été introduite par les grands exploitants pour s'étendre progressivement et atteindre 39 % de la superficie en 2015. Le reste de la superficie est irriguée en irrigation de surface traditionnelle. La figure 2.16 montre que le milieu et l'amont du périmètre sont dominés par l'usage du gravitaire traditionnel, alors qu'il y a une prédominance du goutte à goutte dans les quartiers à la périphérie du périmètre. Ces derniers sont caractérisés par des exploitations de grande superficie et d'une bonne qualité de sols. Il s'agit de terres qui ont échappé

au phénomène de morcellement puisqu'elles sont, à l'origine, des terres domaniales qui ont été allouées à des promoteurs agricoles qui ont les moyens pour s'octroyer une telle technique.

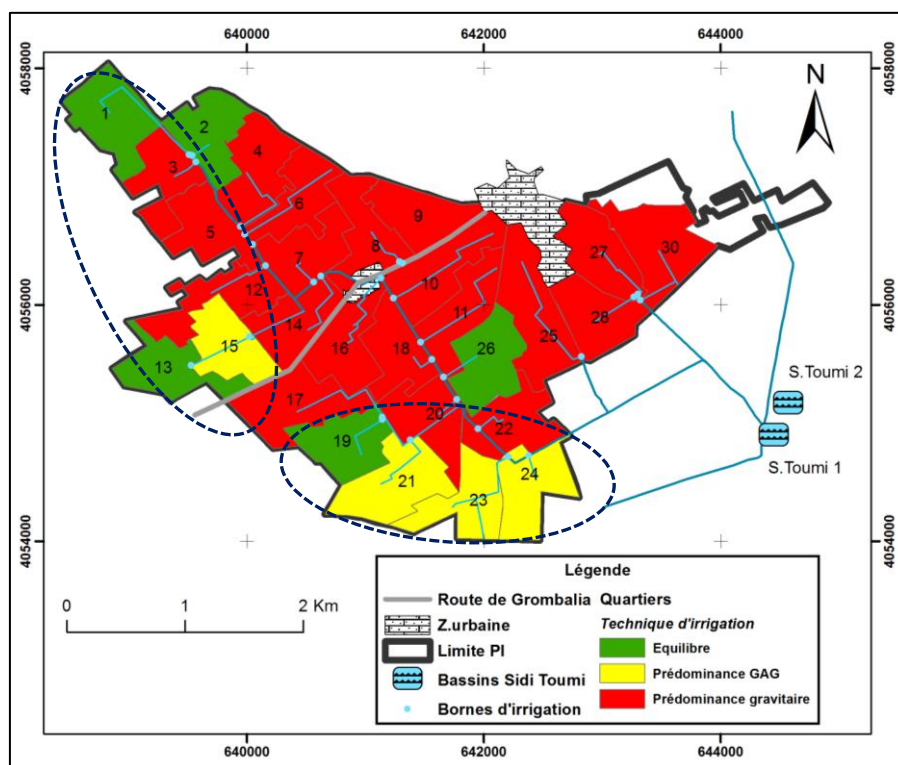


Figure 2.16 : Distribution spatiale des techniques d'irrigation adoptées par les irrigants

2.3.3. Evolution de la demande en eau de la SONEDE

Le tableau 2.4 présente l'évolution des besoins en eau de la SONEDE pour les années 2006, 2010 et 2015. L'eau servie par la SONEDE couvre les demandes domestiques, industrielles et touristiques de la région du Cap Bon, du Sahel et de Sfax.

Tableau 2.4 : Evolution de la satisfaction des besoins en eau de la SONEDE à partir du CMCB

Année	2006	2010	2013
Besoins SONEDE (Mm ³ /an)	87,815	110,457	126,612
Offre en eau à partir d'autres ressources (nappes...) en Mm ³ /an	13,436	12,358	12,358
Offre à partir du CMCB (Mm ³ /an)	74,379	98,099	114,254
Pourcentage des besoins SONEDE satisfaits à partir du CMCB (%)	85%	89%	90%

Source : SERI, 2013

Ce tableau montre qu'en 2006, 85 % du besoin en eau d'eau potable est satisfait par les apports d'eau du CMCB. Ce taux a évolué en 2010 à 89 % et il a atteint en 2013 un taux de 90%.

2.3.4. Evolution de la demande en eau de l'irrigation à partir du CMCB

Les besoins en eau bruts des périmètres irrigués à partir de la station de pompage de Foundek Jedide durant les trois mois de pointe d'été de l'année 2013 ont été comparés à l'offre en eau à partir du CMCB qui est facturée par le CRDA aux différents périmètres. Le taux de satisfaction des besoins en eau a été calculé à travers le rapport entre l'offre en eau moyenne et les besoin bruts en eau de la culture. Le tableau 2.5 montre que 55% des besoins en eau des périmètres de Grombalia-Slimen sont satisfaits à partir de CMCB, alors que 30 % des besoins en eau des périmètres de Korba-Menzel Tmime (KMT) sont satisfaits à partir du canal. Le taux de satisfaction des besoins en eau net des

périmètres de sauvegarde sud est de 73 %. Ceci implique que les eaux souterraines jouent un rôle important dans la satisfaction des besoins en eau des périmètres irrigués du Cap Bon.

Tableau 2.5: Superficie irriguée, besoins en eau bruts et offre en eau du réseau collectif d'irrigation en 2013 (pour les périmètres irrigués à partir de station de pompage de Foundek Jedide)

	Grombalia	KMT	Belly 1 et 2
Superficie irriguée 2013 (ha)	4100	1200	4116
Besoins en eau bruts en période de pointe 2013 (m³/ha)	4745	3670	4780
Offre en eau en période de pointe 2013 (10⁶.m³)	10.619	1.357	13.877
Offre en eau moyenne en période de pointe 2013 (m³.ha⁻¹)	2590	1131	3374
Déficit en eau moyen en période de pointe 2013 (m³.ha⁻¹)	2155	2540	1406
Pourcentage de satisfaction des besoins en eau (%)	55%	30%	73 %

2.3.4.1. Demande en eau du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi de 2009 jusqu'à 2014

L'évolution des superficies irriguées à partir du réseau collectif d'irrigation, l'offre en eau totale allouée au périmètre, l'offre en eau moyenne, la pluviométrie et le besoin net des agrumes durant la période de pointe ainsi que l'arrière-saison sont présentés dans le tableau 2.6.

Les besoins en eau nets d'irrigation du périmètre qu'on a estimé ont évolué de 6020 m³/ha en 2009 à 6453 m³/ha en 2014 dont des volumes avoisinant 3680 m³/ha en période de pointe. Alors que l'offre en eau totale est restée stable, elle a clairement diminué en période de pointe et elle a augmenté en période d'arrière-saison. L'offre en eau moyenne en période de pointe a diminué de 3000 m³/ha à 1900 m³/ha en 2014. Le taux de satisfaction des besoins en eau d'irrigation du périmètre à partir du réseau collectif est passé de 77% en 2009 à 49 % en 2014.

En 2009, seulement 589 ha soit 57 % de la superficie du périmètre ont été irrigués complètement ou partiellement à partir du système irrigué, le reste a été irrigué à partir de la nappe. A cause de l'augmentation de la salinité des eaux de la nappe et son effet perçu par les agriculteurs sur la production des agrumes en particulier depuis l'année 2009, plusieurs agriculteurs ont abandonné leurs puits de surface et ont préféré irriguer à partir du réseau collectif, ce qui a conduit à une augmentation rapide de la superficie irriguée de 21% en 2010. Malgré les difficultés rencontrées suite à la Révolution Tunisienne en 2011 et le développement de forage des puits profonds, la superficie irriguée est toujours plus élevée qu'en 2009.

Tableau 2.6 : Evolution de la superficie irriguée, de la pluviométrie et de l'offre en eau du réseau collectif d'irrigation de 2009 à 2014

	Superficie irriguée (ha)	Pluviométrie (mm)			Besoin en eau net (m ³ .ha ⁻¹)			Offre en eau totale (10 ⁶ .m ³)			Offre en eau moyenne (m ³ .ha ⁻¹)		
		Période pointe	Arrière saison	Année	Période pointe	Arrière saison	Année	Période pointe	Arrière saison	Année	Période pointe	Arrière saison	Année
2009	589	5	147	554	3902	942	6020	1,76	0,44	2,20	2991	744	3735
2010	713	3	238	492	3923	610	5428	1,47	0,81	2,28	2068	1134	3202
2011	648	5	213	467	3897	476	5594	1,30	0,80	2,10	2011	1237	3248
2012	618	1	382	575	3942	590	5468	1,18	0,81	1,99	1903	1314	3217
2013	727	27	374	604	3677	571	5143	1,36	1,00	2,36	1873	1378	3252
2014	675	3	218	431	3919	926	6453	1,28	0,87	2,16	1901	1292	3193

2.4. Discussion

Le phénomène de pénurie d'eau est souvent traité de manière disciplinaire. Alors que les approches quantitatives permettent de représenter les différents aménagements, de définir le potentiel des stratégies et des règles de gestion à réduire les pressions sur les ressources en eau ou l'inverse, les approches explicatives permettent de comprendre l'émergence des modes d'usages d'eau. Conjuguer ces deux approches permet d'appréhender le phénomène dans sa complexité: la caractérisation des dynamiques physiques, et leur quantification doit être couplée à une compréhension des dynamiques socio-économiques à travers des analyses complètes.

Le regard porté sur l'évolution de l'état des ressources en eaux exploitées par l'agriculture irriguée dans la région sud-ouest du Cap Bon montre que le développement d'une agrumiculture intensive sur des superficies de plus en plus importantes a amené depuis l'année 1969 à une situation de surexploitation de la nappe de Grombalia qui a représenté auparavant la source principale d'irrigation de cette zone. Il s'agit d'une première situation de pénurie physique qui a persisté pendant presque deux décennies jusqu'à la mise en eau du Canal de Medjerda Cap Bon. Cette situation de pénurie est due d'une part à un facteur naturel qui consiste en des époques de déficience pluviométrique, mais l'intensification des pompages à partir de la nappe accentuée par le développement des techniques d'extraction de l'eau des puits et par le développement spectaculaire des superficies des vergers d'agrumes ont joué un rôle majeur dans l'établissement de cette pénurie. Ainsi, cette rareté d'eau a été induite par l'homme.

La construction du CMCB a assuré au début une sécurisation des besoins en eau de cette zone, la continuation de l'exploitation intensive de la nappe a joué un rôle dans cette satisfaction de la demande en eau. Par ailleurs, l'exploitation de la nappe qui a largement dépassé sa capacité de recharge naturelle depuis 1969, a augmenté de 44% en 1980, à partir de cette date son exploitation a encore augmenté de 60 % en 1990. Cependant, la dégradation accrue de la qualité des eaux de la nappe, qui a dépassé le seuil de tolérance des agrumes depuis longtemps, l'augmentation des superficies irriguées à partir du canal et l'augmentation des prélèvements pour l'eau potable ont amené progressivement à l'apparition de la pénurie d'eau. Les besoins en eau d'irrigation ne sont plus satisfaits malgré le fait que l'offre en eau à partir du canal n'ait pas diminué, à l'inverse elle a augmenté. Ceci nous permet de déduire que la pénurie d'eau actuelle est physique et est due essentiellement à des facteurs anthropiques d'usage d'eau et de répartition des ressources en eau.

En effet, la pénurie peut être liée à une mauvaise définition et application des règles encadrant l'accès, l'approvisionnement et les usages de l'eau. La mise en place en Tunisie d'une politique favorisant l'accroissement de l'offre en eau à travers des infrastructures hydrauliques tel que le Canal Medjerda Cap Bon montre que l'Etat à travers des efforts d'efficacité technique instrumentale visait à satisfaire la demande en eau considérée comme incompressible, sans planifier une adaptation des usages des ressources en eau. Cette politique d'accroissement de l'offre a été associée aussi à une politique qui promouvait le développement de l'agriculture intensive. En fait, les superficies irriguées ont continué à augmenter, par ailleurs, il y a eu même création d'extensions agrumicoles de la part de l'Etat. Les agriculteurs ont continué l'exploitation des eaux souterraines sans des restrictions réelles de la part d'Etat, même si ces périmètres sont devenus des périmètres de sauvegarde depuis 1985.

Les réformes mises en place depuis les années 1990 qui visaient la rationalisation de la gestion d'eau à travers la décentralisation de la gestion des périmètres irrigués, l'amélioration de l'efficacité des réseaux collectifs d'irrigation et l'usage des techniques économes, sont autant d'exemples qui

traduisent la volonté de s'émanciper de l'échec du modèle de l'augmentation de l'offre et de s'orienter vers une politique d'eau plus soutenable. Buchs (2010) a argumenté que la pénurie d'eau est indissociable des usages et a analysé la pénurie comme l'échec d'une forme particulière de politique de gestion de l'eau, et que l'institutionnalisation des modes de gestion relative à l'utilisation de l'eau et la façon d'en disposer au cours de l'histoire est concomitante de la raréfaction des ressources.

Dans ce cas d'étude, les eaux de surface de CMCB sont sollicitées pour plusieurs types d'utilisateurs qui sont touchés différemment par cette crise d'eau. Par ailleurs, les théories sur les pénuries omettent souvent de considérer la dimension de répartition derrière ces problèmes, la réponse au besoin n'est pas liée uniquement à la quantité des ressources disponibles mais à leur mode de répartition (Buchs et Milano, 2014). Les résultats montrent que l'eau disponible est insuffisante pour répondre à la fois aux besoins agricoles, domestiques et industriels. A cause de la priorisation des besoins en eau potable, les agriculteurs se trouvent les plus affectés par la concurrence des usages. Molle et Berkoff (2006) ont indiqué que l'agriculture est parmi les secteurs utilisateurs d'eau qui rapporte le moins par goutte d'eau, ainsi lorsque les transferts d'eau sont effectués, les usages domestiques et industriels ont presque toujours priorité.

Les résultats montrent que 45% de l'offre totale en eau allouée aux périmètres irrigués du Cap Bon provient des eaux du CMCB, tandis que 55% de cette offre est sécurisée à travers l'exploitation de la nappe de Grombalia. Ceci met l'accent sur le rôle des ressources en eaux souterraines dans la mitigation des effets de la pénurie sur le système étudié. Les eaux souterraines jouent un rôle vital dans la satisfaction de la demande en eau d'irrigation, non seulement en termes de quantité et de qualité, mais aussi en termes de temps et d'espace, elles jouent un rôle tampon qui permet de sécuriser une partie importante de la demande en eau agricole en particulier dans les régions arides et semi-arides (Garrido et Iglesias, 2006). Toutefois, la nappe de Grombalia déjà souffrante de la surexploitation ne peut pas assurer la durabilité de ce rôle. La dégradation actuelle de cette ressource qui se manifestait par une baisse importante du niveau piézométrique et par une augmentation de la salinité montre déjà que cette ressource stratégique a atteint ses limites et que la prolongation de son mode d'exploitation actuel va générer probablement des dégâts irréversibles, aggravant ainsi les impacts de la pénurie d'eau sur le système étudié. Plusieurs motifs supportent la préférence de plusieurs agriculteurs d'exploiter leurs puits au lieu du réseau collectif, c'est une source qui peut être exploitée individuellement qui leur permet d'éviter les dépendances des autres irrigants ou des gestionnaires, en plus sa résilience aux périodes de sécheresse leur permet de mieux sécuriser leurs besoins. Par ailleurs, Llamas et Martínez-Santos (2005) ont argumenté que l'exploitation intensive des eaux de la nappe n'est pas une panacée, et ne va pas nécessairement résoudre nos problèmes d'eau, et que si l'anarchie régnante autour de son usage va continuer, des problèmes sérieux de quantité et de qualité vont apparaître. Le défi majeur à soulever afin d'assurer la viabilité des eaux souterraines consiste dans la maintenance de sa valeur stratégique et sociale. Une meilleure compréhension des dynamiques de cette ressource et sa dimension sociale, un système de suivi et de contrôle d'accès plus efficient, ainsi qu'un renforcement des pratiques de gestion des institutions ont été proposés par Pereira et al. (2002) comme des mesures nécessaires pour assurer la viabilité de cette ressource. Koundouri (2004) allait même jusqu'à la proposition de rente de rareté de la ressource à appliquer sur les usagers de la nappe.

2.5. Conclusion

Malgré les efforts déployés par l'Etat pour sauvegarder les périmètres à vocation agrumicole tel que le cas du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, la dégradation des ressources en eau souterraine et la pression autour de l'exploitation des eaux du Canal Medjerda Cap Bon ont généré une situation caractérisée par un apport d'eau insuffisant, très variable et imprédictible. Il s'agit d'une pénurie d'eau physique induite essentiellement par des modes de gestion qui ont favorisé la dégradation des ressources en eau souterraine et l'augmentation des superficies irrigués, ainsi que par les politiques de répartition des ressources en eau qui donne la priorité à l'eau potable au dépens de l'agriculture. La reconnaissance que la dimension physique de la pénurie n'est pas liée uniquement à des facteurs naturels et qu'elle englobe une part induite par l'homme tel que les modes d'usage d'eau amène les recherches relatives aux adaptations à la pénurie à s'orienter vers la gestion de la demande en tentant d'associer les acteurs locaux aux politiques d'eau favorisant ainsi le renforcement des capacités d'adaptation des sociétés à la pénurie d'eau.

L'importance de la qualification de ce phénomène dès le début de ce travail de thèse réside dans son rôle dans la compréhension par la suite des processus de coordination et des règles de gestion transformés plutôt en arrangements et compromis pour faire face à cette situation de pénurie qui seront traités dans le chapitre 2. Les adaptations des agriculteurs pour faire face à cette situation ont été aussi explicitées dans le chapitre 3 qui permet d'analyser si les pratiques d'adaptation des irrigants à la pénurie d'eau aggravent la gestion collective de ce système irrigué ou si les règles collectives qui ne sont pas adaptées à ce nouveau contexte obligent les irrigants à adopter ces comportements.

2.1 Références bibliographiques

Aguilera-Klink F, Pérez-Moriana E, Sánchez-García J. 2000. The social construction of scarcity. The case of water in tenerife (canary islands). *Ecological Economics* **34** (2):233-245.

Alcamo J, Döll P, Kaspar F, Siebert S. 1997. Global change and global scenarios of water use and availability: An application of watergap 1.0. Center for Environmental Systems Research, University of Kassel, Kassel, Germany.

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements, FAO Irrig. and Drain. Paper N°56. FAO.Rome.

Appelgren B, Klohn W. 1999. Management of water scarcity: A focus on social capacities and options. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* **24** (4):361-373.

Buchs A. 2010. La construction sociale de la pénurie en eau à almeria (andalousie) ou l'échec de la normalisation" hydraulique". *Économie appliquée* **63** (3):5-39.

Buchs A. 2012. Comprendre la pénurie en eau comme un phénomène social un panorama des approches. *ÉCONOMIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE*- note de travail.

Buchs A, Milano M. 2014. Regards croisés sur la notion de pénurie d'eau en Espagne: Vers un rapprochement interdisciplinaire. *L'eau, aujourd'hui, demain*:13.

CNEA. 2007. Etude stratégique sur le « développement durable et agriculture dans les cinq gouvernorats de gabès, sidi bouzid, nabeul, le kef et bizerte. Tunis.

Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole. 2006. Enquêtes sur les Structures des Exploitations Agricoles 2004-2005. Rapport interne. Tunis. Tunisie.

DGRE. 2005. Annuaire de l'exploitation des nappes phréatiques en Tunisie. Rapport interne. Tunis. Tunisie.

DGRE. 2010. Annuaire de l'exploitation des nappes phréatiques en Tunisie. Rapport interne. Tunis. Tunisie.

- EL Heni M.M. 2007. Elaboration d'une base de données sur la nappe phréatique de Grombalia : Tentative de modélisation numérique des écoulements de transport de soluté. Mastère. INAT. Tunis. Tunisie.
- Eloumi M. 2013. Trois ans après: Retour sur les origines rurales de la révolution tunisienne. *Confluences Méditerranée* (4):193-203 .
- Eloumi M. 2016. La gouvernance des eaux souterraines en Tunisie. IWMI Project Report, Groundwater governance in the Arab World, USAID. IWMI.
- Ennabli M. 1970. Etat de l'évolution de la nappe de grombalia. Rapport interne DGRE Tunis:18.
- Ennabli M. 1975. Recharge artificielle de la nappe de grombalia, soliman. Note de présentation du projet (73/010). Tunis DRE, 3p.
- Ennabli M. 1980. Etude hydrogéologique des aquifères du nord-est de la tunisie pour une gestion intégrée des ressources en eau. Thèse de Doctorat d'Etat Nice:570.
- Falkenmark M, Lundqvist J. 1998. Towards water security: Political determination and human adaptation crucial, in *Natural Resources Forum*, Ed. Wiley Online Library, pp 37-51.
- FAO. 1985. Water quality for agriculture. Rome.
- Garcier R. 2010. Du bon usage de la pénurie en eau. *Géocarrefour* 85 (2):169-180.
- Garrido A, Iglesias A. 2006. Groundwater's role in managing water scarcity in the mediterranean region, in *International Symposium on Groundwater Sustainability*, Ed, pp 113-138.
- Homer-Dixon TF. 1994. Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases. *International Security* 19 (1):5-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2539147>.
- Honegger AR, Bravard J-P. 2006. La pénurie d'eau: Donnée naturelle ou question sociale?-2. *Géocarrefour* 81 (1):3-4.
- Jouili M. 2008. Ajustement structurel, mondialisation et agriculture familiale en tunisie, Ed. Université Montpellier1.
- Kassab A. 1981. L'agriculture tunisienne sur la voie de l'intensification. *Annales de Géographie*, Ed. JSTOR, pp 55-86.
- Kassab A, Ounaies A, Abdelkéfi RBA, Louati A, Mosbah C, Sakli M. 2010. Histoire generale de la tunisie -tome iv -l'époque contemporaine. Sud Editions-Tunis.
- Kauffer E. 2006. Le mexique et l'eau: De la disponibilité naturelle aux différents types de rareté. *Géocarrefour* 81 (1):61-71.
- Koundouri P. 2004. Potential for groundwater management: Gisser-sanchez effect reconsidered. *Water resources research* 40 (6).
- Lachaal F. 2014. Impact of anthropogenic activities and climate changes on groundwater evolution and functioning through the study of geochemical tracer approach in coastal region: Case of grombalia phreatic aquifer (in tunisia).
- Llamas MR, Martínez-Santos P. 2005. Intensive groundwater use: Silent revolution and potential source of social conflicts, Ed. American Society of Civil Engineers.
- Margat J. 2005. Quels indicateurs pertinents de la pénurie d'eau? *Géocarrefour* 80 (4).
- Mehta L. 2001. The manufacture of popular perceptions of scarcity: Dams and water-related narratives in gujarat, india. *World Development* 29 (12):2025-2041. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00087-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00087-0).
- Mehta L. 2007. Whose scarcity? Whose property? The case of water in western india. *Land Use Policy* 24 (4):654-663.
- Molle F, Berkoff J.2006. Cities versus agriculture: Revisiting intersectoral water transfers, potential gains and conflicts, comprehensive assessment of water management in agriculture, Ed. Research report, 10, Colombo: International Water Management Institute.
- Moussa A. B, Salem S. B. H, Zouari K, Jlassi F. 2010. Hydrochemical and isotopic investigation of the groundwater composition of an alluvial aquifer, Cap Bon Peninsula, Tunisia. *Carbonates and evaporites*, 25(3), 161-176.
- Ohlsson L. 2000. Water conflicts and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* 25 (3):213-220. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00006-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00006-X).

Ohlsson L, Turton AR. 1999. The turning of a screw: Social resource scarcity as a bottle-neck in adaptation to water scarcity. Occasional Paper Series, School of Oriental and African Studies Water Study Group, University of London.

Pereira LS, Cordery I, Iacovides I. 2009. Coping with water scarcity: Addressing the challenges. Springer Science & Business Media.

Pereira LS, Oweis T, Zairi A. 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management* **57** (3):175-206. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00075-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00075-6).

Peyssonnel J-A. 1938, Voyages de peyssonnel et desfontaines dans les régences de Tunis et d'Alger. Gide.

Rijsberman FR. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management* **80** (1–3):5-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001>.

Sebei A., Chaabani F, Souissi F, Abdeljaoued S. 2004. Hydrologie et qualité des eaux de la nappe de Grombalia (Tunisie nord-orientale). *Science et changements planétaires/Sécheresse*, **15**(2), 159-166.

SERI. 2013. Etude de drainage et d'assainissement de la plaine de grombalia-bni khalled-menzel bouzelfa et soliman. Etudes techniques de base Avant Projet Sommaire Phase 1.

Sethom H. 1977. Les fellahs de la presqu'île du Cap Bon. Tome 1: Structures sociales et économie rurale. Publications de l'Université de Tunis, Tunis.

Taabni M, El Jihad M-D. 2012. Eau et changement climatique au maghreb: Quelles stratégies d'adaptation? *Les Cahiers d'Outre Mer* (4):493-518.

Tlili-Zrelli B, Hamzaoui-Azaza F, Gueddari M, Bouhlila R. 2013. Geochemistry and quality assessment of groundwater using graphical and multivariate statistical methods. A case study: Grombalia phreatic aquifer (northeastern tunisia). *Arabian Journal of Geosciences* **6** (9):3545-3561. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-012-0617-3>.

Wolfe S, Brooks DB. 2003. Water scarcity: An alternative view and its implications for policy and capacity building, in *Natural Resources Forum*, Ed. Wiley Online Library, pp 99-107.

Chapitre 3: Diagnostic des acteurs, des règles de gestion et des dispositifs de coordination pour une gestion collective des ressources en eau de surface

3.1. Introduction

En s'accordant sur les limites des réformes successives implémentées afin d'améliorer la gestion des ressources en eau, et en reconnaissant en particulier les profondes mutations que connaît la gestion des systèmes irrigués, plusieurs travaux se sont orientés vers l'étude des mécanismes de coordination de l'accès, de l'usage et de la gestion de ces systèmes (Errahj et al., 2009; Termeer et al., 2010). Ces recherches sur les modalités de coordination se sont diversifiées aussi bien en termes de paradigme et de posture, qu'en termes de positionnement et d'interaction avec les politiques publiques de gestion des systèmes irrigués. Ces travaux reposent sur un postulat d'une meilleure gestion de conflits autour de l'exploitation d'une ressource commune lorsqu'elle s'appuie sur le renforcement des mécanismes de coordination et de coopération existants.

Evolution de la recherche sur la coordination suivant l'évolution des politiques de gestion de l'irrigation

Les modes de coordination centralisées ont continué de dominer la gestion des systèmes irrigués jusqu'à les années 1980. Cette coordination 'centrale', 'hiérarchique' est caractérisée par un contrôle quasi-total de toutes les activités de planification et de gestion agricole par l'Etat, qui ne se chargeait pas uniquement de la gestion des infrastructures de mobilisation et de distribution de l'eau, mais il intervient aussi dans les orientations et la conduite des exploitations agricoles, et dans la transformation et la commercialisation des productions (Boudjellal et al., 2011). Les recherches sur la coordination ont fait une lecture de la notion de coordination sous l'angle de la domination, sans accorder d'importance aux mécanismes d'apprentissage, d'appropriation locale, d'adaptation ou d'innovation. Bouzidi (2012) a critiqué ces lectures qui ont réduit les actions des agriculteurs à une capacité de réaction et d'adaptation passive, sans reconnaître aucune possibilité d'action autonome.

A partir des années 1980, l'analyse des processus de coordination au sein des systèmes irrigués a connu une évolution importante en conséquence aux transformations profondes qui ont marqué la gestion des ressources. La libéralisation politique et économique a contribué au recul des politiques de coordination hiérarchique, qui étaient déjà largement critiquées à ce stade, en raison des faibles performances réalisées et du décalage avec les résultats attendus en particulier de la part des bailleurs de fonds (Errahj et al., 2009). En conséquence une révision des politiques de gestion centralisée a été entamée et de nouvelles formes de coordination ont émergé. Cette évolution de modalité de gestion a été traduite essentiellement à travers le désengagement de l'Etat et l'implication de la communauté locale dans la gestion de son système à travers le développement du milieu associatif (Mollinga et al., 2007). Ainsi, l'Etat devait désormais apprendre à partager progressivement son autorité et ouvrir son domaine d'action du fait de l'émergence d'autres acteurs sur la scène politique (Bouzidi, 2012). Les recherches sur la coordination ont mis en relief les limites des modèles de gestion centralisée et les origines des faibles performances des systèmes irrigués, en critiquant leurs incompatibilités avec les façons de faire et les logiques des agriculteurs (Coward, 1980) et en analysant la coordination dans le cadre des réformes institutionnelles engagées

essentiellement autour de la création et la gestion des associations des agriculteurs (Vermillion, 1997; Faysse et al., 2010).

Les faibles performances des systèmes irrigués ont incité la recherche de modèle de coordination susceptible d'améliorer les performances des périmètres irrigués, entre des études en faveur de l'amélioration de la coordination à travers la gestion participative d'irrigation et d'autres en faveur de la privatisation de la gestion d'eau. Lees (1986) a argumenté que face à l'incompatibilité entre le modèle de gestion centralisée et les besoins et pratiques des agriculteurs, les techniciens ainsi que les agriculteurs ont toujours su obtenir une flexibilité opérationnelle par des arrangements informels qualifiés de 'stratégies de survie'. Ces arrangements permettaient aux agriculteurs de survivre et aux gestionnaires de perpétuer sur le plan formel des règles rigides et peu évolutives. Bouzidi (2012) a conclu que même si les règles de gestion ont changé, les infrastructures pour l'irrigation sont toujours là et imposent une certaine rigidité qui continue de nécessiter des ajustements informels.

Complexité d'analyse des processus de coordination entre des acteurs impliqués dans la gestion de plusieurs niveaux du système

L'analyse des mécanismes de coordination dans un système irrigué où la gestion est centralisée, tel qu'entre l'administration et les agriculteurs, met l'accent sur les mécanismes verticaux de coordination, qui sont généralement des mécanismes formels. En critiquant les limites de telle analyse, des travaux ont choisi de mettre l'accent plutôt sur les mécanismes de coordination horizontales au sein de la communauté locale, à travers l'explicitation des arrangements informels entre les agriculteurs. Cependant, dans un système à multi-niveaux, la complexité des interactions entre les acteurs du même niveau et de niveaux différents nécessite une mise à plat des interactions verticales et horizontales entre les différents acteurs impliqués dans la gestion du système, porteurs de perceptions, d'objectifs et d'intérêts différents. Ainsi l'analyse de la coordination au sein de ces systèmes doit faire face à deux complexités principales du système.

- Interdépendance entre les différents niveaux du système

Contrairement à un système où la gestion est mono centrique et hiérarchique, où l'administration est le centre d'autorité et de pouvoir, la gestion multi-niveaux a été introduite comme la solution pour mieux gérer la complexité des systèmes irrigués, où la gestion est plutôt interprétée comme un processus d'interactions continues entre plusieurs niveaux (administration, représentants de la communauté locale, agriculteurs), et dans des cas plus compliqués entre des entités du même niveau (Termeer et al., 2010). Les contradictions entre différentes visions et rationalités dans un même niveau de gestion des systèmes irrigués ne concernent pas uniquement les agriculteurs. Fofack et al. (2015) ont montré que l'Etat marocain qui intervient dans la gestion et l'exploitation des eaux souterraines pour l'irrigation dans la plaine de Saiss, n'est pas impliqué en tant qu'entité unitaire mais à travers différentes administrations qui ont des visions et des rationalités contradictoires. Ils ont identifié plusieurs modes d'interaction des politiques publiques qui reflètent les différentes missions de l'état et qui sont contradictoires telles que : (i) le développement d'une agriculture intensive à haute valeur ajoutée, (ii) la sauvegarde et la préservation des ressources en eau et (iii) le maintien de la paix sociale en s'assurant que les opérations autour de l'accès et l'utilisation de la ressource ne représentent pas de menace à l'ordre public et social.

Par ailleurs, Molle (2012) a argumenté que dans le cas des systèmes à multi niveaux de gestion, les emboitements et les interactions tant au plan hydraulique que sur celui de gouvernance sont particulièrement prononcées et que les conséquences sociales et environnementales de

L'interconnectivité crée des situations inédites, où la probabilité que l'action d'un acteur donné ait un impact sur un autre acteur est amplifiée. Afin de mettre en évidence la complémentarité de l'analyse des interactions au sein du même niveau du système et entre ses différents niveaux, Aoki (1986) a analysé les faiblesses des systèmes d'information au sein de l'administration et au sein de la communauté locale : (1) l'administration a des connaissances globales du système, mais elle est incapable de suivre profondément les événements qui affectent le système ou prendre des mesures correctives rapides ; (2) les décisions des acteurs locaux peuvent être coordonnées sans une centralisation de l'information, cependant ces décisions sont prises sans connaissance des conditions et événements externes ce qui influence la pertinence et la durabilité de leurs décisions.

Ainsi, l'interdépendance entre les différents niveaux de gestion impose des interactions verticales et horizontales compliquées et dont l'évaluation nécessite une analyse exhaustive, ce qui rend le processus d'évaluation et de planification d'amélioration assez lourds et compliqués. Il s'agit ici d'un dilemme auquel se trouve confronté le processus d'évaluation de la gestion d'un tel système. Ce dilemme alimente une première question méthodologique : Quelle approche permet de dresser une carte sommaire des interactions entre les acteurs de différents niveaux du système et des acteurs du même niveau afin d'analyser les mécanismes de coordination existantes, identifier leurs défaillances et mettre en place les premières orientations d'une intervention d'amélioration ? Comment faire face à la complexité de la mise à plat des détails de communication et de coordination ?

- Les différents niveaux de gestion au sein du système : lieu de discontinuité ou d'interconnexion ?

Un système multi-niveaux, multi-acteurs est identifié par Long (1989) comme un ensemble d'interfaces de gestion qui donne souvent lieu à des discontinuités sociales, institutionnelles et techniques, qui sont basées sur des différences de valeurs et d'intérêt. Les interactions entre ces interfaces sont de nature dynamique et potentiellement conflictuelle. Par ailleurs, Kusumawati (2014) a qualifié ces lieux de rencontre entre différents acteurs comme des "champs de bataille", il a argumenté que la rencontre et l'interaction entre deux corps de connaissances qui portent des connaissances, des intérêts et des valeurs différentes, chacun des acteurs porteurs de ces connaissances va lutter afin de convaincre les autres de la pertinence de sa perception et afin de gagner leur appui.

Ainsi, plusieurs travaux qui s'intéressent aux interventions au niveau du secteur agricole ont mis l'accent sur le caractère dynamique des interactions qui existent et ont introduit l'analyse des interfaces comme un outil pertinent pour montrer comment les objectifs, les intérêts et les relations entre les différents acteurs impliqués dans la gestion sont remodelés en fonction des résultats de ces interactions (ie. Long, 2004). Il s'agit d'explorer comment ces interactions sont affectées par les acteurs, les règles et les ressources spécifiques à chaque situation d'interface, et comment à leur tour ils affectent ces éléments.

Les différents niveaux du système peuvent présenter des formes d'interconnexion ou de discontinuité, ainsi que de multiplicité de positions, de valeurs et de rationalités différentes et potentiellement conflictuelles. C'est au niveau de l'interface, que toute intervention ou politique de gestion doit être mise en action, façonnée ou radicalement transformée. Ainsi, lors de la mise en œuvre d'une intervention d'amélioration, au lieu de considérer la relation entre les objectifs de l'intervention, les moyens de sa mise en œuvre et ses résultats comme une relation linéaire, une réinterprétation des transformations qui résultent des interactions des acteurs et qui peuvent affecter la pertinence et la durabilité du processus d'amélioration semble être plus efficace. L'analyse

du point au niveau duquel une intervention planifiée prend place, doit être effectuée au niveau de l'interface qui présente un point critique à travers lequel non seulement une politique ou un programme sont appliqués, mais aussi transformés à travers des valeurs sociales qui n'étaient pas considérées lors de sa mise en œuvre. Ceci nous amène à poser les questions suivantes : Pourquoi les différents acteurs appliquent de tels mécanismes de coordination, quelles sont les raisons derrière l'absence ou à l'inverse l'instauration de processus de coordination efficaces pour gérer le système irrigué ? Quels sont les impacts de ces coordinations sur la gestion du système ?

Le présent chapitre a pour but d'explicitier les différentes coordinations requises entre les acteurs impliqués dans la gestion des eaux de surface du Canal de Medjerda Cap bon aux différents niveaux du système. L'étude des différentes interactions qui existent entre les acteurs afin de gérer une ressource en eau commune et limitée vise à comprendre les facteurs qui influencent leurs décisions et de dégager les logiques sous-jacentes à leurs décisions. Cette analyse causale est alors orientée vers la recherche des lacunes de coordination qui expliquent l'état dysfonctionnel du système et de les traduire en orientations d'amélioration. Afin d'établir une carte sommaire des interactions entre ces acteurs, nous avons fait le choix d'utiliser une approche systémique qui met l'accent sur les processus de coordination et de passage d'information et de ses interactions avec les processus décisionnels et opératoires.

3.2. Matériels et méthodes

3.2.1. Cadre d'analyse

L'incapacité des approches d'évaluation mono-disciplinaires de rendre compte des différents processus qui interviennent dans le fonctionnement du système irrigué tel que les processus biophysique, institutionnels ou sociaux, et en conséquence leur limite à appréhender les relations entre l'homme et son environnement et l'incapacité d'autre part des approches multicritères à analyser les interactions entre ces différents processus, nous a amené à nous orienter vers l'approche systémique. Cette approche est appliquée pour l'analyse de la gestion des eaux de surface du CMCB. Une telle approche découle de notre conscience de la complexité de gestion des systèmes irrigués et de la multiplication des interactions entre les différents processus impliqués dans cette gestion, en particulier dans le cas d'un système à multi-niveaux de gestion. Ce choix méthodologique repose sur le postulat d'une meilleure analyse des interactions entre échelles de temps ou d'espaces différentes lorsqu'elle s'appuie sur un diagnostic pertinent des niveaux d'organisation, des unités fonctionnelles au sein d'un périmètre irrigué ainsi que leurs relations et rapports mutuels. Ainsi, afin d'appréhender la complexité de ces interactions, on a opté pour un regard systémique qui met l'accent sur le sous-système d'information.

Rosnay (1975) a défini trois étapes de l'approche systémique : "L'analyse des systèmes consiste à définir les limites du système, à identifier ses éléments importants et les types d'interactions entre ces éléments puis à déterminer les liaisons qui les intègrent en un tout organisé". Il s'agit d'un outil qui permet de représenter et analyser les éléments complexes du système caractérisés par un réseau de relations imbriquées, à travers son découpage en plusieurs sous-systèmes (Forrester, 1980). Ainsi, l'analyse systémique présente un triple intérêt dans l'analyse des systèmes irrigués. Elle apporte d'abord une nouvelle représentation du périmètre irrigué en le définissant comme un ensemble hiérarchique de sous-systèmes (figure 3.1).

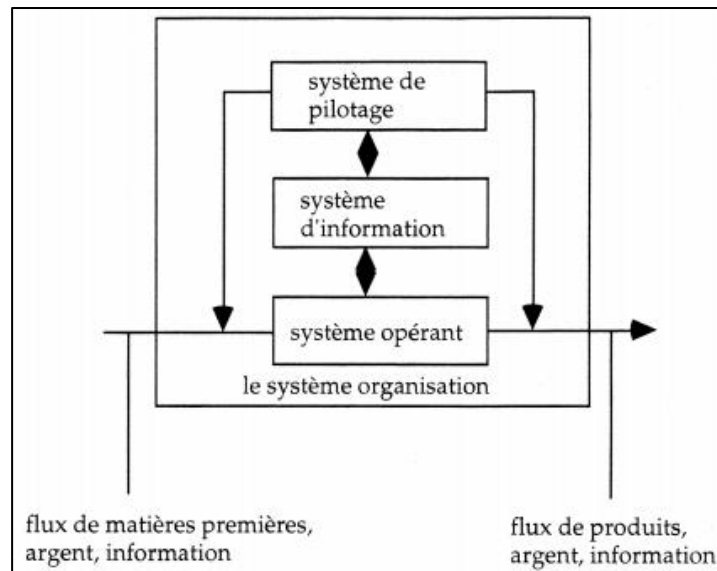


Figure 3.1 : Relation entre les sous-systèmes d'une organisation d'après Le Moigne, 1973 (cité par Hakkar, 1996)

Elle rend ensuite possible l'étude des conséquences d'une décision ou d'un comportement d'un sous-système sur le reste, et elle aide enfin à déterminer les mesures permettant d'améliorer le fonctionnement du système. Garin et al. (1999) en se référant à Le Moigne (1994) ont expliqué que comme tout autre système, le périmètre irrigué est décomposé en trois niveaux d'organisation : (i) le sous-système décisionnel qui réagit à partir des informations, de sa mémoire et de ses objectifs pour intervenir sur le système opérant ; (ii) le sous-système d'information qui recueille et traite les informations utiles au sous-système décisionnel et (iii) le sous-système opérant qui est le lieu où se fait la transformation des intrants en extrants et qui matérialise la fonction du système.

Par ailleurs, c'est dans l'évaluation des systèmes d'information et de décision que l'approche systémique a le plus apporté. Dans le cas de la décision, la systémique rend possible l'étude par simulation des conséquences d'une décision sur le bon fonctionnement du système global. Elle a permis aussi de prendre en compte le rôle essentiel de l'information dans la gestion. Maîtriser l'information permet au système de contrôler ses systèmes productifs, d'affiner sa cohérence stratégique et sa planification, et enfin de dominer la complexité de son environnement (HAKKAR, 1996). Cependant, le partage de l'information et sa circulation exige de la part des acteurs un comportement relativement volontariste vu que donner une information fait craindre une perte de pouvoir (Weber, 1993). L'existence d'un découpage hiérarchique et organisationnel dans un système accentue l'effort nécessaire à la diffusion efficace des informations (Monnoyer-Longé, 1994).

Ainsi, dans ce travail on va mettre l'accent sur l'analyse du sous-système d'information et de coordination et ses interactions avec les deux sous-systèmes décrits ci-dessus. Ce sous système qui s'intercale entre les deux, a pour objectif de délivrer au sous-système décisionnel une image des faits passés au niveau du sous-système opérant (Le Moigne, 1994). Il s'agit d'une vision du système irriguée inspirée de la contribution de Rey (1996). Rey a argumenté qu'une représentation globale du système permet d'identifier les faiblesses du système, dont l'analyse peut aiguiller le diagnostic vers les causes profondes de non fonctionnalité du système. Une telle analyse causale est alors orientée vers la recherche d'insuffisances du système en matière du système technique (problèmes de machines : flexibilité limitée due à la nature des ouvrages hydrauliques), en matière de décisions de pilotage (problèmes d'hommes : un pilote n'ayant pas formalisé de méthode pour réguler un canal principal) ou en matière de structure organisationnelle (problèmes d'institutions : hiérarchie

d'une agence d'irrigation incompatible avec la hiérarchie de pilotage...). Dans le cas de système à multi niveau de gestion, ces causes peuvent être multiples et corrélées (Perry, 1995).

Cette analyse est fondée sur la construction d'une représentation globale du système qui permet de le décomposer en plusieurs unités fonctionnelles ou ce qu'on a choisi d'appeler interfaces de gestion afin de mettre en relief les interactions qui existent entre les acteurs et analyses les défaillances des processus de coordination existants. Elle repose sur une compréhension approfondie des dynamiques structurelles, des degrés de liberté et des marges de manœuvre associés avec les différentes situations des interfaces du système et en conséquence des différents acteurs. Cette analyse systémique concerne la gestion de l'eau de surface.

3.2.2. Présentation générale du système étudié : Le sous-système opérant

Dans cette partie on va commencer par une présentation globale du sous-système opérant, défini comme le sous-système qui traite les événements physiques (Rosnay, 1975) et comme le lieu où se fait la transformation des « intrants » en « extrants » qui matérialise le fonctionnement du système (Garin et al., 1999) citant (Le Moigne, 1994). Le système opérant étudié dans ce travail, est un système d'allocation et de distribution d'une ressource en eau de surface partagée entre plusieurs périmètres publics irrigués. Il s'agit des eaux de surface mobilisées à travers le canal de Medjerda Cap Bon et pompées à travers la station de pompage de Belly 1 afin d'irriguer cinq périmètres irrigués, appelés les périmètres de sauvegarde sud. La figure suivante (figure 3.2) représente une vision globale de la partie aval du canal de Medjerda Cap Bon qui transfère l'eau à deux stations de pompage d'eau agricole Belly 1 et Belly 2 et une station de pompage d'eau potable qui assure l'alimentation des zones urbaines du Cap Bon, Sahel et Sfax.

Le choix du système global présenté dans le chapitre 2 (cf. figure 2.6, chapitre 2) a été déjà justifié dans l'introduction par son contexte marqué par une gestion multi-niveaux qui implique différents acteurs porteurs de différents objectifs et perceptions, et par la forte incertitude qui marque l'approvisionnement en eau en conséquence de la forte pression exercée sur les ressources en eau et la compétition sur l'usage des eaux du canal entre l'irrigation et l'eau potable. On a choisi dans ce travail de se centrer sur le système irrigué à partir de la station de pompage Belly 1 puisqu'il se distingue des autres parties du système global par trois spécificités : (i) en termes des ressources en eau de surface, ce système est exclusivement irrigué à partir de Belly 1, contrairement à la plupart du reste qui bénéficie d'autres ressources telles que le barrage de Bezirk ; (ii) les périmètres irrigués à partir de Belly 1 sont exclusivement des périmètres de plantations d'agrumes, il n'y a pas une possibilité d'adaptation en changeant le système de culture pour faire face à la pénurie d'eau et (iii) la position de ce système en aval du canal. Cependant, l'existence en réalité d'une interconnexion physique et décisionnelle entre la station de pompage de Belly 1 et de Belly 2 nous a amené à inclure les extensions d'agrumes dans ce travail.

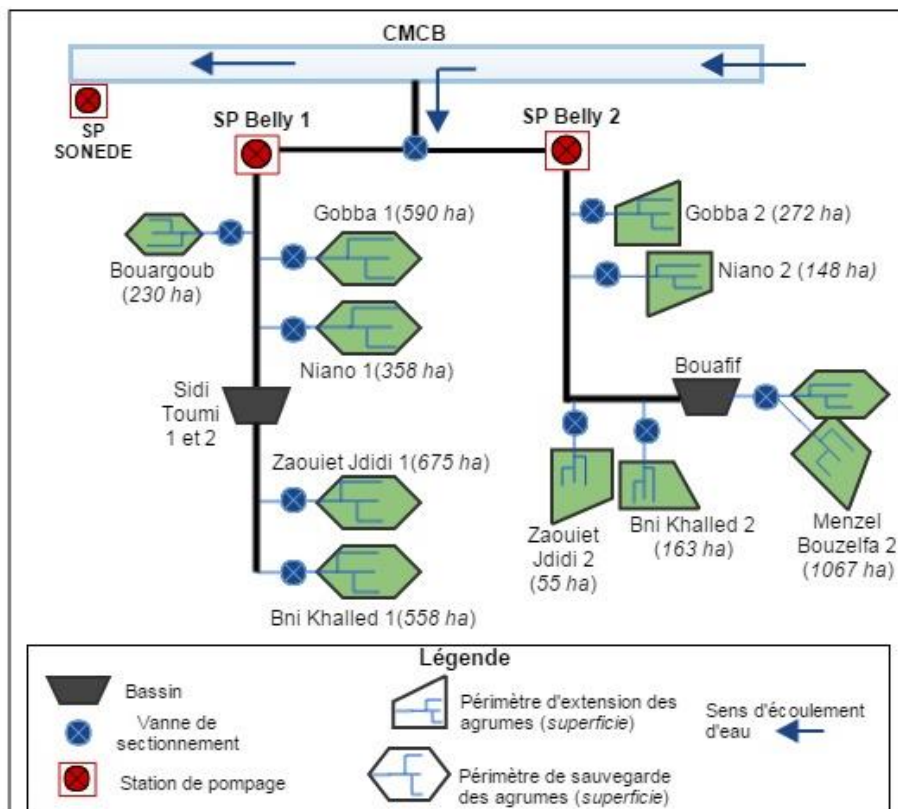


Figure 3.2: Réseau d'alimentation et de distribution de l'eau du canal transférant les eaux du nord au Cap Bon aux périmètres de sauvegarde sud et des extensions des agrumes

3.2.3. Présentation du contexte: le sous-système décisionnel

Hakkar (1996) a identifié le sous-système décisionnel comme le sous-système de pilotage qui "décide" des actions à conduire sur le sous-système opérant en fonction des informations, des objectifs et des politiques du système. En fonction de la logique du pilotage choisie, la gestion du système s'oriente vers davantage de "réactivité" face à des demandes aval exprimées au niveau du système opérant ou davantage de "planification" basée sur des prévisions de cette même demande aval. Rey (1996) a expliqué qu'une logique de pilotage est déployée par l'intermédiaire des décisions que prennent les différents acteurs en charge et qu'en ce qui concerne le processus d'allocation et de distribution de l'eau, on peut retenir trois grandes classes de décisions de pilotage : (i) l'allocation saisonnière de la ressource (AS) ; (ii) la programmation intra-saisonnière (PI) et (iii) les plans de manœuvre des ouvrages hydrauliques (PM).

Afin d'explorer comment les acteurs impliqués dans la gestion du système irrigué réagissent au mode de gestion existant ou comment ils développent des stratégies ou adaptent leurs décisions pour face aux problèmes de gestion de ce système, une comparaison entre ce qui a été prévu et ce qui est appliqué réellement en termes de règles de gestion afin d'assurer le bon fonctionnement du système a été conduite dans cette partie. Il s'agit d'explicitier les règles formelles qui caractérisent les trois classes de décisions mentionnées ci-dessus.

3.2.3.1. Règles d'allocation saisonnière de la ressource (AS)

Ce type de décision de gestion consiste à planifier la production de l'eau en raisonnant au début de la saison selon la disponibilité potentielle d'approvisionnement en eau, les types de culture et les surfaces cultivées. Cette planification concerne trois acteurs (*la SECADENORD, la SONEDE et le CRDA*) et elle est effectuée suivant deux étapes.

La première étape concerne la distribution des quantités d'eau mobilisées par le CMCB et gérées par la **SECADENORD**, entre le **CRDA** qui gère les périmètres irrigués et la **SONEDE** qui gère l'eau potable.

En théorie, les volumes alloués à l'eau potable et à l'agriculture irriguée sont fixés depuis la construction du canal : la SONEDE a le droit de pomper 27% du volume total transféré par le CMCB afin de satisfaire les besoins en eau de la région du Cap Bon alors que 73% de ce volume est alloué à l'irrigation en particulier les périmètres de sauvegarde des agrumes. En pratique, la SECADENORD organise une réunion au début de chaque saison avec les gestionnaires de la SONEDE et du CRDA au cours de laquelle une programmation est arrangée selon les prévisions disponibles et en considérant les volumes alloués pour chaque acteur. Les quotas d'eau distribués entre ces deux acteurs dépendent des négociations entre eux. Dans le contexte actuel de pénurie d'eau qui a engendré une forte compétition entre ces deux usagers, l'arbitrage des prélèvements de pointe est souvent politique et nécessite l'intervention du ministère. Vu que l'eau potable est prioritaire, le CRDA doit en général accepter l'augmentation des volumes pompés par la SONEDE.

La deuxième étape de la planification concerne la distribution de l'eau d'irrigation entre les périmètres irrigués et implique le **CRDA** qui gère la distribution de l'eau en externe de chaque périmètre ainsi que les **GDA** qui gèrent la distribution de l'eau à l'intérieur du périmètre. En théorie, le CRDA organise une réunion avec les différents GDA afin de décider la date d'ouverture du réseau d'irrigation et organiser le tour d'eau inter-périmètres. Mais en pratique, le CRDA fixe seul cette date selon l'état du réseau et l'avancement de ses travaux de maintenance. Les jours réservés pour chaque GDA est communiqué par la suite à travers un fonctionnaire de l'administration locale chargé de la gestion des périmètres de sauvegarde sud. A l'origine tous les périmètres irrigués à partir de la station de Belly étaient desservis en même temps, ce qui a conduit généralement à des conflits et des problèmes d'équité entre les périmètres en amont et ceux en aval. Actuellement, les périmètres alimentés à partir de Belly sont devenus des périmètres de restriction, un tour d'eau de deux jours a été instauré entre les périmètres en amont et en aval, à l'exception du périmètre de Bouargoub qui a une demande en eau faible. Le GDA est aussi informé de tout changement des heures de pointe de consommation d'énergie électrique pendant les mois de pointe en été.

3.2.3.2. Règles relatives à la programmation intra-saisonnière des irrigations (PI)

La planification des irrigations consiste à fixer des objectifs de distribution de l'eau à un pas de temps plus fin et de façon plus précise. Le **CRDA**, les **GDA** ainsi que les agriculteurs sont impliqués dans cette programmation.

Initialement, lorsque l'administration était le gestionnaire des périmètres, elle avait une logique de gestion basée sur une réactivité à des demandes aval exprimées à l'avance par les irrigants. Ceci permettait une meilleure distribution de l'eau entre les périmètres en se basant sur leurs besoins réels. Les agriculteurs se présentaient à l'avance auprès du gestionnaire de l'administration pour exprimer leurs demandes en eau. Ce gestionnaire dressait un calendrier d'irrigation et décidait du nombre de pompes en fonctionnement et de la durée de pompage par avance et transmettait cette information au gestionnaire de la station de Belly.

Depuis la décentralisation de l'Etat de la gestion de ces périmètres irrigués, une co-gestion qui implique l'administration et le GDA a été instaurée. Le CRDA assure la gestion des équipements et la distribution des quotas d'eau jusqu'à l'entrée de chaque périmètre, tandis que chaque GDA est concerné par la gestion interne du périmètre. Cependant, les GDA n'étaient plus capables de transmettre le besoin journalier de leurs périmètres vu qu'ils n'ont plus une idée sur le nombre de bornes d'irrigation ouvertes en même temps. En conséquence, le mode de gestion du CRDA a dérivé vers une planification basée sur des prévisions de cette demande aval. Concernant le reste des règles de gestion interne du périmètre, Les GDA ont gardé les mêmes mesures installées auparavant par le

CRDA : tous les quartiers hydrauliques du système sont ouverts en même temps, mais il y a un tour d'irrigation organisé entre les agriculteurs qui optent pour les techniques d'irrigation traditionnelles contrairement aux usagers du goutte à goutte qui ont un accès continu au réseau collectif. Chaque agriculteur doit se présenter au GDA pour renouveler son contrat et demander l'eau.

3.2.3.3. Plans de manœuvre des ouvrages hydrauliques (PM)

Il s'agit de raisonner la succession des opérations à effectuer sur des ouvrages hydrauliques pour mener à bien la distribution de l'eau. Ces processus sont régulés en fonction des prévisions de la demande des agriculteurs, basées sur l'historique de la demande en eau des agriculteurs et de l'offre potentielle conditionnée par la station de pompage et le niveau de l'eau dans le canal. Tout d'abord, on va présenter les règles implémentées par le **CRDA** afin de gérer les équipements du système, principalement les stations de pompage.

La station de pompage de Belly 2 a été construite afin de subvenir aux besoins des extensions agrumicoles indépendamment de la station de Belly 1. Cependant, à cause du sous-dimensionnement de la conduite qui relie les deux stations de pompage Belly 1 et Belly 2 au CMCB (SERI, 2013) et à cause du faible niveau d'eau dans le canal en particulier durant la période de pointe, les règles de gestion des deux stations doivent être bien coordonnées et les deux stations ne peuvent plus fonctionner simultanément avec leur capacité maximale. Sur un total de dix pompes, seulement sept pompes peuvent fonctionner en même temps. La règle actuelle adoptée par le gestionnaire local du CRDA est d'utiliser les deux stations de Belly d'une façon optimale. Il a décrit sa logique de manœuvre par « une gestion jour par jour dans laquelle il doit faire face aux contraintes relatives à une offre en eau aléatoire et une demande en eau non prévisible ». La figure 3.3 représente ces règles de gestion appliquées suivant le tour d'eau des périmètres amont et aval.

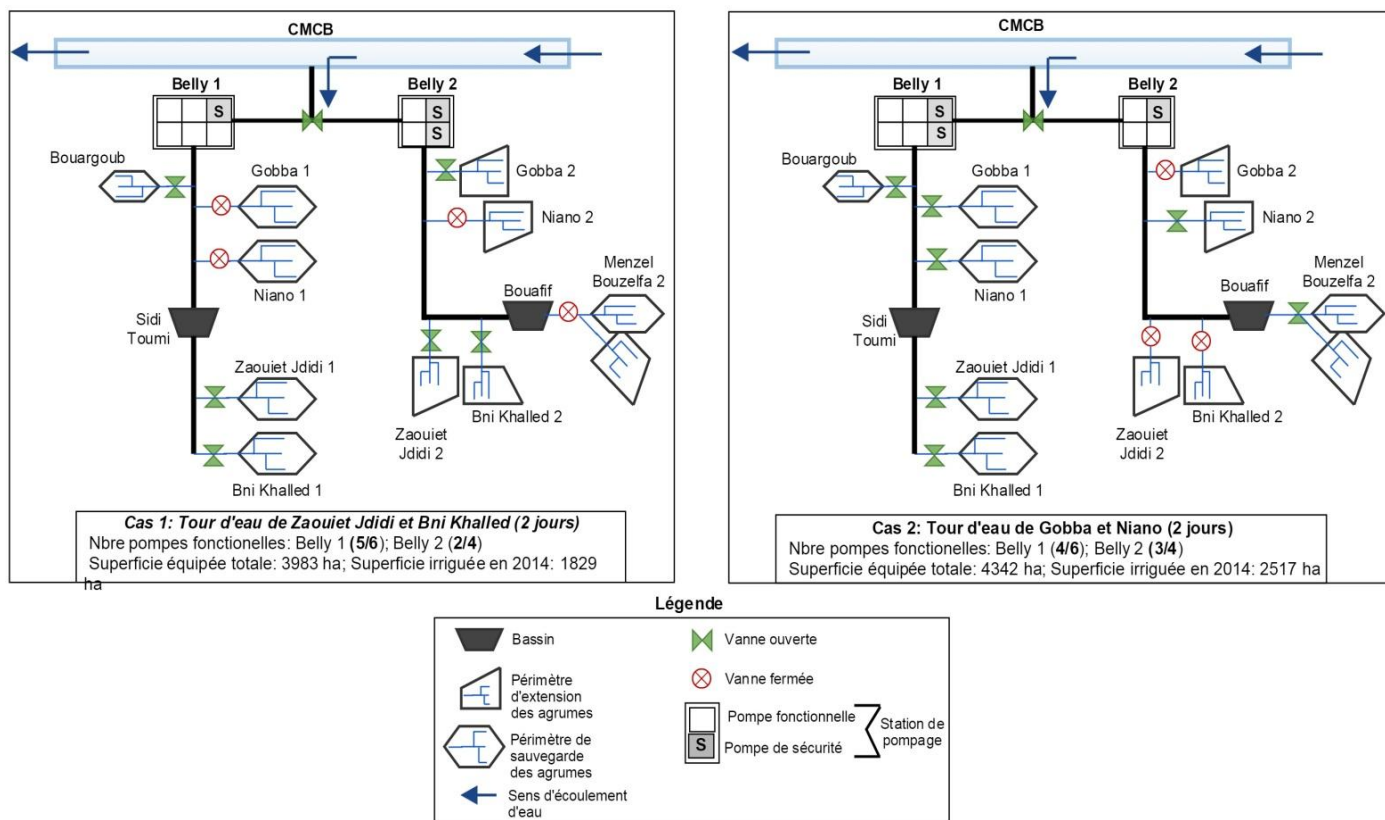


Figure 3.3: Les règles de gestion de la station de Belly suivant le tour d'eau organisé par le CRDA entre les GDA

Dans le premier cas représenté dans la figure ci-dessus, quand il s'agit du tour d'eau de Zaouiet Jedidi et Bni Khalled, les vannes de sectionnement en amont des périmètres sont fermées. La station de Belly 1 est exploitée à sa capacité maximale. Par contre, la station de Belly 2 fonctionne seulement à la moitié de sa capacité pour irriguer les extensions de faible superficie (Gobba 2, Bni Khalled 2, Zaouiet Jedidi 2). Le gestionnaire explique ce choix par la demande élevée de ces périmètres par rapport à ceux en amont. Le gestionnaire essaye de pomper le maximum d'eau pendant la nuit pour que les bassins de Sidi Toumi soient remplis tôt le matin.

Lorsqu'il s'agit du tour d'eau de Nianou et Gobba (figure 3.3, cas 2), la station de Belly 2 est utilisée pour alimenter les extensions de Nianou 2 et Menzel Bouzelfa 2. Ce dernier représente en réalité quatre autres périmètres dont les besoins en eau sont élevés, ce qui explique un fonctionnement à Belly 2 avec trois pompes et seulement quatre pompes à Belly 1. Dans ce deuxième cas, on remarque que les vannes de sectionnement au niveau des périmètres en aval sont ouvertes.

Le deuxième acteur concerné par les décisions de manœuvre des ouvrages hydrauliques est le **GDA**. Le transfert de la gestion aux associations des irrigants a eu lieu depuis 1998. Cependant les agriculteurs restent mal représentés vu que le conseil d'administration qui est composé d'agriculteurs bénévoles et qui doivent jouer le rôle de porte-parole des irrigants est peu mobilisé dans le suivi des activités de la gestion de périmètre. La gestion interne a été complètement relayée à l'équipe technique du GDA. Dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, tous les quartiers hydrauliques de ce périmètre sont ouverts en même temps. Un tour d'eau entre les exploitations en irrigation gravitaire est organisé à l'avance, alors que les usagers du goutte à goutte bénéficient d'un accès continu au réseau collectif. Ces règles ont été appliquées dès le début par le CRDA afin d'encourager l'usage des techniques économes en eau, et le GDA a continué de les appliquer. Actuellement, l'agriculteur se présente au GDA pour renouveler son contrat et demander l'eau au début de la saison. Le tour d'eau est organisé selon 'le premier arrivé est le premier servi'. La planification de ce tour n'est pas organisée selon la superficie et les besoins théoriques des cultures, le tour de l'irrigant prend fin lorsqu'il décide d'arrêter de son propre gré. L'accès aux bornes d'irrigation est théoriquement contrôlé par les aiguadiers. En pratique, le GDA n'est plus capable de contrôler l'accès des irrigants au réseau collectif.

3.2.4. Approche méthodologique

La démarche a été mise en œuvre en deux étapes : une première étape exploratoire et une deuxième étape d'analyse plus approfondie centrée sur la coordination et les interactions entre les différents systèmes.

Durant la phase exploratoire, des entretiens individuels ont été effectués auprès d'un gestionnaire de la SECADENORD responsable de l'allocation et la distribution des eaux du canal, de deux gestionnaires de l'exploitation des périmètres irrigués de l'administration régionale du CRDA de Nabeul, le gestionnaire des deux stations de pompage Belly 1 et 2, le gestionnaire local des périmètres de sauvegarde sud, quatre membres de l'équipe technique du GDA de Zaouiet Jedidi (directeur technique et aiguadiers) et 20 agriculteurs qui exploitent le réseau collectif d'irrigation dans le périmètre de Zaouiet Jedidi. Ces entretiens étaient complétées par des observations sur le terrain, en particulier des interactions entre l'équipe technique du GDA et les agriculteurs. Les personnes contactées ont été invitées à expliquer leurs points de vue sur l'histoire du périmètre, sur ses problèmes de gestion et sur les règles de gestion mises en place. Cette phase exploratoire nous a permis de dresser dans une première étape une représentation globale du système.

Lors de la deuxième phase d'explicitation des mécanismes de coordination dans ce système et leurs défaillances, on a amené une seconde série d'entretiens qui visait les mêmes acteurs gestionnaires et une dizaine d'agriculteurs parmi ceux rencontrés la première fois. Ces entretiens ont porté sur trois questions principales : (i) quelles coordinations existent entre l'interviewé et le reste des acteurs impliqués dans la gestion du système (ce que chacun fait, exemple en situation de coupure d'eau) ? (ii) les raisons de ce choix ou comportement ? (iii) si un réseau d'information existe entre l'interviewé et l'un des acteurs qu'il considère clé, comment il va se servir de cette information ? y aura-t-il un passage d'information au reste des acteurs ? Cette deuxième phase nous a permis d'affiner notre compréhension des interactions entre les différents acteurs aux différents niveaux du système.

3.3. Résultats

3.3.1. Représentation pour évaluer les dysfonctionnements du sous-système d'information et de coordination

3.3.1.1. Identification des interfaces de gestion

Le mode d'organisation de ce système à multi-niveaux de gestion conduit à mettre en évidence plusieurs interfaces à travers lesquelles, l'acteur peut passer d'une logique d'"utilisateur d'eau" à une logique de "fournisseur d'eau". La figure 3.4 nous permet de distinguer quatre interfaces de gestion.

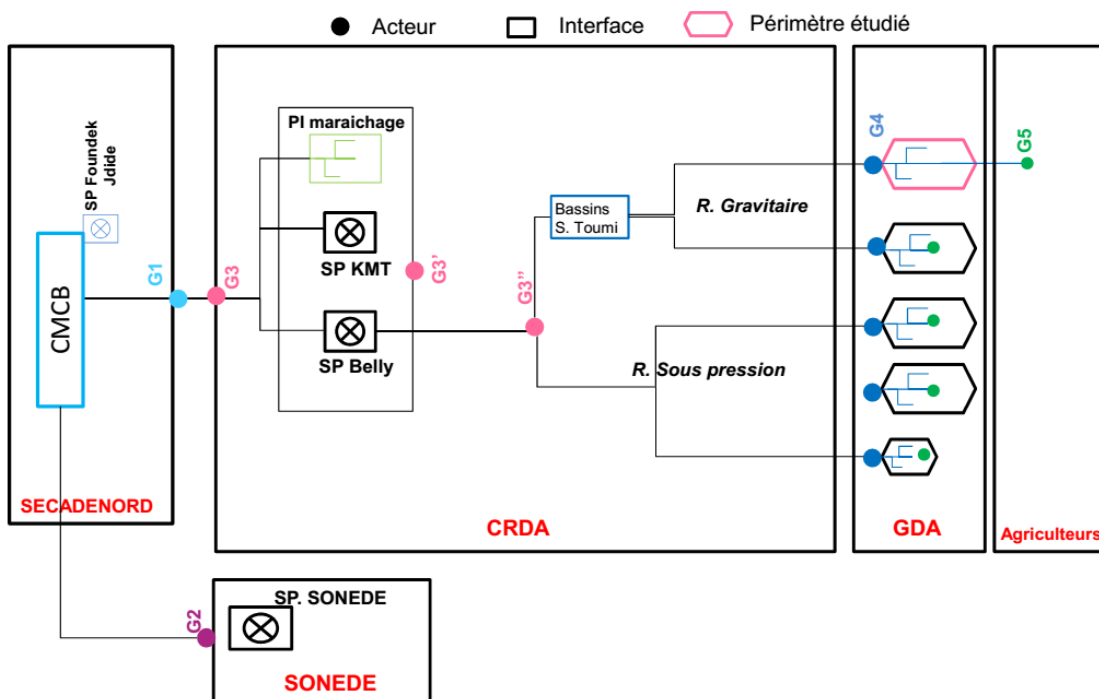


Figure 3.4 : Présentation des interfaces de gestion du système et de la limite d'intervention de ses différents acteurs

La première interface est la société d'exploitation du canal "SECADENORD" fournisseur d'eau semi-maîtrisée qui distribue l'eau entre deux interfaces : la société de distribution de l'eau potable "SONEDE" et le Commissariat Régional de Développement Agricole de Nabeul "CRDA". A son tour le CRDA passe à une logique de fournisseur d'eau et assure l'allocation d'eau aux périmètres de sauvegarde des agrumes qui sont gérés par les associations des irrigants "GDAs" qui représentent une troisième interface de gestion. Ces derniers identifiés comme des utilisateurs d'eau fournie par le CRDA jouent aussi le rôle de fournisseurs d'eau aux exploitations agricoles donc aux agriculteurs qui représentent les utilisateurs de l'eau en aval comme un facteur de production de biens agricoles.

3.3.1.2. Identification des différents acteurs et leurs objectifs stratégiques

Le contexte étudié est un cas d'allocation de l'eau à des fins multiples (usage urbain, touristique et agricole) conduisant à des stratégies de gestion assez complexes. Cette complexité est encore amplifiée par la compétition entre différents secteurs sur une source d'eau limitée. Afin de mieux comprendre la diversité des arrangements et des règles qui pilotent ce système ainsi que les facteurs contextuels qui peuvent influencer les décisions de gestion, il est nécessaire d'explicitier les missions et les objectifs stratégiques des différents acteurs en particulier les gestionnaires qui sont chargés du bon fonctionnement du système. Le tableau 3.1 présente les différents acteurs du système, leurs rôles, leurs modes d'organisation, leurs objectifs stratégiques et leur limite d'intervention.

Tableau 3.1 : Identification des différents acteurs et de leurs objectifs stratégiques

Acteur		Rôle	Structure	Mission ; objectif stratégique	Limite d'intervention
G1	SECADENORD (Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord)	Fournisseur d'eau	Semi-publique	L'exploitation et la gestion du Canal Medjerda-Cap Bon et ses différents ouvrages et équipements en amont et en aval dont principalement les deux stations de pompage de Béjaoua et de Foundouk Jedide et les vannes de régulation.	Les ouvrages hydrauliques du canal jusqu'à la station de pompage de Foundek Jedide
G2	SONEDE (Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux)	Client 1 de la SECADENORD : usager de l'eau produite par la SECADENORD et fournisseur d'eau potable	Publique	Distribution de l'eau potable au Cap Bon, Sahel et Sfax ; Satisfaire les besoin en eau potable de ses clients	La structure depuis la station de pompage d'eau potable jusqu'aux zones urbaines
G3	CRDA de Nabeul (Commissariat Régional au Développement Agricole)	Client 2 de la SECADENORD : usager de l'eau produite par la SECADENORD et fournisseur d'eau d'irrigation	Publique	Exploitation et maintenance des stations de pompage de Belly et KMT, des bassins et de tous les ouvrages de régulation jusqu'à l'entrée des périmètres ; Objectifs orientés vers le développement rural : Maximisation de la production agricole, justice sociale (équité de distribution de l'eau...)	La structure depuis les stations de pompages d'eau d'irrigation jusqu'aux entrées des périmètres irrigués
G3'	- Gestionnaire la station de pompage de Belly et des périmètres de Grombalia-Slimen				
G3"	- Responsable de la distribution de l'eau entre les périmètres de sauvegarde des agrumes				
G4	GDA (Groupement de Développement Agricole)	Client du CRDA : usager de l'eau produite par la station de Belly et distributeur de l'eau aux agriculteurs	Privé	Satisfaire les besoins en eau des agriculteurs Exploitation et maintenance des conduites et des ouvrages de régulation au sein du périmètre Distribution de l'eau entre les agriculteurs	L'intérieur du périmètre irrigué
G5	Agriculteurs	Usagers de l'eau distribuée par le GDA, et producteurs de biens agricoles.	Exploitants individuels	Assurer la viabilité de leurs exploitations agricoles	Exploitation agricole

3.3.2. Analyse des processus de coordination et de passage de l'information

3.3.2.1. Mécanismes de coordination lors de la planification des allocations saisonnières (AS)

La figure 3.5 montre que la coordination d'allocation de l'eau entre la SONEDE et le CRDA n'existe qu'au début de la saison d'irrigation en présence des gestionnaires de la SECADENORD qui se considèrent comme un élément neutre dans ces échanges.

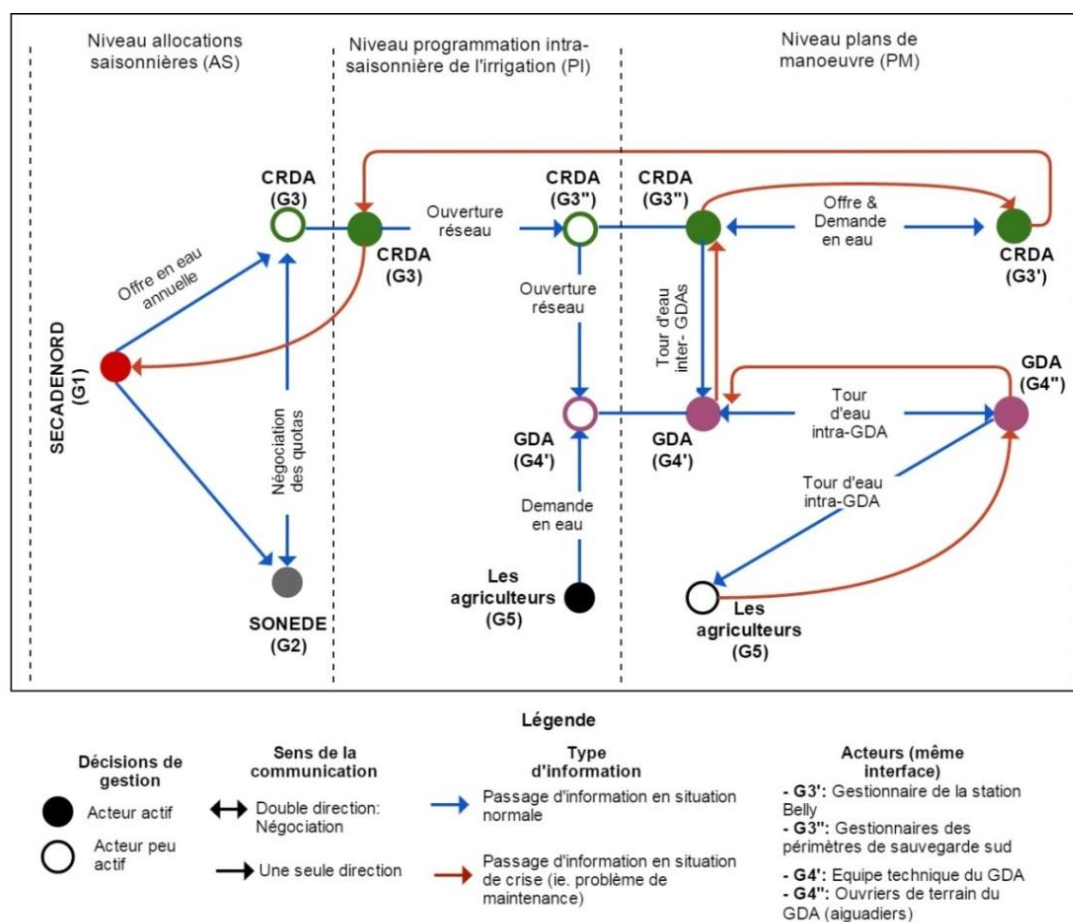


Figure 3.5 : Coordination entre les acteurs et passage de l'information suivant leurs limites d'intervention et le type de décision de gestion

Cependant, pour la desserte de l'eau au quotidien, il n'y a aucun système d'échange d'informations entre ces acteurs sur l'offre en eau qui est aléatoire et qui subit de grandes variations inter et intra journalières largement imprévisibles.

Le gestionnaire du CMCB (G1), qui a été rencontré et interviewé a confirmé que la SECADENORD n'est pas disposée à intervenir lors de l'attribution des quotas d'eau au CRDA et à la SONEDE : « lors de la réunion de planification annuelle, on déclare les prévisions en eau annuelles estimées, le CRDA et la SONEDE doivent déclarer leurs besoins et arriver seuls à un consensus, ce n'est pas notre problème s'il y a des priorités d'allocation qui oblige le CRDA à accepter la diminution de sa part d'eau ou s'il ne dispose pas de moyens pour contrôler les prélèvements de la SONEDE ». Le gestionnaire a mis également l'accent sur la nature de la SECADENORD en tant qu'institution semi-publique qui favorise les interactions avec la SONEDE qui n'a pas de problèmes de paiement des redevances et qui dispose de moyens de comptage fiables, contrairement au CRDA qui a des dettes élevées et qui à cause de manque de dispositifs faibles de suivi des quantités consommées, crée des

tensions entre les deux institutions ». En cas de coupure d'eau à cause d'un problème au niveau des équipements gérés par la SECADENORD, le gestionnaire du canal a déclaré qu'il informe le CRDA, et que si l'information peut ne pas être communiquée immédiatement, si le problème survient le soir ou s'il estime qu'il peut être résolu rapidement.

Les gestionnaires du CRDA au niveau central (G3) ont exprimé que face à la priorité de l'approvisionnement en eau potable, le CRDA n'a aucun choix : « en périodes de sécheresse, et si la SONEDE rencontre un problème, on reçoit souvent l'ordre d'arrêter le fonctionnement de la station de pompage de Belly. Désormais, les agriculteurs doivent subir les conséquences d'une telle interruption du service et les contraintes d'une nouvelle mise en eau ». Quant à la communication entre la SONEDE et le CRDA pour gérer les prélèvements en eau quotidiens, les gestionnaires du CRDA interviewés ont expliqué qu'il n'y a aucun échange d'informations entre les deux institutions. La position de la station de pompage de la SONEDE qui est en aval mais qui a un niveau beaucoup plus bas que le reste des stations, lui permet de pomper souvent des quantités d'eau qui dépassent largement les quantités prévues, sans informer le CRDA. Contrairement aux déclarations du gestionnaire du canal (G1), les gestionnaires du CRDA (G3) ont critiqué la réticence de la SECADENORD pour prévenir le CRDA de l'existence de problème.

3.3.2.2. Mécanismes de coordination lors de la programmation saisonnière de l'irrigation (PI)

Au niveau de la programmation intra-saisonnière, le gestionnaire des périmètres de sauvegarde (G3 ") ainsi que l'équipe technique du GDA (G4') sont considérés comme des acteurs peu actifs dans la coordination. C'est l'administration centrale (G3) qui décide de la date d'ouverture du réseau selon l'évolution des travaux de maintenance. Le gestionnaire G3" transmet au GDA les informations sur cette date et sur les heures de pointe de consommation électrique. L'exclusion du GDA de ce processus a été souvent contestée par ce dernier qui estime qu'une ouverture plus tôt du réseau, lui permet de mieux gérer la demande des irrigants. Le directeur technique du GDA a déclaré que la date d'ouverture du réseau doit être décidée selon la demande du GDA, cependant, il n'y a aucune coordination entre le GDA et le CRDA, et que ce dernier prend seul la décision en fonction de l'évolution de ses travaux de maintenance du réseau, qui sont effectuées trop tard ce qui amène à une ouverture du réseau souvent à la fin du mois de mai ou même au mois de juin.

3.3.2.3. Mécanismes de coordination au niveau des plans de manœuvre (PM)

Les agriculteurs expriment leur demande en eau au GDA au début de la saison d'irrigation. Afin de planifier les opérations de gestion, il y a une coordination active entre les gestionnaires de la même interface CRDA. Le gestionnaire de la station de Belly G3' qui suit régulièrement le niveau de l'eau dans le canal informe le gestionnaire des périmètres de sauvegarde G3" de l'état de la station de pompage et du niveau d'eau dans le canal quotidiennement. A son tour l'acteur G3'' l'informe de l'organisation du tour d'eau inter-GDAs et de la demande en eau estimée. Ils se coordonnent pour assurer un fonctionnement optimal de la station.

Par contre, le GDA n'est pas impliqué dans l'organisation de ce tour d'eau, il est juste informé de ses dates d'irrigation, il ne dispose aussi d'aucune information sur l'offre en eau. Alors que le gestionnaire des périmètres irrigués (G3") a fortement contesté lors de nos entretiens le manque de communication avec la SECADENORD en particulier lorsqu'il y a une coupure d'eau, il a estimé qu'informer le GDA des problèmes en avance ne sert qu'à augmenter les tensions et que même si ce dernier est informé en avance du problème, une fois que l'eau est coupée, il n'a aucun moyen pour alléger les conséquences d'une telle coupure.

Au sein du GDA, l'équipe technique G4' et les aiguadiers G4" se coordonnent pour l'organisation du tour d'eau au sein du GDA. Les agriculteurs sont exclus de la préparation du calendrier d'irrigation, par contre, ils sont actifs notamment lorsqu'ils sollicitent l'information à propos de leurs tours.

Les entretiens avec les membres de l'équipe technique du GDA de Zaouiet Jedidi ont révélé que ces derniers considèrent que les agriculteurs ne peuvent pas s'organiser pour participer dans l'organisation des irrigations, et que dans le contexte actuel de pénurie d'eau, leur participation va être contrainte par leur compétition pour satisfaire leurs besoins en eau individuels sans se soucier du bien collectif. Dans le cas d'une coupure d'eau à cause d'un dysfonctionnement dans l'un des niveaux du système, le directeur technique du GDA a expliqué qu'avertir les agriculteurs n'a aucune utilité, et que ni le GDA ni les irrigants n'ont les moyens pour alléger l'impact de ces coupures : « La seule utilité d'informer les agriculteurs d'un dysfonctionnement est quand il est de la responsabilité du CRDA ou la SECADENORD. Les agriculteurs considèrent toujours que le GDA est le seul responsable de toute interruption du service d'irrigation, leur expliquer les vraies causes peut alléger les tensions entre le GDA et ses abonnés ». Quant aux interruptions d'eau à cause des heures de pointe de consommation d'énergie électrique, contrairement aux déclarations de l'équipe technique du GDA qui a expliqué que les aiguadiers transmettent quotidiennement ces informations aux irrigants, les entretiens avec ces derniers ont montré que non seulement les agriculteurs sont mal informés de la programmation des irrigations inter-GDA et de tout indicateur sur la variabilité de l'offre en eau, mais aussi de ces heures de pointe. Par ailleurs, le suivi sur le terrain des échanges entre les irrigants et les aiguadiers montre la tendance de ces derniers à attribuer la responsabilité de toute coupure d'eau à l'administration. A titre d'exemple, au lieu d'expliquer aux irrigants, qu'entre 11h et 15h l'eau est coupée à cause des heures de pointe, les aiguadiers annoncent que l'eau est coupée car l'administration permet aux périmètres en amont d'irriguer pendant le tour de Zaouiet Jedidi. Ces déclarations se sont répétées même si la date d'irrigation ne correspond pas au tour d'irrigation de Zaouiet Jedidi. En conséquence en absence d'un système de communication avec les agriculteurs qui sont exclus des décisions de gestion, ces derniers ont développé des comportements individuels pour faire face à cette situation de pénurie, qui seront discutés dans le reste du travail.

Nos observations sur le terrain montrent aussi l'absence de toute forme de coordination formelle ou informelle entre les agriculteurs. L'absence de coordination est en particulier claire dans le cas des bornes collectives entre plusieurs irrigants. L'équipe technique doit intervenir à la fin du tour de chaque usager et permettre l'accès à l'usager suivant de la même borne, les aiguadiers doivent souvent intervenir pour arrêter les disputes entre ces usagers. Les problèmes de ces bornes est encore important quand les usagers ont des techniques d'irrigation différentes : entre des irrigants qui utilisent le gravitaire avec un accès limité et les irrigants qui utilisent le goutte à goutte.

3.3.2.4. Illustration d'un exemple de situation de coordination en cas de problème de coupure d'eau

La figure 5 illustre aussi le sens de communication en cas de gestion d'une crise (ie. problème de maintenance). On peut conclure que l'ordre de la communication de l'information est inversé dans ce cas. En général, les agriculteurs prennent connaissance de l'existence d'une coupure d'eau au niveau tertiaire et informent les aiguadiers. Ces derniers peuvent être au courant de ce problème vu qu'ils assurent un suivi journalier du niveau de l'eau dans les bassins de Sidi Toumi (même si ces bassins sont gérés par le CRDA). Ils informent l'équipe technique du GDA qui va prendre les dispositions nécessaires s'il s'agit d'un problème intra-périmètre. Si ce n'est pas le cas, elle prévient le gestionnaire des périmètres de sauvegarde qui en collaboration avec le gestionnaire de la station

de Belly vont déterminer la source de ce problème et informer l'équipe de maintenance du CRDA pour intervenir. Lors des entretiens avec ces gestionnaires, ils ont déclaré que même s'ils sont conscients à l'avance de l'existence d'un tel problème, ils n'informent pas le GDA à l'avance afin d'éviter les tensions, tout en essayant d'intervenir le plus tôt possible. Si le problème dépasse la limite d'intervention du CRDA, le gestionnaire de la station de pompage contacte la SECADENORD. De même ce dernier n'informe le CRDA de l'existence d'un problème au niveau de ses stations de pompage que s'il s'agit d'une panne qui nécessite une intervention longue.

3.4. Discussion

3.4.1. Analyse des besoins de coordination et de gestion de l'information

3.4.1.1. Coordination et gestion de l'information au niveau de l'interface SECADENORD-CRDA

Dans ce travail, le système étudié est caractérisé par une grande variabilité de l'offre en amont qui n'arrive pas à satisfaire la demande en eau des différents usagers. L'amplification de la demande en eau potable et agricole en particulier en période de pointe, a joué un rôle important dans l'émergence des tensions entre les différents acteurs (entre les fournisseurs et les usagers, et entre les usagers eux-mêmes). Néanmoins, la priorité attribuée à l'eau potable a imposé au monde agricole de subir toute la variabilité de ce système et tous les impacts de la pénurie d'eau.

L'analyse du sous-système d'information au niveau de l'interface SECADENORD-CRDA, a révélé l'absence d'une coordination efficace entre la SECADENORD et le CRDA quant à la planification des allocations annuelles et lors de la gestion quotidienne de la variabilité de l'offre en eau. La SECADENORD n'était pas disposée à intervenir pour arriver à un consensus entre le CRDA et la SONEDE quant au partage de l'offre en eau. Son caractère semi-public est l'un des facteurs qui a joué un rôle important dans l'instauration d'un système de coordination dysfonctionnel. En plus, la distribution prioritaire de l'eau potable qui met en avant les besoins de l'eau potable a permis à la SONEDE de dépasser son quota prévu sans informer le CRDA, ce qui a aggravé encore les dysfonctionnements du système.

Cependant, notre analyse a révélé que même s'il existe un système de communication fonctionnel entre la SECADENORD et le CRDA, ce dernier n'a pas la capacité d'améliorer la situation. Il n'a pas les moyens pour contrôler les prélèvements de la SONEDE, ni les marges de manœuvre pour faire face à la variabilité de l'offre en eau ou pour alléger les impacts de la pénurie sur les périmètres irrigués. L'infrastructure gérée par le CRDA et la flexibilité limitée des ouvrages hydrauliques restreignent le processus d'adaptation des gestionnaires de l'administration : (1) des bassins tampons de faible capacité qui ne permettent pas le stockage de l'eau et (2) une station de pompage exploitée d'une façon optimale compte tenu des contraintes techniques existantes.

Ceci nous permet de constater qu'une amélioration des processus de coordination au niveau de cette interface doit être accompagnée par une mise en place d'une infrastructure qui permet au CRDA de gérer les impacts de la pénurie d'eau et d'augmenter ses marges de manœuvre. Ce constat nous a conduits à analyser la coordination entre les acteurs qui appartiennent aux interfaces CRDA-GDA, GDA-Agriculteurs, ou des acteurs de la même interface.

3.4.1.2. Coordination et gestion de l'information entre les acteurs de la même interface (entre les gestionnaires du CRDA ; entre les gestionnaires du GDA)

Les résultats de notre analyse ont montré qu'il y a une communication fonctionnelle entre les acteurs de la même interface. Au sein du CRDA, le gestionnaire de la station de pompage et celui des périmètres irrigués ont mis en place un système de transfert d'informations de routine qui leur permet de maîtriser la programmation des irrigations malgré le fait que la demande en eau des périmètres de sauvegarde et l'état physique réel du canal CMCB (offre aléatoire, niveau de l'eau et débit très variables, volumes extraits du canal par les autres usagers inconnus...) sont inconnus. A travers leur communication, ces deux acteurs sont arrivés à établir de nouvelles règles informelles mais qui permettent de gérer d'une façon optimale la station de pompage de Belly même si sa capacité réelle ne correspond plus à ce qui a été prévu et ne permet plus de suivre les consignes opérationnelles qui ont été établies au début. Au sein du GDA, il y a une coordination efficace entre l'équipe technique du GDA et le personnel du terrain (les aiguadiers). Ces deux acteurs participent activement dans les prises de décision de gestion intra-périmètre tel que la programmation du tour d'eau entre les irrigants. Ainsi, on a opté pour l'analyse de la pertinence d'amélioration de la coordination entre les interfaces de gestion du monde agricole.

3.4.1.3. Coordination et gestion de l'information au niveau de l'interface CRDA-GDA

Le diagnostic de la communication entre le CRDA et le GDA montre qu'il y a un déficit de coordination à ce niveau. A cause de l'incapacité du GDA de transmettre à temps sa demande en eau journalière au gestionnaire du CRDA, la dynamique de gestion de ce dernier est basée uniquement sur une prédiction de cette demande et ne permet pas d'établir un système d'allocation en eau à la demande. L'origine de cette défaillance est l'incapacité du GDA de déterminer le nombre des agriculteurs qui irriguent en même temps pendant une journée déterminée malgré le système du tour d'eau existant entre les irrigants. Le GDA continue d'utiliser des règles de gestion qui ne sont plus adaptés au contexte actuel de pénurie d'eau, et a fini par perdre le contrôle sur l'accès des agriculteurs au réseau collectif.

Pour sa part, le CRDA n'a initié aucun effort pour améliorer la communication avec le GDA. Même s'il y a eu un transfert de gestion aux associations qui nécessite des processus de coordination à multi-niveaux, on constate que la coordination entre le CRDA et les acteurs locaux reste hiérarchique et centralisée. Le dysfonctionnement de communication entre ces deux acteurs réside principalement dans l'absence de transmission de toute information relative à l'offre en eau au GDA. Le manque de connaissance du GDA de ce qui se passe réellement en amont n'incite pas ce dernier à améliorer sa gestion intra-périmètre. Le GDA justifie son besoin de ces informations comme un outil pour diminuer les tensions avec les agriculteurs insatisfaits qui se mobilisent collectivement suite à chaque coupure d'eau et dénonce la gestion défaillante du GDA, sans pour autant voir un intérêt à informer les irrigants par avance de l'existence d'un problème. A son tour, le CRDA considère qu'il n'y a aucun intérêt à informer le GDA vu son incapacité à changer la situation. Il considère qu'une telle communication est inutile et peut augmenter les tensions entre le CRDA et les agriculteurs surtout dans un tel contexte fragile de post-révolution. Ce manque de communication, est dû d'autre part à l'attitude de l'administration dénonçant l'incapacité du GDA à gérer un dossier aussi compliqué que celui de l'eau agricole.

3.4.1.4. Coordination et gestion de l'information au niveau de l'interface GDA-Agriculteurs

Il n'y a eu aucun changement des règles de gestion intra-périmètre face au changement du contexte marqué actuellement par une pénurie d'eau et par l'incapacité des gestionnaires à satisfaire la demande en eau des irrigants. Le GDA n'arrive plus à contrôler l'accès des irrigants au réseau collectif. Ces derniers se trouvent seuls face à l'absence d'une programmation efficace de leur tour d'eau et l'insuffisance des quantités allouées à satisfaire le besoin en eau de leurs exploitations agricoles.

Ainsi, ce système, marqué par une grande variabilité, fait subir aux irrigants en aval, qui sont mal informés et qui n'ont aucune maîtrise sur le système, une forte incertitude qui affecte la gestion de leurs exploitations. Les agriculteurs ne sont pas informés des dysfonctionnements du système, des changements et ne sont pas impliqués dans la coordination des tours d'irrigation entre eux, ce qui a abouti en conséquence au développement de pratiques individuelles pour faire face à leurs problèmes. De sa part, le GDA, par manque d'imputabilité envers les agriculteurs, n'a instauré aucun système de communication avec eux, l'information est considérée uniquement comme une source de pressions sur le CRDA, ainsi il y a souvent une distorsion des informations concernant les causes d'interruptions du service d'irrigation. Le GDA a perdu ainsi beaucoup de ses attributions, il se positionne uniquement comme un percepteur de service, qui ressemble à la SONEDE.

L'absence de mécanismes verticaux de coordination est accompagnée aussi par l'absence de toute forme de coordination horizontale, entre les irrigants eux-mêmes. La situation de pénurie d'eau a généré des conflits entre les agriculteurs, une compétition pour bénéficier de plus d'eau et un manque de confiance entre eux.

3.4.2. Retour sur la méthode

La représentation globale du système et sa décomposition en plusieurs interfaces lieu de rencontre ou de confrontation entre plusieurs acteurs a permis de mettre en évidence les types de relations qui existent entre ces acteurs, et en conséquence les modes de coordination qui existent. Deux types de relations existent dans ce système. Le premier type c'est la relation hiérarchique entre des acteurs qui prennent la décision qu'on peut qualifier d'acteur pilote, et des acteurs qui suivent ces décisions sans être impliqués dans le processus de son élaboration ou planification. Il s'agit d'acteurs pilotés qui sont mal informés et qui subissent en général les conséquences de ces décisions. La relation entre le CRDA et le GDA, ou la relation entre le GDA et les agriculteurs est l'un de ces exemples. Le deuxième type de relation, est la relation non hiérarchique, où des mécanismes de coordination efficaces sont instaurés, tel qu'entre le gestionnaire de la station de pompage et le gestionnaire des périmètres irrigués.

L'analyse systémique a permis d'établir une carte sommaire qui projette d'une manière structurée les détails de communications échangées entre les acteurs. Cette mise à plat des mécanismes de coordination mise en œuvre pour gérer les différents niveaux du système permet d'explicitier comment les acteurs se coordonnent pour traiter un problème ou pour assurer la gestion quotidienne du système, ainsi que l'impact des coordinations existantes sur la gestion du système. Cette représentation a permis aussi de faire le lien entre les faiblesses du système et l'incapacité des gestionnaires à déployer certains objectifs stratégiques et de décider à quel niveau l'échange d'information peut produire un effet sur la qualité du service d'irrigation.

Comme l'a indiqué Rey et al. (1996), les causes de non fonctionnalités dans les systèmes à multi-niveaux de gestion peuvent être imbriquées et corrélées ce qui impose plus de difficultés pour les

analyses de performances et les planifications des interventions d'amélioration. Ces cas d'étude illustrent bien ces difficultés. Alors que les contraintes apparaissent uniquement comme des contraintes physiques, notre analyse a montré qu'elles renvoient en effet à des contraintes plus fortes. A titre d'exemple, au niveau de l'interface SECADENORD-CRDA lieu de décisions concernant l'allocation saisonnière (AS), l'insuffisance de l'offre en eau est l'origine essentielle des problèmes de gestion actuelle du système et des conflits entre les acteurs. Cependant, on constate que les acteurs à ce niveau n'ont pas les moyens ni l'envie de mettre en œuvre des mécanismes de coordination qui peuvent influencer la variabilité de l'offre et en conséquence améliorer la gestion. Au niveau de l'interface CRDA-GDA, les gestionnaires de l'administration n'ont pas des marges de manœuvre qui leur permettent d'améliorer la gestion. L'incapacité de l'infrastructure et son manque de flexibilité ne leur permettent pas de gérer les imprévus ni les besoins croissants de l'irrigation. Cependant, le système physique n'est pas la seule contrainte à ce niveau. La coordination centralisée par l'administration domine encore la gestion du système irrigué malgré le transfert de gestion aux associations.

3.5. Conclusion

La variabilité du débit en amont du système et son incapacité à satisfaire les besoins en eau actuels de l'irrigation est un handicap indiscutable pour la mise en œuvre de toute politique d'amélioration de la gestion de ce système étudié. Dans ce travail, on ne prétend pas que des améliorations en aval du système vont assurer une transition vers la fonctionnalité du système, qui nécessite en effet un traitement sérieux du problème de pénurie d'eau qui contraint toute amélioration des processus décisionnels et opératoires. Cependant, dans le contexte de ce système de gestion multi-niveaux multi-acteurs, notre hypothèse est fondée sur le rôle de l'amélioration des processus de coordination et de passage d'informations dans le renforcement du système décisionnel et opératoire. Le renforcement des coordinations entre les divers acteurs permettra d'établir un système assez solide pour alléger les effets des dysfonctionnements du système physique et pour s'adapter à la situation actuelle de pénurie d'eau.

Le diagnostic préliminaire des dysfonctionnements de chaque interface de ce système montre qu'au niveau de l'interface association des irrigants (GDA)-irrigants, le mode de gestion mis en vigueur est non fonctionnel car il est limité par des décisions et des règles inadaptées au contexte physique actuel de pénurie d'eau et au contexte institutionnel de politique de responsabilisation des agriculteurs et du renforcement de leurs capacités d'action collective. En se référant à l'analyse de Rey (1996) qui considère que « dans un contexte fortement multi-acteurs et multi-objectifs, les causes de non-fonctionnalité expliquant l'état d'équilibre dysfonctionnel atteint par un système peuvent être multiples et corrélés », on émet l'hypothèse que les interventions d'amélioration de la coordination en aval entre les gestionnaires du GDA et les agriculteurs peuvent être pertinentes et peuvent avoir des répercussions positives sur le processus d'amélioration en amont entre le CRDA et le GDA. Ainsi, l'accent est mis dans ce travail sur une réflexion pour améliorer la gestion interne du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi qui va être étudié plus en détails dans les chapitres suivants.

3.6. Références bibliographiques

Aoki M. 1986. Horizontal vs. Vertical information structure of the firm. *The American Economic Review*:971-983.

Boudjellal AA, Bekkar Y, Kuper M, Errahj M, Hammani A, Hartani T. 2011. Analyse des arrangements informels pour l'accès à l'eau souterraine sur les périmètres irrigués de la mitidja (algérie) et du tadla (maroc). *Cahiers Agricultures* **20** (1-2):85-91 (81).

Bouzidi Z. 2012. Dénouer les fils de la coordination à travers l'appréhension des grammaires locales: Analyse des pratiques de coordination pour la gestion des ressources productives dans le périmètre du gharb au maroc, Ed. Paris 10.

Coward EW. 1980. Irrigation and agricultural development in asia: Perspectives from the social sciences. Cornell University Press.

Errahj M, Kuper M, Faysse N, Djebbara M. 2009. Finding a way to legality, local coordination modes and public policies in large-scale irrigation schemes in Algeria and Morocco. *Irrigation and Drainage* **58** (S3).

Faysse N, Errahj M, Kuper M, Mahdi M. 2010. Learning to voice? Evolving roles of family farmers in the coordination of large-scale irrigation schemes in morocco. *Water alternatives* **3** (1):48.

Fofack R, Kuper M, Petit O. 2015. Hybridation des règles d'accès à l'eau souterraine dans le saiss (Maroc): entre anarchie et Léviathan?. *Études rurales*, (2), 127-150.

Forrester J. 1980. Principes des systèmes, traduit par p. Sylvestre-Baron, Presse universitaire de Lyon.

Garin P, Strosser P, Lamacq S. 1999. Quelle représentation d'un système irrigué pour une analyse prospective des réformes de gestion? *Économie rurale* **254** (1):12-19.

Hakkar K. 1996. Evaluation d'un systeme d'information : Pour un instrument de pilotage le cas du service "evaluation des procedes" du crit rhone-poulenc decines. MEMOIRE DE DEA Universite Jean Moulin Lyon III DEA Sciences de l'Information et de la Communication option : Information, organisation, cognition.

Kusumawati R. 2014. Networks and knowledge at the interface: Governing the coast of east kalimantan, indonesia. Wageningen University.

Le Moigne J-L. 1994. La théorie du système général: Théorie de la modélisation. jeanlouis le moigne-ae mcx (1994).

Lees SH. 1986. Coping with bureaucracy: Survival strategies in irrigated agriculture. *American Anthropologist* **88** (3):610-622.

Long N. 1989. Encounters at the interface. Netherlands: Agricultural University of Wageningen.

Long N. 2004. Actors, interfaces and development intervention: Meanings, purposes and powers. *Development intervention: Actor and activity perspectives*:14-36.

Molle F. 2012. La gestion de l'eau et les apports d'une approche par la political ecology. in *Environnement, discours et pouvoir*. Editions Quæ, pp 219-238.

Mollinga PP, Meinzen-Dick RS, Merrey DJ. 2007. Politics, plurality and problems: A strategic approach for reform of agricultural water resources management. *Development Policy Review* **25** (6):699-719.

Monnoyer-Longé MC. 1994. « Construction résiliente et développement des pme de services aux entreprises ». Actes de la 39ème Conférence mondiale du Conseil International de la Petite Entreprise, Strasbourg.

Perry CJ. 1995. Determinants of function and dysfunction in irrigation performance, and implications for performance improvement. *International Journal of Water Resources Development* **11** (1):25-38.

Rey J. 1996. Apports de la gestion industrielle au management des périmètres irrigués: Comment mieux piloter la production?, Ed. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Rey J, Renault D, Lamacq S. 1996. Vision " industrielle " de la gestion de l'eau sur un périmètre irrigué. *La Houille Blanche* (8):70-74.

Rosnay Jd. 1975. Le microscope. Vers une vision globale Paris: Seuil.

Termeer CJ, Dewulf A, Lieshout Mv. 2010. Disentangling scale approaches in governance research: Comparing monocentric, multilevel, and adaptive governance.

Vermillion DL. 1997. Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence, Ed by 11 RR. International Irrigation Management Institute. Colombo, Sri Lanka.

Weber M. 1993. Basic concepts in sociology. Citadel Press.

Chapitre 4 : Réponses des agriculteurs à la situation de pénurie d'eau dans un système d'irrigation collectif

4.1. Introduction

Plusieurs travaux se sont focalisés sur l'analyse de l'évolution de la gestion des ressources en eau et les différentes formes d'adaptation en fonction du changement de la perception de la pénurie d'eau (Homer-Dixon, 1994; Turton, 1999; Mehta, 2001). Auparavant, les politiques d'irrigation se sont distinguées par de grands aménagements hydrauliques afin d'exploiter plus d'eau. Cependant, ces politiques basées sur le développement de l'infrastructure ont été limitées par les faibles opportunités d'augmentation de l'offre en eau. En conséquence, les efforts se sont orientés vers l'amélioration de la gestion des aménagements et des ressources en eau existantes (eg. Frederick, 1997; Rijsberman, 2006). Ohlsson (2000) a argumenté que la gestion de la demande en eau est le résultat d'un passage d'une perception de la pénurie d'eau stipulée de naturelle absolue à sa perception comme une pénurie sociale relative. Cette transition est une tentative de balancer une offre en eau limitée avec une demande en eau croissante. La gestion de la demande en eau vise à améliorer la productivité de l'usage de l'eau ("*more crop per drop*"), et à introduire un mode efficient d'utilisation de l'eau qui ne peut être achevé qu'à travers des changements institutionnels majeurs (Kuper et al., 2009).

Les recherches sur l'adaptation à la pénurie d'eau se sont orientées par la suite vers l'étude des logiques derrière les stratégies des agriculteurs afin de faire face au manque d'eau (eg. Below et al., 2012; Bryan et al., 2013). Parmi les pratiques d'adaptation les plus répandues dans l'agriculture, on cite l'usage de nouvelles variétés de cultures mieux adaptées au contexte de pénurie d'eau, la diversification des variétés de cultures, le changement des dates de plantations (Bradshaw et al., 2004). Cependant, même si la diversification des cultures est souvent considérée comme une mesure clé afin de s'adapter à la pénurie d'eau (Gebrehiwot et van der Veen, 2013), ce type d'adaptation ne peut pas être utilisé dans le cas de culture pérenne tel que les vergers d'agrumes.

Turton (1999) a argumenté que développer ou améliorer la capacité d'adaptation des acteurs locaux est nécessaire pour une réponse pertinente à la situation de pénurie d'eau. Trouver la meilleure façon pour changer les pratiques existantes nécessite une compréhension du comportement actuel des agriculteurs et de reconnaître leurs propres capacités d'adaptation (Landais et al., 1988). Par ailleurs, Burton et al. (2002) ont expliqué que les sociétés humaines ont toujours su s'adapter à leur environnement, même si ceci est rarement reconnu. Ainsi, le défi est devenu de comprendre comment intégrer une connaissance locale appropriée. Ceci a amené à l'émergence d'une littérature qui s'intéresse à l'implémentation de ce que Smit et Wandel (2006) ont décrit par "des initiatives d'adaptation pratiques". Une gestion d'irrigation efficace nécessite des actions d'adaptation qui conviennent aux conditions locales, biophysiques, sociales et économiques (Meinzen-Dick, 2007). Cependant, même si l'importance de la capacité locale est reconnue progressivement, seulement quelques cas ont été analysés, et qui n'ont pas permis encore d'établir des procédures appropriées pour les décideurs. Ceci est en particulier prononcé dans les systèmes d'irrigation gérés par des associations d'agriculteurs, qui nécessitent des interactions entre les processus d'adaptation individuelles et collectives pour faire face aux problèmes de gestion de l'eau (Vandersypen et al., 2009).

Dans ce chapitre, on a analysé les pratiques des agriculteurs pour faire face à la pénurie d'eau et on a explicité les facteurs sous-jacents qui permettent d'expliquer leurs choix et stratégies, dans un

périmètre de sauvegarde des agrumes au Nord de la Tunisie. On a aussi étudié la diversité des exploitations agricoles afin d'analyser les différences de capacité d'adaptation des agriculteurs en termes de pratiques d'irrigation, et en conséquence déterminer l'impact de leurs pratiques individuels sur la distribution de l'eau au niveau du système irrigué. Ce travail s'inscrit dans le cadre de tentatives d'identification des stratégies d'adaptation qui peuvent garantir une gestion d'irrigation pertinente, équitable et durable dans un contexte de pénurie d'eau. Les résultats de ce chapitre ont été valorisés sous forme d'un article publié dans la revue *Irrigation and drainage* (Ferchichi et al., 2017).

4.2. Matériels et Méthodes

4.2.1. Présentation de la zone d'étude

4.2.1.1. Description du système de distribution et de gestion de l'eau

Le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi aménagé depuis 1969 est l'un des périmètres de sauvegarde sud des agrumes qui couvre une superficie de 1042 ha. En 2014, la superficie irriguée est de l'ordre de 675 ha et elle est couverte de vergers d'agrumes. Le périmètre est constitué de 30 quartiers hydrauliques et l'eau d'irrigation est distribuée aux agriculteurs à travers 603 bornes. Il y a eu installation d'une borne d'irrigation pour chaque agriculteur indépendamment de sa superficie irriguée, qui a d'ailleurs varié entre 0,4 et 50 ha (figure 4.1).

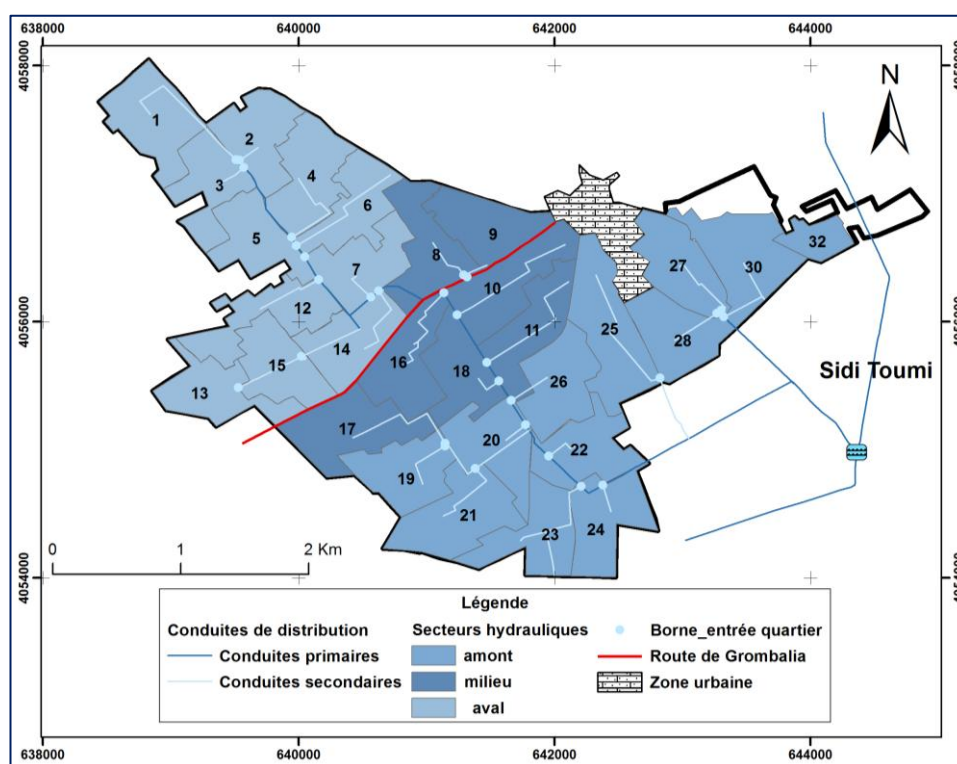


Figure 4.1 : Structure du système irrigué de Zaouiet Jedidi

Le réseau d'irrigation est constitué d'un réseau primaire permettant d'acheminer l'eau sous pression à partir des deux bassins interconnectés de Sidi Toumi dans une conduite souterraine vers cinq ouvrages de sectionnement qui permettent d'alimenter cinq antennes de distribution. Ces antennes enterrées, qui constituent le réseau secondaire d'irrigation, permettent d'alimenter séparément: (1) les quartiers 27, 28 et 29 ; (2) le quartier 25 ; (3) les quartiers 21, 19 et 17 ; (4) les quartiers 8 et 9, et (5) les quartiers 13 et 17. Ces ouvrages de sectionnement permettent d'éviter l'interruption d'alimentation en eau de la totalité du périmètre en cas d'incident au niveau de l'une de ces

antennes. Les bornes à l'entrée de chaque quartier alimentent un réseau tertiaire enterré qui livre l'eau à ensemble des bornes d'irrigation au niveau des exploitations agricoles.

En 2014, seulement 447 bornes sont exploitées sur les 603 bornes installées, ceci indique un taux d'exploitation de 74%. Les bornes non fonctionnelles sont soit des bornes fermées par le GDA en raison des endettements des agriculteurs qui les exploitent, ou bien des bornes qui appartiennent à des exploitations irriguées uniquement à partir des eaux souterraines. Parmi ces bornes exploitées, 42% sont des bornes communes entre 2 à 16 irrigants. Le comptage par le GDA du volume d'eau distribué est effectué à travers des compteurs installés au niveau des bornes. Toutes les exploitations irriguées à la demande sont équipées de compteurs fonctionnels (les exploitations équipées de goutte à goutte et les grandes exploitations irriguées avec le gravitaire). Tandis que la plupart des exploitations de faible superficie ne sont pas équipées de compteurs ou ont des compteurs endommagés. Ces exploitations menées pour la plupart en gravitaire sont irriguées selon un tour d'eau organisé par le GDA. Ce dernier estime leurs volumes consommés selon la superficie et le besoin théorique des agrumes.

4.2.1.2. Rappel des règles de gestion

La station de pompage de Belly est gérée par l'administration et fonctionne pendant 20 h. jour⁻¹. Les pompes ne sont pas fonctionnelles entre 19h et 23 h qui correspondent à des heures de pointe de consommation d'énergie électrique d'été (entre juin et août).

Le GDA est responsable de la gestion interne du périmètre et en particulier de la gestion de la distribution de l'eau entre les agriculteurs. Par ailleurs, il est responsable de l'exploitation et la maintenance des conduites de diamètre inférieure à 300 mm et leurs infrastructures associées. Seuls les agriculteurs qui utilisent le goutte à goutte peuvent irriguer à la demande pendant la nuit. Il a été prévu que seulement deux bornes d'irrigation peuvent être ouvertes simultanément dans chaque quartier hydraulique et l'intervalle entre deux irrigations est de l'ordre de 15 jours. Le débit prévu au niveau du quartier est de 25 l/s, soit un débit prévu au niveau d'une borne d'irrigation de 12,5 l/s. Les grands agriculteurs qui ont des superficies qui dépassent 2 ha ont le droit, quelle que soit la technique d'irrigation qu'ils utilisent, d'irriguer à la demande et pendant la nuit. Cependant, à cause de l'incapacité du GDA à contrôler l'application de ces règles, il y a souvent plus que deux agriculteurs qui irriguent en même temps. En conséquence, la qualité du service d'irrigation a été détériorée et les intervalles d'irrigation sont devenus plus longs.

En 2009, l'impact de la salinité s'est fortement manifesté à travers une perte significative de la production d'agrumes et la diminution des superficies des vergers d'agrumes dans plusieurs zones du périmètre. Par ailleurs, les mesures qu'on a effectuées dans 34 puits en 2014, ont montré que la salinité moyenne est de l'ordre de 2,45 g/l, ce qui dépasse largement le seuil de tolérance des agrumes à la salinité. En conséquence, plusieurs agriculteurs ont abandonné leurs puits et se sont orientés vers l'usage du réseau collectif d'irrigation ou vers l'exploitation de la nappe profonde à travers le développement de forages illicites. Le développement de la situation de pénurie d'eau à partir de 2010 a amené le CRDA à introduire un tour d'eau entre les périmètres de sauvegarde des agrumes. Ainsi, le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi est desservi par le réseau collectif chaque deux jours, soit une durée de fonctionnement de 15 jours par mois.

Cependant, à partir de 2013, les horaires de pointe ont changé pour se situer entre 11h et 15 h. L'arrangement qui a encouragé les usagers du goutte à goutte et les grands agriculteurs à irriguer pendant la nuit et la priorité accordée aux autres agriculteurs pour irriguer pendant la journée, n'est

plus applicable. Quelle que soit leur technique d'irrigation, les agriculteurs irriguaient dès qu'ils avaient accès à l'eau. Ceci a encore aggravé la qualité du service d'irrigation.

4.2.2. Collecte et analyse des données

Dans ce travail, on a opté pour une analyse des événements d'irrigation, la consommation en eau et les superficies irriguées entre 2009 et 2014 enregistrés par le GDA afin de facturer la consommation en eau à chacun de ses abonnés. L'estimation de la consommation en eau des exploitations non équipées de compteurs est basée sur la durée de l'évènement de l'irrigation et le débit théorique de la borne qui est de 12,5 l/s. On a mis l'accent en particulier sur la période de pointe en été depuis juin jusqu'à août ainsi que la période d'arrière-saison de septembre jusqu'à décembre.

Cette analyse s'est focalisée sur six secteurs hydrauliques qui sont représentatifs en termes de superficie, technique d'irrigation et de position dans le système irrigué (tableau 4.1). Parmi 220 agriculteurs qui appartiennent à ces quartiers et qui bénéficient d'un accès à l'eau du réseau collectif, l'échantillon analysé contient 146 agriculteurs abonnés au GDA en 2014. Durant les mois de juin, juillet et août 2014, on a conduit des entretiens avec 141 agriculteurs afin de comprendre leurs méthodes de gestion d'irrigation et on a déterminé à travers les observations sur terrain les caractéristiques clés de ces exploitations.

Tableau 4.1 : Caractéristiques des six quartiers étudiés

Secteur hydraulique	15	21	13	26	14	28
Technique d'irrigation dominante	Goutte à goutte	Goutte à goutte	Equilibre entre les deux techniques	Equilibre entre les deux techniques	Irrigation gravitaire	Irrigation gravitaire
Superficie totale irriguée (ha)	31,1	27,1	33,1	23,5	31,8	28,4
Nombre d'irrigants	15	17	35	51	47	55
Nombre total de bornes d'irrigation (individuelles+ collectives)	15	12	13	25	20	23
Nombre de bornes collectives	1	4	5	12	10	10
Position dans le réseau collectif d'irrigation	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont

Le nombre et les dates des événements d'irrigation n'étaient pas enregistrés pour les agriculteurs qui irriguent 'sur demande', tels que les grands agriculteurs qui utilisent la technique du goutte à goutte. Ainsi, seulement 103 agriculteurs ont été considérés dans l'analyse des événements d'irrigation et le calcul de la consommation moyenne de l'irrigation qui est définie comme la moyenne entre le volume d'eau consommé et le nombre des événements d'irrigation. L'analyse de variance à un facteur (ANOVA) a été conduite afin de calculer les moindres carrés moyens des 'volumes en eau consommés', des 'doses d'irrigation', du 'nombre des événements d'irrigation' ainsi que des 'intervalles d'irrigation', durant toute l'année, ou pendant la période de pointe d'été ou la période d'arrière-saison, en fonction de plusieurs facteurs: (i) accès aux ressources en eau souterraine, (ii) secteur hydraulique ; (iii) technique d'irrigation (irrigation gravitaire ou irrigation goutte à goutte) ; (iv) conditions d'accès au réseau collectif (à la demande, tour d'eau) ; (v) nombre d'irrigants par borne ; (vi) superficie de l'exploitation. Un test de chi carré (χ^2) a été aussi effectué afin de déterminer la probabilité d'indépendance entre deux facteurs. Si l'analyse de variance montre qu'un

facteur est signifiant, ce facteur est retenu pour une analyse statistique plus approfondie. Si les moyennes ne sont pas différentes significativement ou deux facteurs sont dépendants, certains facteurs sont combinés et une autre analyse de variance est de nouveau effectuée. En dernière étape, on a utilisé le modèle linéaire général afin d'analyser les 'volumes en eau consommés', le 'nombre des événements d'irrigation' ainsi que les 'intervalles d'irrigation', en incluant les facteurs significatifs et leurs interactions de deuxième ordre. Ces analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel Minitab (version 15).

Des entretiens individuels ont été conduits avec 83 agriculteurs et complétés par des entretiens avec l'équipe technique du GDA et les gestionnaires de l'exploitation des périmètres irrigués du CRDA Nabeul. On a demandé aux interviewés de décrire les contraintes des ressources en eau et de gestion d'irrigation, leurs connaissances et perceptions des règles et des arrangements actuels ainsi que leurs stratégies pour faire face à la pénurie d'eau.

4.3. Résultats

4.3.1. Evolution de la consommation d'eau entre 2009 et 2014 au niveau du système irrigué

La figure 4.2 explicite les consommations en eau saisonnières durant la période 2009-2014.

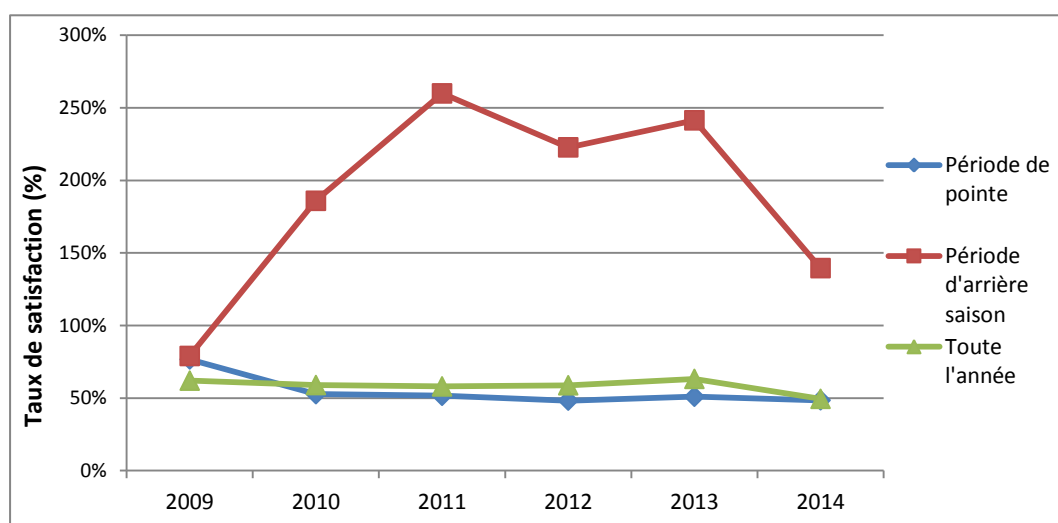


Figure 4.2 : Taux de satisfaction des besoins en eau nets à partir du réseau collectif d'irrigation durant la période de pointe (juin jusqu'à août), d'arrière-saison (septembre jusqu'à décembre), et durant toute la saison d'irrigation entre 2009 et 2014

Même si les volumes d'eau consommés annuellement sont restés stables, ils ont diminué durant la période de pointe et ils ont augmenté pendant la période d'arrière-saison. La consommation moyenne d'eau en période de pointe est passée de $3000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en 2009 à $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en 2010 et le taux de satisfaction des besoins en eau a diminué de 62 % à 49% à cause de l'effet combiné de l'augmentation de la superficie irriguée et la diminution de l'offre en eau. Les agriculteurs ont réagi en augmentant la consommation en eau en période d'arrière-saison de $744 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ en 2009 jusqu'à presque $1300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ après 2010 quand l'offre était bien supérieure aux besoins en eau du périmètre pendant cette période.

Les facteurs sous-jacents à ces évolutions ont été étudiés dans les six secteurs sélectionnés entre 2009 et 2014. Seulement 48 des 81 puits étaient encore fonctionnels en 2014. L'intervalle moyen entre deux irrigations successives a augmenté de 18 à 24 jours. La figure 4.3 illustre la différence de

la durée des intervalles d'irrigation entre l'année 2009 et 2014. On observe que le pourcentage des intervalles de moins de 20 jours a diminué, tandis que les intervalles de plus que 25 jours ont augmenté et les intervalles de plus de 30 jours (qui représentent 22% des événements d'irrigation en 2014) ont aussi augmenté.

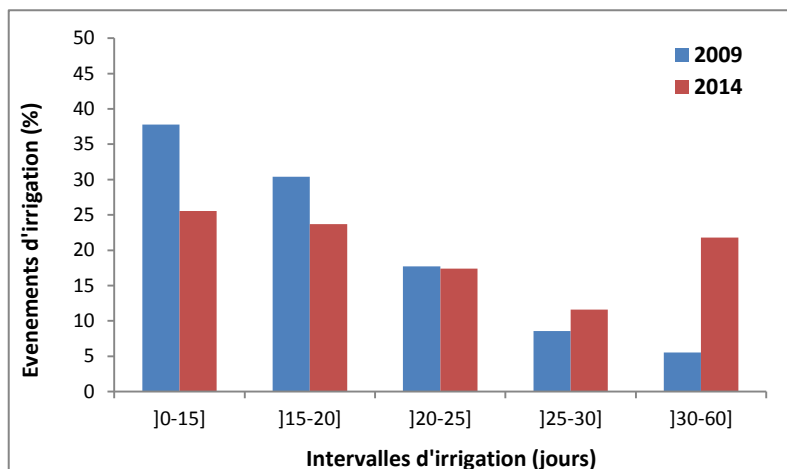


Figure 4.3 : Histogramme des événements d'irrigation entre 2009 et 2014

4.3.2. Typologie des exploitations étudiées

Dans ces six secteurs hydrauliques, on distingue principalement trois types de groupes d'agriculteurs selon la taille de leur exploitation qui a varié de 0,1 à 15 ha.

- Il existe dix grands agriculteurs (type A) qui cultivent 40 % de la superficie irriguée, et qui peuvent être divisés en deux sous-groupes. Le premier sous-groupe est composé d'agriculteurs entrepreneurs qui cultivent plus que 5 ha et qui transforment ou exportent les agrumes. Le deuxième sous-groupe est composé de propriétaires qui exploitent des superficies supérieures à 2 ha et qui ont échappé au morcellement des terres. Ces derniers ont augmenté la taille de leur exploitation à travers la location ou l'achat de nouvelles parcelles à proximité. Tous ces agriculteurs ont creusé des puits profonds afin d'exploiter les eaux de la nappe de faible salinité. Ils ont accès à des bornes individuelles et ils irriguent à la demande à partir du réseau collectif. La plupart de ces agriculteurs utilisent le goutte à goutte pour irriguer.
- On distingue aussi 46 agriculteurs "à plein temps" (type B) qui exploitent 38 % de la superficie irriguée. Ils cultivent entre 0,5 et 2 ha d'agrumes, ce qui implique qu'ils peuvent s'appuyer sur les revenus de leurs exploitations. Cependant, seulement quelques agriculteurs ont les moyens financiers pour développer leurs activités, en particulier pour s'investir dans l'installation de puits profonds. Il existe une minorité qui utilise la technique du goutte à goutte et qui ont une irrigation à la demande à partir du réseau collectif. Les agriculteurs de cette classe peuvent irriguer à partir de bornes individuelles ou communes avec d'autres usagers.
- 90 agriculteurs "à temps partiel" (type C) possèdent 22 % de la superficie irriguée. A cause du morcellement accentué des terres agricoles, ces agriculteurs exploitent des superficies inférieures à 0,5 ha. Ils utilisent tous une technique d'irrigation gravitaire, doivent ainsi suivre un tour d'eau et ils ont seulement un accès à des bornes d'irrigation communes.

Le tableau 4.2 représente le nombre et la superficie moyenne des exploitations agricoles suivant le type d'agriculteur, le secteur hydraulique, la technique d'irrigation, et les conditions d'accès à l'eau.

Tableau 4.2 : Nombre d'exploitations et superficie irriguée en fonction de la location, la technique d'irrigation et des conditions d'accès au réseau collectif d'irrigation en 2014

	Exploitation	Superficie irriguée	
	(-)	Totale (ha)	Moyenne (ha)
Classe d'exploitation			
Grande (type-A)	10 (7 %)	53.2 (40 %)	5,3
Moyenne (type-B)	46 (32 %)	50.8 (38 %)	1,1
Faible (type-C)	90 (62 %)	29.6 (22 %)	0,3
Localisation			
Secteur 13	18 (12 %)	18.2 (14 %)	1,0
Secteur 14	36 (25 %)	23.1 (17 %)	0,6
Secteur 15	9 (6 %)	23.1 (17 %)	2,5
Secteur 21	15 (10 %)	29.2 (22 %)	1,9
Secteur 26	31 (21 %)	18.1 (14 %)	0,5
Secteur 28	37 (25 %)	21.7 (16 %)	0,5
Technique d'irrigation			
Gravitaire	110 (75 %)	73.4 (55 %)	0,6
Goutte à goutte	36 (25 %)	60.2 (45 %)	1,6
Accès à la nappe			
Accès	50 (35 %)	72.1 (55 %)	1,4
Aucun accès	91 (65 %)	59.3 (45 %)	0,6
Accès au réseau collectif d'irrigation			
A la demande	43 (29 %)	81.3 (61 %)	1,8
Tour d'eau	103 (71 %)	52.2 (39 %)	0,5
Type de borne d'irrigation			
Collective	105 (72 %)	49.9 (37 %)	0.4
Individuelle	41 (28 %)	83.6 (63 %)	2.0

Les secteurs 14, 26 et 28 sont principalement composés d'exploitations de faibles superficies. Pour les autres secteurs, ils existent quelques exploitations de superficies plus larges, en particulier dans le secteur 15 qui renferme une exploitation de 15 ha et dans le secteur 21 où ils existent quatre exploitations de superficies supérieures à 2 ha. La superficie moyenne irriguée est significativement plus élevée dans : (i) les 36 exploitations équipées de goutte à goutte (25 % de l'échantillon) ; (ii) les 50 exploitations irriguées en partie des eaux de nappe (35 % de l'échantillon) ; (iii) les 43 exploitations desservies à la demande à partir du réseau collectif d'irrigation (29 % de l'échantillon) et (iv) les 41 exploitations qui ont un accès individuel à la borne d'irrigation. Le test χ^2 a montré que ces facteurs ne sont pas significativement indépendants. La plupart des usagers du goutte à goutte ont un accès à la nappe (57 %) et ils ont tous un accès au réseau collectif à la demande. Ils sont surreprésentés dans la classe des grands agriculteurs (type A; 80 %) et moins représentés dans la classe des agriculteurs "à plein temps" qui exploitent des superficies supérieures à 0,5 ha (type B; 39 %). Tandis que seulement 11 % des agriculteurs "à temps partiel", exploitant des superficies de moins de 5 ha (type C), sont équipés de goutte à goutte.

Les agriculteurs qui utilisent les eaux de la nappe sont aussi surreprésentés dans la classe qui a un accès au réseau à la demande (57 %) ou un accès individuel à la borne d'irrigation (54 %), ainsi que dans la classe des grands agriculteurs (type A, 60 %).

Les agriculteurs qui irriguent à la demande, sont surreprésentés dans la classe des agriculteurs qui ont un accès individuel à la borne d'irrigation (56 %), dans la classe des grands agriculteurs (type A,

100 %). Ils sont moins présents parmi les agriculteurs "à plein temps" qui cultivent des superficies entre 0,5 et 2 ha (B type 39 %). Quant aux agriculteurs qui exploitent moins que 0,5 ha (type C), seulement 17 % ont un accès au réseau collectif à la demande.

4.3.3. Analyse de la situation de gestion d'eau en 2014

4.3.3.1. Analyse des volumes d'eau d'irrigation consommés en 2014

Le tableau 4.3 représente les volumes d'eaux moyens consommés selon la classe d'exploitation, le secteur hydraulique, et les conditions d'accès au réseau collectif d'irrigation. Ces valeurs moyennes utilisées dans l'analyse statistique sont nettement plus élevées que les valeurs qui résultent du rapport de la consommation d'eau totale sur la superficie irriguée. Ceci est dû à la sous-estimation de la consommation en eau des grands agriculteurs.

Tableau 4.3: Consommation d'eau en fonction de la localisation, la technique d'irrigation et les conditions d'accès au réseau collectif d'irrigation en 2014

	Exploitation (-)	Superficie irriguée		Volume d'eau consommé	
		Totale (ha)	Moyenne (ha)	Totale (m ³)	Moyenne (m ³ .ha ⁻¹)
Classe d'exploitation					
Grande (type-A)	10 (7 %)	53,22 (40 %)	5,32	179425 (36 %)	4021
Moyenne (type-B)	46 (32 %)	50,82 (38 %)	1,10	171860 (36 %)	3648
Faible (type-C)	90 (62 %)	29,63 (22 %)	0,33	135668 (28 %)	5082
Localisation					
Secteur 13	18 (12 %)	18,22 (14 %)	1,01	54093 (11 %)	4224
Secteur 14	36 (25 %)	23,18 (17 %)	0,64	77798 (16 %)	4235
Secteur 15	9 (6 %)	23,15 (17 %)	2,57	59838 (12 %)	3050
Secteur 21	15 (10 %)	29,22 (22 %)	1,95	131868 (27 %)	4671
Secteur 26	31 (21 %)	18,16 (14 %)	0,59	80535 (17 %)	5114
Secteur 28	37 (25 %)	21,74 (16 %)	0,59	79821 (16 %)	4887
Technique d'irrigation					
Gravitaire	110 (75 %)	73,40 (55 %)	0,67	269117 (56 %)	4446
Goutte à goutte	36 (25 %)	60,27 (45 %)	1,67	214836 (44 %)	4594
Accès à la nappe					
Accès	50 (35 %)	72,19 (55 %)	1,44	207887 (44 %)	3559
Aucun accès	91 (65 %)	59,38 (45 %)	0,65	263044 (56 %)	5080
Accès au réseau collectif d'irrigation					
A la demande	43 (29 %)	81,39 (61 %)	1,89	289771 (60 %)	4435
Tour d'eau	103 (71 %)	52,28 (39 %)	0,51	194182 (40 %)	4608
Type de borne d'irrigation					
Collective	105 (72 %)	49,99 (37 %)	0,48	203141 (42 %)	4948
Individuelle	41 (28 %)	83,68 (63 %)	2,04	280812 (58 %)	3558

La consommation moyenne en eau est estimée à 5080 m³.ha⁻¹ quand les agriculteurs irriguent uniquement à partir du réseau collectif. Elle diminue significativement quand les agriculteurs ont accès aux eaux souterraines pour se situer aux alentours de 3559 m³.ha⁻¹. Les exploitations ayant accès aux eaux de nappe ont consommé 44 % de l'offre en eau totale allouée par le réseau collectif, tout en représentant 55 % de la superficie totale irriguée. Les consommations en eau ne diffèrent pas significativement selon le reste des facteurs ou leurs interaction de deuxième ordre, exception faite pour l'exploitation des bornes collectives et pour les exploitations de petite taille.

Plusieurs différences significatives ont été observées entre les 91 exploitations qui ne sont pas irriguées à partir des eaux de la nappe. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette augmentation de la consommation d'eau. Les exploitations qui ont un accès à la demande au réseau collectif

d'irrigation, ont une consommation moyenne de $5474 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, ce qui représente 26.5 % de la quantité d'eau allouée à 17.4 % de la superficie irriguée. Parmi ces exploitations, 83 % utilisent le goutte à goutte ce qui a rehaussé la consommation en eau à $5622 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (24,5 % de l'apport en eau pour 14,6 % de la superficie irriguée). Les quatre grandes exploitations (type A) qui n'ont pas irrigué à partir des eaux de la nappe ont consommé en moyenne de $6193 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (16,4 % de l'apport en eau pour 9,3 % de la superficie irriguée). Les agriculteurs "à plein temps", qui exploitent moins que 0,5 ha (type C) et disposent de bornes communes, ont consommé en moyenne de $6239 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (17,9 % de l'apport en eau pour 12.1 % de la superficie irriguée).

4.3.3.2. Analyse des doses d'irrigation allouées en 2014

La dose d'irrigation appliquée a été significativement influencée par la taille de l'exploitation: $1028 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour des agriculteurs "à temps partiel" (type C) et $738 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour des agriculteurs "à plein temps" qui exploitent entre 0,5 et 2 ha (type B). Elle a aussi augmenté significativement avec l'augmentation du nombre des usagers d'eau qui irriguent à partir de la même borne : $692 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour ceux qui ont un accès individuel à la borne contre $874 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour les bornes partagées entre deux usagers et $1299 \text{ m}^3/\text{ha}$ dans le cas de trois usagers et plus.

D'autres différences importantes, mais non significatives suivant l'analyse de variance, ont été observées entre les agriculteurs. Les agriculteurs qui utilisent l'eau de la nappe ont appliqué des doses d'irrigation plus faibles ($742 \text{ m}^3/\text{ha}$) que les agriculteurs qui irriguent seulement à partir du réseau collectif ($998 \text{ m}^3/\text{ha}$). Pour les agriculteurs sans accès aux eaux de nappe, les doses d'irrigations étaient plus élevées, en particulier ceux "à plein temps" qui ont exploités des superficies inférieures à 0.5 ha ($1126 \text{ m}^3/\text{ha}$) et quand plus que trois agriculteurs irriguent à partir de la même borne ($1437 \text{ m}^3/\text{ha}$).

Aucune tendance n'a été observée entre les doses moyennes d'irrigation et les événements d'irrigation, sauf pendant l'arrière-saison. Les volumes d'eau consommés ont été de l'ordre de $1030 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour un événement d'irrigation, $913 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour deux événements d'irrigation et $870 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour plus que trois événements.

4.3.3.3. Analyse des intervalles d'irrigation en 2014

La durée moyenne de l'intervalle entre les événements d'irrigation pour les agriculteurs "à temps partiel" (type C) est de 27,6 jours. Elle est significativement plus élevée que 22,4 jours pour les agriculteurs "à plein temps" (type B). L'intervalle a aussi augmenté significativement avec la croissance du nombre des usagers de la même borne : 23,7 jours pour un accès individuel ; 25,9 jours pour un ou deux usagers et 28,9 jours pour plus que trois usagers. Il a aussi augmenté de 24,4 à 27,9 jours pour les agriculteurs qui ont accès à la nappe, sachant qu'il y a une surreprésentation des agriculteurs qui ont recours principalement aux eaux de la nappe et qui irriguent ainsi rarement à partir du réseau (un ou deux événements d'irrigation).

L'intervalle moyen d'irrigation a été significativement plus long dans les secteurs 14 (30,1 jours) et 28 (27,1 jours) où le nombre de parcelles de faible superficie est plus important que dans les secteurs 21 (25,4 jours), 13 (22,6 jours), 26 (20,9 jours) et 15 (20,5 jours). Ce dernier secteur est composé uniquement de neuf usagers du réseau collectif.

4.3.3.4. Pratiques et stratégies d'adaptation des agriculteurs

Même si l'exploitation de nouveaux puits soit interdite dans cette zone, les agriculteurs ont continué d'implanter illicitement des puits de surface et des puits profonds. Ce phénomène s'est exacerbé après la révolution en 2011 en absence de toute forme de contrôle de la part de l'administration. Les raisons qui ont poussé les agriculteurs à se rabattre sur cette ressource d'eau de seconde main sont multiples. D'une part, le réseau collectif est conçu de manière à desservir chaque exploitation par une seule borne quelle que soit sa taille, ce qui n'est pas de convenance avec les grands propriétaires. D'autre part, avec la diminution de l'offre en eau, et la qualité médiocre de l'eau de la nappe phréatique, les agriculteurs qui disposent de moyens financiers suffisants ont opté pour l'irrigation à partir de la nappe profonde. Aussi, dans le cas des superficies de grandes tailles, les exploitants se sont octroyé des exploitations composées de petites parcelles, équipées de bornes d'irrigation, afin de profiter d'un accès additionnel au réseau d'irrigation.

La plupart des petits agriculteurs n'ont pas un accès à la nappe profonde et pratiquent encore l'irrigation traditionnelle. Nos entretiens avec ces irrigants ont révélé qu'ils préfèrent l'irrigation traditionnelle pour deux raisons principales : (i) des moyens financiers insuffisants et un accès difficile aux crédits et subventions ; (ii) des interruptions fréquentes de la distribution de l'eau d'irrigation du réseau collectif, alors que l'irrigation au goutte à goutte nécessite des apports d'eau fréquents. En conséquence, seulement les agriculteurs qui ont sécurisé leur accès à la nappe ou au réseau collectif d'irrigation peuvent utiliser le goutte à goutte. La plupart de ces derniers ont eu un accès individuel aux puits et bénéficient d'un prix préférentiel d'énergie de pompage, en conséquence, le coût de pompage est moins cher que l'achat de l'eau du réseau collectif. En effet, ils ne peuvent irriguer qu'avec des eaux de la nappe souterraine de salinité inférieure à 2 g/l. Quand l'eau d'irrigation est insuffisante, ils peuvent faire le mélange avec l'eau de la nappe. Les entretiens ont révélé que la plupart des agriculteurs effectuent des analyses régulières de salinité, même dans le cas des puits abandonnés.

A cause des dysfonctionnements du réseau collectif, la pression de l'eau a diminué et la durée entre les événements d'irrigation a augmenté. Les agriculteurs ont été obligés d'irriguer pendant la nuit quand la pression de l'eau est plus forte. Certains agriculteurs ont choisi d'ouvrir leurs bornes en continu. Les agriculteurs n'étaient pas capables de satisfaire les besoins en eau de leurs exploitations pendant la période de pointe d'été, en conséquence ils ont eu tendance à prolonger leur irrigation durant la période d'arrière-saison où l'eau est suffisamment disponible. Ces agriculteurs ont estimé que cette stratégie leur permet de mitiger les impacts de la pénurie d'eau sur leur production et d'augmenter la taille des fruits.

Les bassins d'irrigation ont été construits au moins depuis 30 ans afin de stocker les eaux pompées des puits. La capacité moyenne mesurée de ces bassins est de l'ordre de 200 m³ pour les grands agriculteurs entrepreneurs et de 50 m³ pour le reste des agriculteurs. Plusieurs usages de ces bassins ont été révélés : (i) les agriculteurs qui ont recours à l'usage des eaux de surface et des eaux souterraines mélangent l'eau dans ces bassins ; (ii) les agriculteurs qui doivent faire face au manque de fiabilité du réseau collectif d'irrigation sont capables d'augmenter la pression de l'eau en stockant l'eau dans ces bassins. Ces agriculteurs ont remplacé souvent les canaux en terre appelés '*seguias*' par des conduites enterrés appelés '*sbaa*' afin de connecter le bassin aux canaux secondaires en terre, contrôler la section irriguée et augmenter la pression de l'eau; (iii) les agriculteurs qui utilisent le goutte à goutte peuvent équiper leurs bassins avec des pompes électrifiées afin d'augmenter la pression de l'eau ; (iv) les agriculteurs entrepreneurs peuvent stocker l'eau pendant la nuit. Pour

ceux qui exploitent plusieurs parcelles irriguées, les bassins sont utilisés afin de connecter les différentes sources d'eau d'irrigation.

4.4. Discussion

Ces résultats montrent que même si l'offre en eau annuelle est stable, la quantité d'eau disponible diminue significativement pendant la période de pointe d'été. Elle augmente pendant l'arrière-saison et les agriculteurs en profitent présumant compenser le manque d'eau durant la saison estivale. Ce comportement est dû d'une part à la tendance de diminuer l'usage de la nappe phréatique surexploitée et dont la salinité a augmenté considérablement, et d'autre part à l'augmentation de la demande en eau d'irrigation. Les allocations de l'eau entre les différents secteurs (agriculture, eau potable, industrie...) ont atteint les limites de la capacité du système dans un contexte où la satisfaction de la demande en eau potable est une priorité pour l'Etat Tunisien. Dans cette situation particulière de culture pérenne de vergers d'agrumes, il est impossible d'adapter rapidement la demande en eau ou la tolérance à la salinité à travers le changement de système de cultures ou bien la réduction de la superficie irriguée. La pression sur l'eau a augmenté et par conséquent les agriculteurs ont développé des stratégies individuelles d'accès à l'eau qui risquent à termes de pénaliser la gestion collective.

Les agriculteurs qui ont des moyens financiers ont exploité les eaux de la nappe à travers des puits profonds afin d'éviter de s'adosser exclusivement sur le réseau collectif et d'augmenter la productivité et les profits de leurs exploitations. De tels investissements ne sont pas faisables pour les petits agriculteurs. Pour ces derniers, des crédits ou des subventions financiers ne sont pas permis pour de telles installations illégales et la possibilité de creuser des puits profonds communs n'a jamais été considérée. Ainsi, les petites exploitations, qui résultent du morcellement, sont les plus vulnérables à la pénurie d'eau. Elles subissent l'allongement des tours d'eau et sont obligées d'exploiter des bornes d'irrigation collectives. Avec la détérioration de la qualité du service de l'eau, les petits agriculteurs sont obligés actuellement d'irriguer pendant la nuit afin de trouver de meilleures conditions de pression et de disponibilités en eau. Ils ont aussi commencé à adopter des comportements irrationnels en prolongeant la durée de l'irrigation, en laissant la borne d'irrigation ouverte constamment ou en augmentant leur consommation en eau en période d'arrière-saison. Les secteurs hydrauliques, comptant un nombre élevé de petits agriculteurs, sont les plus affectés par l'allongement du tour d'eau. Ceci confirme les résultats de travaux qui ont montré que dans un système collectif d'irrigation, la gestion de l'irrigation peut être entravée par le morcellement et le démembrement du droit de la propriété (Cox et Ross, 2011; Ghazouani et al., 2012). La solution peut être trouvée plutôt dans les mécanismes d'allocation d'eau qui soutiennent les agriculteurs qui n'ont pas un accès à l'eau de la nappe.

Même si ce travail n'a pas pour objectif d'évaluer précisément les prélèvements des eaux de la nappe, on a observé en 2014 que 74 agriculteurs (sur 220) n'ont pas utilisé l'eau de surface. Aussi, 55 % de la superficie est irriguée par le mélange de l'eau souterraine et l'eau de surface et que l'offre en eau de surface satisfait presque 50 % du besoin en eau. Ces observations confirment les données disponibles au niveau régional montrant que les prélèvements dans la nappe sont du même ordre que les quantités d'eau distribuées par le réseau collectif, soient 2 millions de m³/an. Ces prélèvements sont effectués principalement à partir de la nappe profonde. Ils sont probablement plus élevés que la capacité de recharge de la nappe profonde et ne peuvent pas augmenter sans le risque de dégrader la qualité des eaux souterraines. Le système ne peut être viable que suite à une

augmentation de l'offre en eau de surface ou après des adaptations majeures touchant les systèmes de cultures et une meilleure coordination de la gestion des ressources en eau.

Le CRDA est conscient des risques de la surexploitation de la nappe mais il n'est pas capable d'intervenir même si l'usage des eaux de cette nappe est interdit. La loi tunisienne différencie entre l'accès libre aux eaux de la nappe phréatique pour des profondeurs ne dépassant pas 50 m et les eaux de la nappe profonde dont l'exploitation fait l'objet d'une autorisation préalable. Mais cette loi est difficile à appliquer principalement pour deux raisons. D'une part, avant la création de ces lois de sauvegarde de la nappe, la plupart des agriculteurs ont déjà des puits de surface anciens, ils ont donc des autorisations la part du CRDA et de la STEG (Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz) pour équiper ces puits. Ces mêmes équipements sont utilisés actuellement pour l'exploitation de nouveaux puits sans avoir besoin d'une autre autorisation. D'autre part, il y a un manque d'autorité pour assurer le contrôle de telles pratiques et une ambiguïté de la position du CRDA en charge de la préservation des ressources. Par ailleurs, le GDA n'est pas responsable du contrôle de l'accès à l'eau souterraine, qui reste de la responsabilité du CRDA. En outre, le GDA considère ces forages illicites comme une solution pour réduire la demande en eau et éviter les conflits avec les irrigants. De la même façon, les agriculteurs les considèrent comme un moyen légitime pour faire face à la pénurie d'eau. Malgré leur connaissance des risques de la surexploitation de la nappe profonde, les acteurs locaux ne semblent pas capables d'agir efficacement d'une manière coordonnée pour une gestion durable. De telles situations sont désormais répandues en Nord d'Afrique (Kuper et al., 2016) et un peu partout dans le monde. Par ailleurs, plusieurs études ont montré que le recours à l'usage des eaux souterraines est une réponse habituelle des agriculteurs à la pénurie d'eau (Tyagi et al., 2005; Molle et al., 2010). De sa part, Venot et al. (2010) a considéré que l'usage des eaux de la nappe dans de larges systèmes irrigués peut jouer un rôle tampon face aux incertitudes d'approvisionnement en eau.

Les agriculteurs ont essayé aussi d'améliorer leur accès au réseau collectif à travers la conversion de leurs systèmes d'irrigation gravitaire au goutte à goutte, ce qui leur permet d'irriguer à la demande, ou à travers l'acquisition de terrains à proximité qui leur permet d'utiliser plus qu'une borne d'irrigation. L'introduction du goutte à goutte a amené à une augmentation inattendue de l'offre en eau quand les agriculteurs se rabattent uniquement sur le réseau collectif. Malgré les mécanismes d'incitation pour l'équipement des parcelles en goutte à goutte, les petits agriculteurs sont souvent réticents pour innover tant qu'ils ne sont pas capables d'avoir un accès à la nappe et tant qu'ils n'ont pas une sécurité suffisante pour irriguer fréquemment. La volonté de promouvoir le goutte à goutte, non seulement n'a pas réussi à économiser de l'eau mais elle a engendré une augmentation des prélèvements du réseau collectif et a encouragé les agriculteurs à exploiter des puits profonds illicites. Le développement du goutte à goutte a encore le potentiel d'améliorer la productivité des systèmes de culture, mais ceci nécessite de nouvelles institutions et un support fort pour adapter la communauté locale à une telle innovation (Klerkx et al., 2010; Benouniche et al., 2014). Alors que le goutte à goutte a montré son efficacité dans les exploitations indépendantes qui s'appuyaient sur leurs propres ressources, son introduction dans les systèmes collectifs d'irrigation reste un défi.

Dans le contexte de pénurie d'eau et l'augmentation de la compétition dans l'accès aux ressources en eau, les stratégies individuelles accélèrent particulièrement la détérioration de la qualité du service d'irrigation et deviennent un obstacle pour une gestion efficiente des systèmes collectifs de gestion d'irrigation. Par ailleurs, Fayse et al. (2011) ont argumenté qu'un accès inégal à la nappe accentue les disparités entre les agriculteurs et augmente la différence dans leur capacité à faire face à la pénurie d'eau. Les agriculteurs qui doivent faire face à la pénurie d'eau et l'incertitude favorisent

des gains à court terme en arrangeant les institutions de la façon qui convient le plus à leurs situations et besoins particuliers (Johnson, 1997). Wade (1988) a conclu que les usagers de l'eau vont respecter les règles seulement s'ils ont confiance que les autres usagers vont à leur tour respecter ces règles et si l'eau est équitablement réparti entre les usagers. Ainsi, il apparaît que seulement par le renforcement de l'action collective et le développement du rôle des usagers de l'eau dans la préservation des ressources souterraine et de surface, en coopération avec l'Etat, qu'une gestion efficiente et équitable des ressources en eau peut être achevée.

4.5. Conclusion

Dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, la pénurie d'eau est le résultat de l'augmentation de la demande en eau à partir du réseau collectif d'irrigation, puisque la qualité des eaux de la nappe est détériorée et les agriculteurs n'étaient pas capables d'adapter leur système de culture en présence d'une culture pérenne de vergers d'agrumes. Des inégalités ont eu lieu puisque les plus grands agriculteurs arrivent à sécuriser leur accès aux ressources en eau alors que les plus petits exploitants deviennent plus vulnérables. La sécurité des agriculteurs riches a été renforcée d'une part par le pompage à partir des puits profonds illicites et d'autre part par la conversion au goutte à goutte qui leur permet d'irriguer à la demande. Dans de telles circonstances, le développement du goutte à goutte, combiné avec un accès plus facile aux ressources en eau, a engendré une augmentation de la consommation en eau. Les agriculteurs vulnérables se trouvent assujettis entre la dégradation de la qualité de la nappe phréatique et la diminution de l'offre en eau de surface. Afin de compenser le manque d'eau durant la période de pointe, ils ont prolongé les événements d'irrigation ce qui a conduit à l'allongement du tour d'eau. Ils ont opté aussi pour une « super-intensification » de l'irrigation pendant la période d'arrière-saison. Ainsi, la prise de conscience des agriculteurs et des gestionnaires de l'impact de ces pratiques est essentielle afin d'assurer que le comportement individuel d'adaptation puisse se transformer en un processus d'adaptation collectif basé sur un apprentissage social et institutionnel continu.

4.6. Références bibliographiques

Below TB, Mutabazi KD, Kirschke D, Franke C, Sieber S, Siebert R, Tscherning K. 2012. Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Global Environmental Change* **22** (1):223-235. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.012>.

Benouniche M, Kuper M, Hammani A, Boesveld H. 2014. Making the user visible: Analysing irrigation practices and farmers' logic to explain actual drip irrigation performance. *Irrig Sci* **32** (6):405-420. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-014-0438-0>.

Bradshaw B, Dolan H, Smit B. 2004. Farm-level adaptation to climatic variability and change: crop diversification in the Canadian prairies. *Climatic Change* **67**, 119-141.

Bryan E, Ringler C, Okoba B, Roncoli C, Silvestri S, Herrero M. 2013. Adapting agriculture to climate change in kenya: Household strategies and determinants. *Journal of Environmental Management* **114**:26-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>.

Burton I, Huq S, Lim B, Pilifosova O, Schipper EL. 2002. From impacts assessment to adaptation priorities: The shaping of adaptation policy. *Climate Policy* **2** (2-3):145-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.3763/cpol.2002.0217>.

Cox M, Ross JM. 2011. Robustness and vulnerability of community irrigation systems: The case of the taos valley acequias. *Journal of Environmental Economics and Management* **61** (3):254-266. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2010.10.004>.

Faysse N, Hartani T, Frija A, Tazekrit I, Zairi C, Challouf A. 2011. Usage agricole des eaux souterraines et initiatives de gestion au maghreb : Défis et opportunités pour un usage durable des aquifères. *Note Economique de la BAD*:1-24.

- Ferchichi I, Marlet S, Zairi A. 2017. How farmers deal with water scarcity in community-managed irrigation systems: A case study in northern tunisia. *Irrigation and Drainage*.
- Frederick K. 1997. Adapting to climate impacts on the supply and demand for water. *Climatic Change* **37** (1):141-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1005320504436>.
- Gebrehiwot T, Van der Veen A. 2013. Farm level adaptation to climate change: The case of farmer's in the ethiopian highlands. *Environmental Management* **52** (1):29-44. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-013-0039-3>.
- Ghazouani W, Marlet S, Mekki I, Harrington LW, Vidal A. 2012. Farmers' practices and community management of irrigation: Why do they not match in fatnassa oasis? *Irrigation and Drainage* **61** (1):39-51. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ird.626>.
- Homer-Dixon TF. 1994. Environmental scarcities and violent conflict: Evidence from cases. *International Security* **19** (1):5-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2539147>.
- Johnson CA. 1997. Rules, norms and the pursuit of sustainable livelihoods, Ed by Working I. Brighton, England, p 36.
- Klerkx L, Aarts N, Leeuwis C. 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems* **103** (6):390-400. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2010.03.012>.
- Kuper M, Bouarfa S, Errahj M, Faysse N, Hammani A, Hartani T, Marlet S, Zairi A, Bahri A, Debbarh A, Garin P, Jamin JY, Vincent B. 2009. A crop needs more than a drop: Towards a new praxis in irrigation management in north africa. *Irrigation and Drainage* **58** (S3):S231-S239. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ird.533>.
- Kuper M, Faysse N, Hammani A, Hartani T, Marlet S, Hamamouche MF, Ameer F. 2016. Liberation or anarchy? The janus nature of groundwater use on north africa's new irrigation frontiers. in *Integrated groundwater management*. Springer, pp 583-615.
- Landais É, Deffontaines J-P, Benoit M. 1988. Les pratiques des agriculteurs point de vue sur un courant nouveau de la recherche agronomique. *Études rurales* (109):125-158. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/20125081>.
- Mehta L. 2001. The manufacture of popular perceptions of scarcity: Dams and water-related narratives in gujarat, india. *World Development* **29** (12):2025-2041. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X\(01\)00087-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-750X(01)00087-0).
- Meinzen-Dick R. 2007. Beyond panaceas in water institutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104** (39):15200-15205. DOI: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0702296104>.
- Molle F, Venot J-P, Lannerstad M, Hoogesteger J. 2010. Villains or heroes? Farmers' adjustments to water scarcity. *Irrigation and Drainage* **59** (4):419-431. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/ird.500>.
- Ohlsson L. 2000. Water conflicts and social resource scarcity. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere* **25** (3):213-220. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909\(00\)00006-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1464-1909(00)00006-X).
- Rijsberman FR. 2006. Water scarcity: Fact or fiction? *Agricultural Water Management* **80** (1-3):5-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001>.
- Smit B, Wandel J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* **16** (3):282-292. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>.
- Turton AR. 1999. Water scarcity and social adaptive capacity: Towards an understanding of the social dynamics of water demand management in developing countries. *Mewrew occasional paper* no 9.
- Tyagi NK, Agrawal A, Sakthivadivel R, Ambast SK. 2005. Water management decisions on small farms under scarce canal water supply: A case study from nw india. *Agricultural Water Management* **77** (1-3):180-195. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.031>.
- Vandersypen K, Verbist B, Keita ACT, Raes D, Jamin JY. 2009. Linking performance and collective action—the case of the office du niger irrigation scheme in mali. *Water Resour Manage* **23** (1):153-168. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-008-9269-1>.
- Venot J-P, Reddy VR, Umaphathy D. 2010. Coping with drought in irrigated south india: Farmers' adjustments in nagarjuna sagar. *Agricultural Water Management* **97** (10):1434-1442. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.04.009>.

Wade R. 1988. The management of irrigation systems: How to evoke trust and avoid prisoner's dilemma. *World Development* **16** (4):489-500. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X\(88\)90199-4](http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X(88)90199-4).

Chapitre 5 : Perception des performances des systèmes irrigués par l'agriculteur: un outil pour appuyer l'association des irrigants

5.1. Introduction

Depuis une vingtaine d'années, l'évolution des politiques de développement rural en Tunisie a été marquée par la reconnaissance du rôle que peuvent jouer les usagers locaux dans la gestion des ressources naturelles. Pour l'eau d'irrigation, cette volonté du désengagement de l'Etat s'est traduite par le transfert de la gestion des périmètres irrigués à des associations d'irrigants appelées Associations d'Intérêt Collectif (AIC) qui sont chargées de la gestion des périmètres publics irrigués. Le cadre législatif de ces associations a fait l'objet de plusieurs révisions ayant pour objectif d'étendre leurs attributions ainsi que leurs domaines d'application (Bachta et Zaibet, 2006) en les faisant évoluer d'une Association d'Intérêt Collectif (AIC) à un Groupement d'Intérêt Collectif (GIC) et par la suite à un Groupement de Développement Agricole dans le secteur de l'agriculture et de la pêche (GDA). En 1987, la loi n°87-35 a précisé l'objectif principal de l'AIC qui consiste à faire participer directement les agriculteurs à l'exploitation et à la gestion de l'eau du domaine public. L'évolution des AIC en GIC selon la loi n°43 de l'année 1999, a été accompagnée par la possibilité de diversifier les activités de l'association. Avec la loi n° 24, publiée en 2004, toutes les associations d'irrigants (AIC et GIC) ont dû évoluer en GDA. Cette loi a changé les missions des associations d'irrigants, privant celles-ci des activités de commercialisation des intrants. Ainsi, ces GDA ont été chargés de la gestion et la protection des ressources naturelles collectives ainsi que l'appui des intérêts collectifs de leurs adhérents. Elloumi (2007) a qualifié le GDA comme un acteur de régulation des rapports de la communauté avec les autorités locales.

Malgré les efforts déployés par l'Etat afin de renforcer les capacités des associations d'irrigants et d'assurer un transfert de gestion réussi, les performances des périmètres irrigués restent loin des attentes : la productivité des ressources utilisées reste loin du potentiel (Hamdane, 2002), la durabilité des systèmes irrigués est toujours mise en question, les performances des GDA ont été considérées comme médiocres pour diverses raisons techniques, financières et sociales (Al Atiri, 2006; Romagny et Riaux, 2007) et les objectifs du transfert ne sont pas encore atteints (Mouri et Marlet, 2006; Giraldo et Nouri, 2015). Ces associations sont perçues comme des structures fortement dépendantes de l'administration. Faute d'un véritable transfert de gestion aux associations et à cause de l'absence de reconnaissance de la légitimité de ces associations comme des garants de l'intérêt général collectif, de la part des bénéficiaires et de l'administration, de graves dysfonctionnements des dispositifs locaux de gestion d'eau sont apparues (Temple-Boyer, 2008).

Il existe une panoplie d'approches d'évaluation des performances des systèmes irrigués qui varient d'une évaluation technique ou socioéconomique (M.G.Bos et Nugteren, 1990; Molden et al., 1998; Ghazouani et al., 2009) à l'évaluation des dynamiques complexes institutionnelles et sociales qui se développent au sein de ces systèmes irrigués (Ostrom, 1990; Vermillion, 1997). Face à la diversité de ces pratiques d'évaluation, il n'est pas toujours facile de s'y retrouver : sur le plan théorique, la question de choix d'une méthodologie suppose que l'on connaisse les différentes approches existantes et que l'on soit en mesure d'en saisir les particularités, alors que sur le plan pratique, plusieurs embûches se présentent au cours du passage de la théorie à l'exercice pratique (Hurteau, 2011).

Afin de structurer notre analyse, il nous est apparu important de présenter une définition claire de l'évaluation, mais il n'y a rien de surprenant qu'un champ pluridisciplinaire aussi vaste que celui de l'évaluation ne dispose pas de définition consensuelle de la majeure partie de ces concepts (Shadish, 1994; Ridde, 2006). Scriven (1967) a considéré l'évaluation comme un jugement permettant d'établir une valeur d'un objet ou d'un programme. Cette notion de jugement de valeur est considérée par cet auteur comme la mission principale de l'évaluateur, alors que son usage est une question secondaire. Avec le temps, plusieurs auteurs ont exprimé le besoin d'étendre la définition de l'évaluation au-delà du jugement de valeur. Patton (2008) a considéré que « *les évaluations sont trop souvent lettre morte, si bien que l'on peut se demander si elles sont utiles* ». Il a défini l'évaluation comme une production systématique de connaissance sur un programme et que cette production est bornée par le besoin de porter des jugements sur la qualité de ce programme, d'améliorer son efficacité et de fournir des informations sur les décisions et les plans d'action. Ainsi plusieurs évaluateurs se sont questionnés sur les moyens adéquats pour favoriser l'utilisation de l'évaluation (Weiss, 1998; Henry et Mark, 2003; Alkin, 2004): évaluer quoi (objet de l'évaluation) ? Pourquoi (objectif de l'évaluation)? Pour qui (utilisateur de l'évaluation) ? De quel point de vue (les valeurs) ? Et par qui (l'évaluateur)?

En effet, Cashmore (2004) a souligné l'importance de définir clairement les objectifs de l'évaluation car ils ont une influence considérable sur : (i) la méthodologie à utiliser, (ii) le choix du bénéficiaire de l'évaluation et (iii) le point de vue à considérer. Alkin (2004) a identifié trois objectifs principaux de l'évaluation : (i) Le jugement ou l'attribution d'une valeur, (ii) l'utilisation de l'évaluation et (iii) le questionnement des méthodes. Concernant l'objectif de jugement de valeur, on cite à titre d'exemple les approches d'évaluation d'impact qui visent souvent à déterminer dans quelle mesure les objectifs fixés pour un projet sont atteints. Quant aux approches centrées sur l'utilisation, plusieurs travaux d'évaluation basées sur l'implication des parties prenantes se sont orientés vers la responsabilisation des acteurs (*'empowerment'*). A la fin, les approches d'évaluation qui visent le questionnement des méthodes en analysant la rigueur d'acquisition et de traitement de données. Le point de vue à considérer lors de l'évaluation varie selon le caractère plus ou moins participatif des approches d'évaluation. Ces dernières peuvent reposer sur la simple observation de l'évaluateur. En position intermédiaire, on trouve des méthodes couramment employées en évaluation, reposant principalement sur les entretiens. La 'construction' des jugements est alors le fait des subjectivités de la personne interrogée par l'évaluateur. Tandis que dans les approches d'évaluation participatives, les évaluateurs ne sont que les facilitateurs de l'évaluation où ils recueillent les perceptions des parties prenantes.

Cependant, se limiter à juger les performances des systèmes irrigués sans expliciter les facteurs à l'origine du bon ou mauvais fonctionnement du système, ne permet pas d'orienter des interventions d'amélioration ou de résoudre les problèmes existants. Les faibles performances de ces systèmes, en particulier en termes de performances techniques de distribution de l'eau sont souvent attribuées à la mauvaise gestion du GDA et à la qualité médiocre du service d'irrigation produit par ces associations (Vermillion, 1997; Giordano et al., 2006). Par ailleurs, Suhardiman (2008) a argumenté que l'échec de la plupart des expériences de transfert de gestion est dû aux déficiences de l'association qui ont des modes d'usage inefficace de la ressource (iniquité de distribution de l'eau, surexploitation des ressources en eau...) et qui a de faibles capacités à gérer différentes contraintes. Les résultats de Vermillion (1997) quant aux effets de la décentralisation sur la gestion de 29 systèmes irrigués étaient mitigés. L'auteur a conclu qu'il y a eu une amélioration en termes de réduction des volumes alloués, mais en même temps, il y a eu une détérioration indéniable des infrastructures. Dans son analyse des résultats d'évaluation des performances de 84 associations

d'irrigants en Pakistan, Arsar-Ulhaq (2010) a souligné que le développement de l'iniquité de distribution de l'eau est parmi les faiblesses majeures de ces associations. D'autres travaux tels que l'évaluation conduite par Yercan (2003) ont montré que les agriculteurs sont satisfaits des activités d'opération et de maintenance conduits par des associations des irrigants en Turquie.

Le présent chapitre a pour but d'évaluer les performances du service de l'eau dans le PPI de Zaouiet Jedidi en se basant sur une approche fondée sur un sondage d'opinion d'un panel d'agriculteurs. Ces derniers ont recours au réseau d'irrigation collectif et peuvent avoir ou non un accès à l'eau souterraine. L'identification des problèmes de gestion de l'eau du point de vue des usagers ainsi que les facteurs susceptibles d'influencer leur perception nous permettra d'appréhender leur propre vision d'un service d'irrigation adéquat et d'une gestion efficace par l'association des irrigants. Cet outil d'évaluation peut nous orienter à réfléchir aux moyens qui peuvent appuyer l'association des irrigants dans l'amélioration de la gestion d'eau.

5.2. Matériels et méthodes

5.2.1. Cadre conceptuel

5.2.1.1. Evaluer : Quoi ? Pourquoi ? Pour qui ? De quel point de vue ?

Dans ce travail on s'intéresse à l'évaluation des performances des systèmes irrigués. On a adopté une définition des performances des systèmes irrigués qui a été introduite initialement par Small et Svendsen (1990) et qui a été reprise par la suite par Murray Rust (1992) ainsi que Bos (1997). Dans leur réflexion à la gestion de l'irrigation, ces auteurs ont intégré des concepts de gestion d'entreprise et ont assimilé la performance d'un système irrigué à la performance d'une entreprise : *« il s'agit du degré auquel les services produits par les gestionnaires du système irrigué répondent aux besoins des agriculteurs (leurs adhérents) et l'efficacité de l'utilisation des ressources afin de fournir ces services »*. Cette perspective a été appuyée par le travail de Burton et al. (1996) qui ont souligné l'importance d'introduire la notion de fournir un "service d'irrigation" à "l'utilisateur" comme un facteur déterminant des besoins à satisfaire. Par la suite, plusieurs chercheurs se sont inspirés de l'introduction du concept de service dans la performance des systèmes irrigués pour développer des méthodes d'évaluation du caractère approprié du service ou ce qu'on appelle "l'utilité du service d'irrigation" (Chambers, 1989; Gowing et al., 1996; Ghosh et al., 2005).

Dans ce travail, on considère que le choix des objectifs de l'évaluation et ses bénéficiaires doit prendre en considération le contexte actuel de gestion de l'eau qui est en cogestion par l'administration et le GDA. Ces derniers, cherchent à améliorer leur autonomie et la qualité de leur service d'irrigation, ainsi qu'à gagner plus de légitimité auprès de ses bénéficiaires. On se questionne sur la façon d'accompagner les associations d'irrigants afin d'améliorer la qualité du service d'irrigation pour répondre aux attentes et besoins de leurs abonnés. En d'autres termes, quels sont les outils qui permettent à ces associations de rendre un meilleur service aux usagers.

Puisqu'on s'intéresse en particulier à l'évaluation de la qualité du service de l'eau, on considère que l'irrigant le bénéficiaire de ce service est le mieux placé pour juger de sa qualité et le degré de satisfaction de ses besoins.

5.2.1.2. Grille d'analyse

Notre évaluation de la qualité du service de l'eau d'irrigation est inspirée de la grille d'analyse de Small et Svendsen (1990). Ces auteurs ont sondé les opinions des agriculteurs et des gestionnaires pour analyser la différence entre leurs perceptions du service de l'eau. Ces auteurs ont proposé par

la suite des indicateurs de qualité du service pertinents du point de vue de l'agriculteur. En adoptant les travaux de Chambers (1989), Van der Meer (1971) et Vermillion (1989), ont identifié un ensemble d'indicateurs pour améliorer la qualité des performances d'irrigation suivant les préférences des agriculteurs. En effet, Chambers (1989) a considéré que « *un bon service d'irrigation pour un agriculteur est la livraison à sa parcelle d'un approvisionnement en eau adéquat, convenable, prévisible et en temps opportun pour appliquer les techniques de son choix* ». Alors que Van der Meer (1971) a montré que l'adéquation et la convenance ("timeliness") sont les mesures les plus importantes du point de vue des agriculteurs, Vermillion (1989) a identifié l'équité comme un critère important pour les irrigants afin de juger la performance du système. Ainsi, trois dimensions de la qualité du service ont été identifiées par Svendsen et Small : (i) **la quantité** évaluée à travers les indicateurs d'adéquation et d'équité; (ii) la **qualité** évaluée à travers des indicateurs tel que la salinité; (iii) **l'utilité** jugée à travers les indicateurs de maniabilité ("tractability"), de prévisibilité et de convenance ("timeliness").

L'évaluation de la qualité du processus interne de l'association des irrigants a été basée sur le travail de Vermillion (1997) qui a défini une liste des conditions de succès du transfert de la gestion tel que l'existence de droits d'eau reconnus et durables, l'existence d'une infrastructure appropriée par rapport à la capacité locale de gestion et une répartition claire des responsabilités et des autorités pour les fonctions essentielles de gestion.

5.2.1.3. Enquête d'opinion

L'enquête d'opinion a été mise en œuvre auprès de 90 agriculteurs qui exploitent le réseau collectif d'irrigation. Dans chacun des 30 quartiers hydrauliques, trois agriculteurs ont été choisis suivant leurs emplacements au sein du quartier : amont, milieu et aval. Les enquêtes ont été effectuées en mai 2015. Cette méthode est basée sur une échelle visuelle facile à comprendre par les agriculteurs (Abernethy et al., 2001). Le répondant est invité à écouter de brèves déclarations et à indiquer son niveau d'accord ou de désaccord sur une règle représentant une échelle de 14 points de -7 (total désaccord) à +7 (accord total) illustrée dans la figure 5.1. Ces niveaux d'accord ou de désaccord ont été traduits en termes d'index de satisfaction (IS).



Figure 5.1: Echelle utilisée pour la mesure de l'intensité de satisfaction des agriculteurs

Les déclarations portant sur les indicateurs de performances sont présentées dans le tableau 5.1. On distingue deux indicateurs globaux qui sont décomposés en plusieurs indicateurs élémentaires. Le premier indicateur global est 'la qualité du service d'irrigation', qui a été exprimé à travers la déclaration suivante : '*Les agriculteurs ont accès à une eau de bonne qualité qui est distribuée équitablement selon les besoins des agriculteurs*'. Cet indicateur a été explicité par la suite à travers six indicateurs élémentaires. Le deuxième indicateur global est 'la qualité du processus interne du GDA'. Il correspond à la déclaration '*L'organisation collective des agriculteurs favorise une gestion efficace du périmètre irrigué*', et il est décomposé en cinq indicateurs élémentaires.

Une fois le niveau de satisfaction noté, l'agriculteur est invité à indiquer le principal problème rencontré pour former ce qu'on a appelé des indicateurs élémentaires utilisés par la suite comme un outil pour interpréter les différents niveaux de satisfactions. Les questions détaillées du sondage sont présentées dans l'annexe 1.

Tableau 5.1 : Présentation du sondage d'opinion (2 indicateurs globaux et 11 indicateurs élémentaires)

Indicateur	Déclaration (statement)
(1) Qualité du service d'irrigation	
(1.2) Qualité de l'eau d'irrigation	L'eau d'irrigation est de bonne qualité
(1.3) Adéquation ("Adequacy")	Les quantités d'eau disponibles sont suffisantes pour satisfaire la demande en eau des agriculteurs
(1.4) Convenance ("Timeliness")	Les agriculteurs peuvent irriguer au moment où ils en ont besoin
(1.5) Maniabilité ("Tractability")	Les conditions de livraison d'eau (débit, pression) sont facilement maîtrisées par l'utilisateur, et lui permettent d'utiliser la technique qu'il souhaite
(1.6) Fiabilité ("predictability/reliability")	La distribution de l'eau est fiable et la date d'irrigation est prévisible pour l'agriculteur
(1.7) Équité ("Equity")	L'eau d'irrigation est distribuée équitablement entre les usagers du réseau d'irrigation
(2) Qualité du processus interne du GDA	
(2.1) Règles d'exploitation connues	Le GDA informe l'agriculteur du changement des conditions d'exploitation du réseau et des interruptions du service de l'eau à l'avance
(2.2) Règles d'exploitation respectées	Le tour d'eau organisé par le GDA est respecté et satisfait le besoin en eau des agriculteurs
(2.3) Comptage de l'eau	Le comptage de l'eau est fonctionnel et favorise une bonne gestion des eaux du réseau d'irrigation
(2.4) Maintenance par le GDA	Le périmètre est en bon état et bénéficie d'une maintenance régulière
(2.5) Acceptabilité du prix d'eau	Le prix de l'eau est convenable et accepté par les agriculteurs

5.2.1.4. Analyse statistique

Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée selon un modèle linéaire intégrant explicatif de l'index de satisfaction en fonction de la variable indicateur (13 indicateurs), des variables relatives aux critères descriptifs et des interactions d'ordre 2 entre la variable « indicateur » et chacun des critères descriptifs de l'exploitation. Les variables non significatives ont été successivement éliminées jusqu'à ce que le modèle linéaire général soit composé uniquement de variables significatives (au seuil de probabilité de 5 %) selon le test de Fisher. Afin d'évaluer la dépendance entre plusieurs indicateurs en même temps, on a utilisé la matrice de corrélation (test de corrélation de Pearson). A la fin, un test de régression multiple a été effectué pour exprimer les indicateurs globaux 'qualité du service d'irrigation' et 'processus interne du GDA' en fonction des autres indicateurs élémentaires.

5.3. Résultats

5.3.1. Caractéristiques des exploitations agricoles

5.3.1.1. Caractéristiques générales

La figure 5.2 représente quelques caractéristiques générales des exploitations analysées. La quasi-totalité des agriculteurs enquêtés sont des propriétaires (98 %) et majoritairement de sexe masculin (88 %). Dans ce chapitre, les termes 'amont, milieu et aval' sont relatifs à la position de l'exploitation par rapport au réseau collectif d'irrigation. On a identifié trois classes d'exploitation selon cette position : 37 % en amont, 23 % au milieu et 36 % à l'aval.

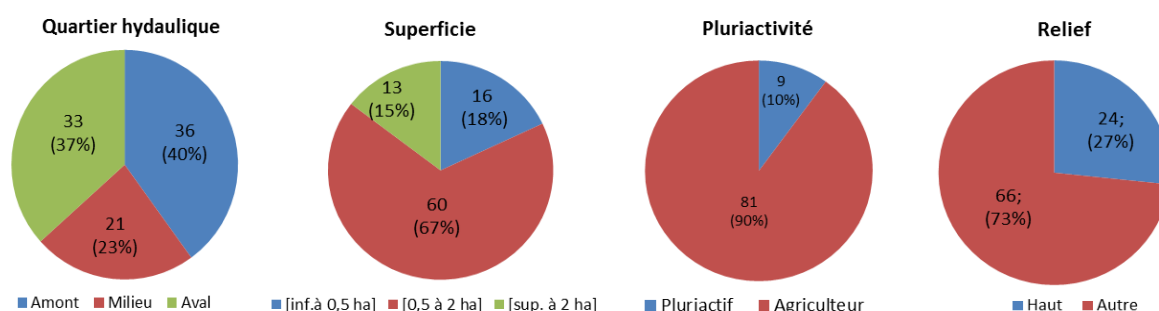


Figure 5.2 : Caractéristiques générales des exploitations

La classification des exploitations en termes de superficie nous a permis de distinguer trois types :

- Classe des grands exploitants : 15 % des enquêtés exploitent des superficies supérieures à 2 ha et appartiennent à la classe des grands exploitants ;
- Classe des agriculteurs moyens : 67 % des enquêtés exploitent des superficies entre 0,5 et 2 ha et appartiennent à la classe des agriculteurs moyens ;
- Classe des petits agriculteurs : 16 % exploitent des superficies inférieures à 0,5 ha et appartiennent à la classe des petits agriculteurs.

Paradoxalement, malgré le fait que 85 % des agriculteurs disposent de petites et moyennes exploitations, la pluriactivité ne concerne que 9% des enquêtés. Ces superficies sont à la limite d'assurer un revenu minimal de subsistance. Cependant, l'enquête a révélé que ces agriculteurs bénéficient d'autres ressources financières par le biais familial.

Concernant le relief, 27 % des enquêtés considèrent que leurs exploitations sont situées dans des points hauts. C'est le cas par exemple des quartiers 21, 26 et 28.

5.3.1.2. Exploitation du réseau collectif

Les caractéristiques relatives à l'exploitation du réseau collectif qui sont susceptibles d'avoir un effet sur les réponses des agriculteurs sont représentées dans la figure 5.3.

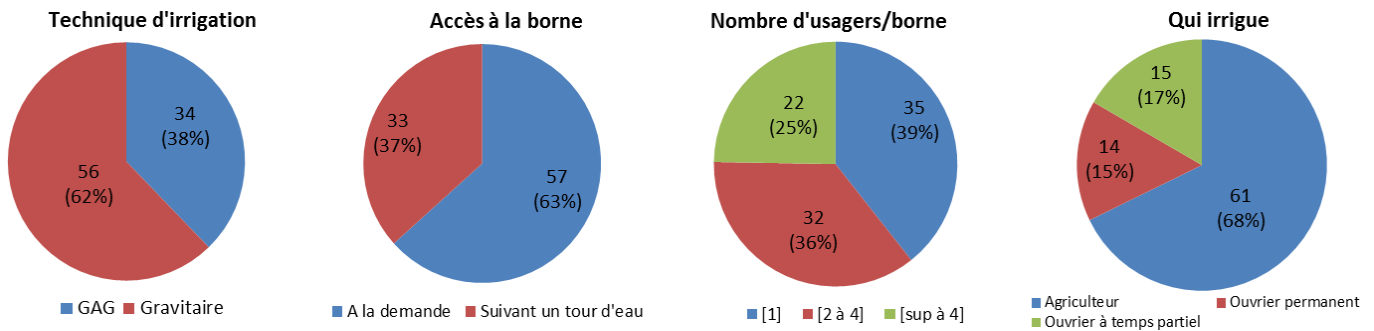


Figure 5.3 : Caractérisation de l'exploitation du réseau collectif

Les résultats montrent que 62 % des enquêtés utilisent l'irrigation gravitaire alors que le reste sont équipés de techniques d'irrigation localisée. Tandis que 63% des enquêtés ont un accès au réseau collectif d'irrigation à la demande, 37 % ont un accès contrôlé par le GDA selon un tour d'eau entre les agriculteurs du même quartier. Ce tour d'eau est pratiqué exclusivement dans les exploitations menées en irrigation de surface. L'accès des agriculteurs à la borne d'irrigation peut être individuel ou en commun : 39 % irriguent à partir des bornes d'irrigation individuelles, 36 % partagent une borne collective avec deux à quatre autres irrigants et 25 % irriguent en commun avec plus que 4 agriculteurs. Le recours à l'usage de la main d'œuvre familiale est répandu dans ce périmètre. 68 % des agriculteurs enquêtés irriguent eux-mêmes, 15 % utilisent des ouvriers permanents pour irriguer et 17 % utilisent des ouvriers à temps partiel.

La plupart des enquêtés sont conscients de l'existence d'un tour d'eau entre les différents périmètres de sauvegarde des agrumes (90 %) et d'un tour d'eau entre les différents quartiers du périmètre (96 %). Alors que seulement 48 % ont déclaré qu'ils connaissent les heures de pointe de consommation d'énergie électrique, seulement 4 % connaissent réellement ces heures, ce qui implique que 96 % des enquêtés ne sont pas conscients de l'existence d'une coupure régulière de l'eau pendant les heures de pointe.

5.3.1.3. Exploitation de la nappe

L'enquête montre que 70 % des agriculteurs enquêtés utilisent exclusivement l'eau de surface. Ceux qui ont accès aux eaux souterraines, exploitent des puits de surface (23 %), puits profonds (2 %) et même les deux à la fois (5 %). 82 % des enquêtés ne mélangent pas l'eau de surface et l'eau de la nappe, alors que 18 % font le mélange dans des bassins ou directement dans les conduites, la moitié des exploitations est équipée de bassins de reprise ou de surpression de petite à moyenne taille (50 à 200 m³). Ces bassins reliés aux bornes d'irrigation et/ou aux puits desservent les systèmes d'irrigation gravitaire (36 %) ou les systèmes d'irrigation localisés (14 %). On constate aussi que 48 % des enquêtés procèdent à une analyse régulière de la salinité des puits.

5.3.2. Résultats de l'analyse statistique

5.3.2.1. Détermination des variables qui ont une influence significative sur l'index de satisfaction

Dans cette partie on va présenter dans une première étape les résultats de l'analyse de la variance "one way-ANOVA" afin de déterminer l'effet simple des facteurs sur la moyenne de l'index de satisfaction IS à travers l'analyse de la variance "one way-ANOVA". Cette analyse a montré que la moyenne de l'index de satisfaction IS de 1170 réponses (13 indicateurs et 90 réponses) a été significativement influencée par des variables relatives aux caractéristiques de l'exploitation (les

caractéristiques générales, l'exploitation du réseau collectif d'irrigation et l'exploitation des eaux souterraines) et par la variable indicateurs (les 13 indicateurs identifiés dans le tableau 5.1).

Dans une deuxième étape, on va présenter les résultats du modèle linéaire général (MLG). Conformément aux résultats de l'ANOVA, le modèle linéaire général montre que les facteurs : « les indicateurs », « la main d'œuvre », « la position de la parcelle au niveau du quartier », « l'accès à la nappe », « l'usage des bassins » et « l'accès à la borne » ont un effet significatif sur la moyenne de l'index de satisfaction. Il montre en plus que « la participation dans l'action collective » est significative. Ceux qui participent dans l'action collective (les adhérents du GDA) sont moins satisfaits (-2,8) que ceux qui sont moins impliqués dans l'action collective (les clients non adhérents). Les résultats de ce modèle montrent aussi que l'interaction d'ordre 2 entre la variable "indicateur" et "la position du quartier dans le système d'irrigation" est significative. Les agriculteurs qui ont des exploitations dans des quartiers aval du périmètre sont moins satisfaits (-5,8) de la qualité du service d'irrigation que ceux qui exploitent des parcelles dans des quartiers au milieu (-4,5) ou en amont (3,3). Par contre, les agriculteurs qui exploitent des parcelles en amont du périmètre sont moins satisfaits (+1,1) du processus interne du GDA que ceux en aval (+1,90) ou au milieu (+2,35) Ce dernier résultat sera explicité dans les paragraphes suivants (cf. paragraphe 5.3.2.6 et 5.3.2.7).

5.3.2.2. Effet simple des facteurs liés aux caractéristiques générales de l'exploitation sur la moyenne de l'index de satisfaction

L'influence du genre, de la surface de l'exploitation, du statut foncier, du relief, de la pluriactivité et de la participation dans l'action collective sur la moyenne de l'index de satisfaction s'est révélée non significative. Par contre, les analyses ont montré que la position de l'exploitation au sein du quartier est significative. Les agriculteurs qui exploitent des parcelles en aval du quartier sont moins satisfaits (-3,2) que les agriculteurs qui exploitent des parcelles au milieu (-2,1) et que ceux qui exploitent des parcelles en amont du quartier (-2).

5.3.2.3. Effets simple des facteurs liés à l'exploitation du réseau collectif d'irrigation sur la moyenne de l'index de satisfaction

L'équipement de la parcelle de compteur fonctionnel n'a pas d'influence significative sur la moyenne de l'index de satisfaction. Par contre, les facteurs suivants se sont révélés significatifs:

- Le mode d'accès au réseau collectif d'irrigation : Les agriculteurs qui irriguent sur demande selon un tour d'eau organisé par le GDA sont moins satisfaits (-2,9) que les agriculteurs qui irriguent à la demande (-2,2) ;
- Le nombre d'irrigants qui partagent une borne d'irrigation : Les agriculteurs qui partagent une borne avec plus que quatre irrigants sont moins satisfaits (-2,7) que les agriculteurs qui partagent une borne collective entre deux et quatre personnes (-2,6) ou ceux qui exploitent des bornes individuelles sont plus satisfaits (-2,1) ;
- La technique d'irrigation : Les irrigants qui utilisent le gravitaire traditionnel sont moins satisfaits (2,8) que ceux qui pratiquent le goutte à goutte (1,7) ;

La main d'œuvre d'irrigation : Les agriculteurs qui ont recours à une main d'œuvre journalière non familiales sont moins satisfaits (-2,3) que les agriculteurs qui utilisent des ouvriers permanents pour l'irrigation (-3,4) ;

- La filtration de l'eau en irrigation goutte à goutte: Les agriculteurs qui ne filtrent pas de l'eau (-2,9) sont moins satisfaits que ceux équipés de dispositifs de filtration d'eau (-1,6) ;

- La connaissance des heures de pointes de consommation d'énergie électrique : Les agriculteurs qui ne sont pas conscients des coupures d'eau pendant les heures de pointe sont moins satisfaits (-2,7) que ceux qui le savent (-2,2).

5.3.2.4. Effets simple des facteurs liés à l'exploitation des eaux souterraines sur la moyenne de l'index de satisfaction

Les facteurs qui ont une influence significative sur la satisfaction des usagers sont:

- L'accès à la nappe : Les irrigants qui n'ont pas d'accès aux eaux de la nappe sont moins satisfaits (2,9) que ceux qui exploitent des puits profonds (-1,7) ;
- Mélange de l'eau de surface et de la nappe : Les irrigants qui ne font pas le mélange des eaux de la nappe et des eaux du réseau collectif sont moins satisfaits (-2,5) que ceux qui font le mélange (-2). Ces derniers ne peuvent pas procéder à ce mélange étant donné le taux de salinité très élevés des eaux de puits ;
- Exploitation des bassins : Les agriculteurs qui utilisent les bassins pour l'irrigation gravitaire sont moins satisfaits (-3,2) que ceux qui n'ont pas des bassins (-2,3) et que ceux qui exploitent des bassins équipés d'énergie électrique liés au système de goutte à goutte ; Analyse de la salinité : Les agriculteurs qui ne procèdent pas à une analyse régulière de la salinité sont moins satisfaits que ceux qui procèdent régulièrement à cette analyse. Certains agriculteurs procèdent à cette analyse sans toutefois exploiter l'eau des puits, ils ont toujours un espoir sur l'amélioration de la qualité de l'eau de la nappe. Ceux qui ne font pas l'analyse ne font plus recours aux eaux de la nappe.

5.3.2.5. Effet des indicateurs relatifs à la qualité du service de l'eau sur la moyenne de l'index de satisfaction

Les agriculteurs sont peu satisfaits du processus interne de l'association (+1,7). Bien qu'ils soient satisfaits du comptage de l'eau, ils sont moins satisfaits de la maintenance du réseau et de l'accès à l'information. Ils sont surtout insatisfaits de l'organisation du tour d'eau au sein des quartiers et du prix de l'eau.

Les agriculteurs ont montré leur insatisfaction de la qualité du service d'eau (-4,5) en particulier concernant la convenance, la maniabilité ("tractability"), l'adéquation, la fiabilité et la qualité de l'eau d'irrigation. Ils sont par contre plus satisfaits de l'équité entre les irrigants (figure 5.4).

Concernant la qualité de l'eau on a demandé aux enquêtés s'ils sont insatisfaits de la qualité de l'eau du réseau collectif en termes de salinité ou de charge solide qui peut affecter leurs équipements. Même si la qualité de l'eau des eaux de la nappe ne concerne pas la qualité du service d'eau du réseau de surface, on a choisi d'explicitier ses effets dans cette analyse. On estime que l'accès à l'eau souterraine peut impacter les autres dimensions de gestion de l'eau et ainsi il peut influencer la perception des agriculteurs de la qualité du service d'eau du réseau collectif. D'ailleurs, les résultats du chapitre 3 ont montré que les agriculteurs qui ont accès à l'eau de la nappe ont recours à des consommations plus faibles à partir du réseau que ceux qui exploitent uniquement le réseau collectif. Les agriculteurs enquêtés ont pointé du doigt la qualité médiocre des eaux souterraines (salinité). En revanche, l'eau du réseau collectif est jugée de qualité acceptable.

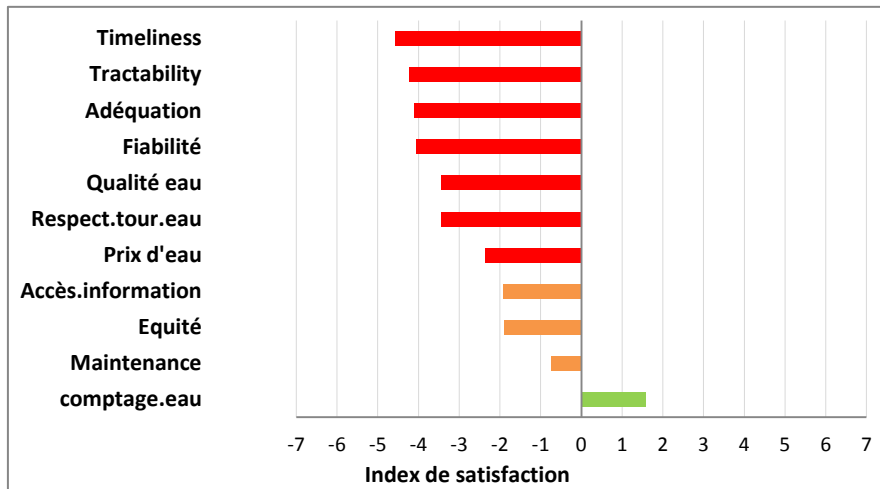


Figure 5.4: Index de satisfaction moyen pour chacun des 11 indicateurs élémentaires ($p < 5\%$)

5.3.2.6. Analyse de l'appréciation de la qualité du service d'irrigation suivant le modèle linéaire général (MLG)

Cette partie représente les résultats de l'interaction entre la variable indicateur de qualité de service d'irrigation et la position de l'exploitation. La figure 5.5 illustre la variation de la moyenne l'index de satisfaction de la qualité du service d'irrigation suivant la position de l'exploitation dans le périmètre. Elle nous permet de constater que les irrigants en amont qui sont les plus satisfaits de l'adéquation (-3) et de la qualité de l'eau d'irrigation (-2,3), sont les moins satisfaits de l'équité (-3,2) et de la fiabilité (-4,4). En revanche, les irrigants en aval qui sont les moins satisfaits de l'adéquation (-5) et de la qualité de l'eau (-5,3), sont les plus satisfaits de l'équité (-5,3) et de la fiabilité (-3,4).

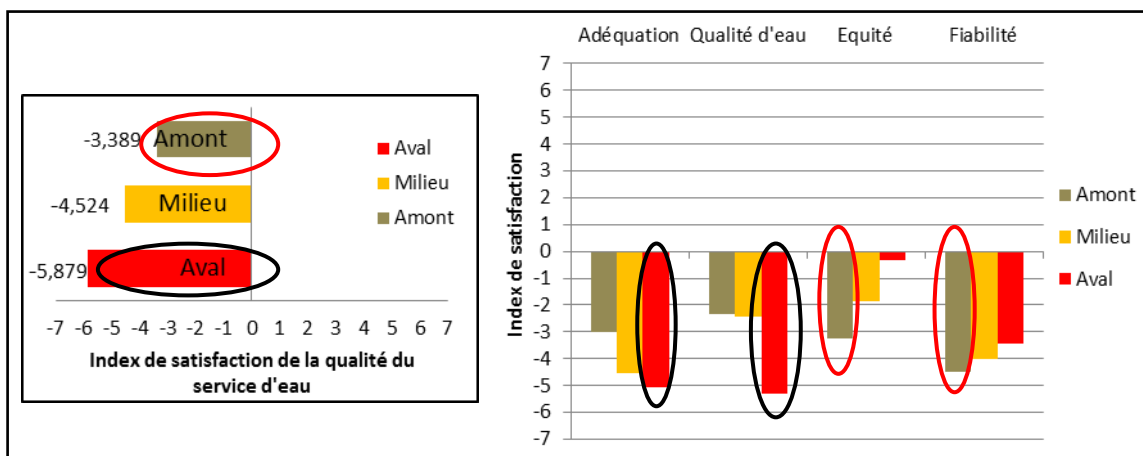


Figure 5.5: Index de satisfaction moyen pour les indicateurs de qualité du service selon la position du quartier dans le système irrigué ($p < 5\%$)

L'explicitation des raisons d'un tel jugement de la qualité du service du point de vue des irrigants fait appel aux constats suivants :

- L'adéquation:** Parmi les agriculteurs exploitant des parcelles en aval, 31 % considèrent que l'eau du réseau est insuffisante et que les coupures régulières de l'eau sont à l'origine de cette insatisfaction. Par contre, uniquement 3 % des agriculteurs en aval partagent le même avis. Les agriculteurs ont expliqué que la détérioration de la qualité de l'eau souterraine est la raison principale de l'insatisfaction vis-à-vis de l'adéquation en eau. Cette explication est partagée par 78 % des agriculteurs à l'aval contre 68 % amont.

- **La qualité de l'eau:** 56 % des enquêtés en amont considèrent que le problème de la qualité de l'eau se rapporte aux eaux souterraines et non au réseau d'irrigation collectif. En aval, ce pourcentage atteint 85 % des enquêtés.
- **L'équité:** 15 agriculteurs ont refusé d'indiquer un index de satisfaction de l'équité (6 en amont, 4 au milieu et 4 en aval). 40 % des agriculteurs en amont contre 41 % en aval jugent qu'ils obtiennent des quantités d'eau inférieures aux autres. 41% en aval considèrent que les usagers de goutte à goutte et les grands exploitants bénéficient d'un meilleur accès au réseau d'irrigation et ce pourcentage est plus élevé en amont pour atteindre 53 %.
- **La fiabilité:** Suivant la technique d'irrigation et la position dans le périmètre, le tableau 5.2 présente les causes principales de l'insatisfaction des irrigants de la fiabilité du service d'irrigation. Alors que la plupart des irrigants considèrent que la coupure régulière d'eau a rendu le service d'irrigation non fiable, les usagers du gravitaire en particulier ceux de l'aval ont expliqué que la programmation du tour d'eau sans la participation des agriculteurs est à l'origine de leur insatisfaction. Les usagers du goutte à goutte quant à eux ont expliqué que le service ne peut pas être fiable puisque tous les irrigants irriguent en même temps.

Tableau 5.2: Les problèmes principaux relatifs à la fiabilité du service d'irrigation énoncés par les enquêtés

	L'agriculteur ne connaît pas le temps ou la durée de son tour à l'avance	Coupures d'eau régulières	Tous les agriculteurs irriguent en même temps
Gravitaire - Amont	47 %	82 %	-
Gravitaire - Aval	78 %	78 %	-
GAG - Amont	-	82 %	47 %
GAG-Aval	-	67 %	22 %

Afin de comprendre pourquoi les irrigants en aval sont les moins satisfaits de l'adéquation en eau, et en même temps les plus satisfaits de l'équité de distribution et inversement pour les enquêtés en amont du réseau, on a essayé de trouver les facteurs qui peuvent être à l'origine de cette contradiction et d'analyser si les agriculteurs « insatisfaits ou satisfaits » de l'adéquation sont les mêmes enquêtés « insatisfaits ou satisfaits de l'équité ». Les agriculteurs ont été répartis en quatre classes : [Insatisfaits de l'adéquation & Insatisfaits de l'équité] ; [Insatisfaits de l'adéquation & Satisfaits de l'équité] ; [Satisfaits de l'adéquation & Insatisfaits de l'équité] et [Satisfaits de l'adéquation & Satisfaits de l'équité], dont la variation de l'effectif selon la position dans le périmètre, la technique d'irrigation, la position x technique sont présentés dans le tableau 5.3.

Tableau 5.3: Variation de l'effectif des irrigants suivant la technique d'irrigation et la position dans le système

	Total*	[Insatisfaits de l'adéquation/ Insatisfaits de l'équité]	[Insatisfaits de l'adéquation/ Satisfaits de l'équité]	[Satisfaits de l'adéquation/ Insatisfaits de l'équité]	[Satisfaits de l'adéquation/ satisfaits de l'équité]
Nombre d'irrigants (%)	74 (100 %)	44 (59 %)	21 (28 %)	5 (7 %)	4 (5 %)
Position dans le périmètre					
Nombre d'irrigants en amont (%) (%) Amont (%) Total_classe (%) Total_enquêtés	29 (100 %) (39 %)	19 (66 %) (43 %) (26 %)	5 (17 %) (24 %) (7 %)	4 (14 %) (80 %) (5 %)	1 (3 %) (25 %) (1 %)
Nombre d'irrigants au milieu	17	10	6	1	0

(%) Milieu	(100 %)	(59 %)	(35 %)	(6 %)	(0 %)
(%) Total_classe		(23 %)	(29 %)	(20 %)	(0 %)
(%) Total_enquêtés	(23 %)	(14 %)	(8 %)	(1 %)	(0 %)
Nombre d'irrigants en aval	28	15	10	0	3
(%) Aval	(100 %)	(53 %)	(36 %)	(0 %)	(11 %)
(%) Total_classe		(34 %)	(48 %)	(0 %)	(75 %)
(%) Total_enquêtés	(37 %)	(20 %)	(14 %)	(0 %)	(4 %)
Technique d'irrigation					
Nombre d'utilisateurs du Gravitaire	51	33	13	3	2
(%) Gravitaire	(100 %)	(64 %)	(25 %)	(6 %)	(4 %)
(%) Total_classe		(75 %)	(62 %)	(60 %)	(50 %)
(%) Total_enquêtés	(69 %)	(45 %)	(18 %)	(4 %)	(3 %)
Nombre d'utilisateurs du GAG	23	11	8	2	2
(%) GAG	(100 %)	(48 %)	(35 %)	(9 %)	(9 %)
(%) Total_classe		(25 %)	(38 %)	(40 %)	(50 %)
(%) Total_enquêtés	(31 %)	(15 %)	(11 %)	(3 %)	(3 %)
Technique d'irrigation x Position					
Nombre d'utilisateurs de gravitaire en amont	15	11	2	2	0
(%) Gravitaire_amont	(100 %)	(73 %)	(13 %)	(13 %)	(0 %)
(%) Total_classe		(25 %)	(10 %)	(40 %)	(0 %)
(%) Total_enquêtés	(20 %)	(15 %)	(3 %)	(3 %)	(0 %)
Nombre d'utilisateurs de gravitaire au milieu	15	9	5	1	0
(%) Gravitaire-milieu	(100 %)	(60 %)	(33 %)	(7 %)	(0 %)
(%) Total classe		(20 %)	(24 %)	(20 %)	(0 %)
(%) Total_enquêtés	(20 %)	(12 %)	(7 %)	(1 %)	(0 %)
Nombre d'utilisateurs de gravitaire en aval	21	13	6	0	2
(%) Gravitaire-aval	(100 %)	(62 %)	(29 %)	(0 %)	(10 %)
(%) Total classe		(30 %)	(29 %)	(0 %)	(50 %)
(%) Total_enquêtés	(28 %)	(18 %)	(8 %)	(0 %)	(3 %)
Nombre d'utilisateurs de GAG en amont	14	8	3	2	1
(%) GAG-amont	(100 %)	(57 %)	(21 %)	(14 %)	(7 %)
(%) Total classe		(18 %)	(14 %)	(40 %)	(25 %)
(%) Total_enquêtés	(19 %)	(11 %)	(4 %)	(3 %)	(1 %)
Nombre d'utilisateurs de GAG au milieu	2	1	1	0	0
(%) GAG-milieu	(100 %)	(50 %)	(50 %)	(0 %)	(0 %)
(%) Total classe		(2 %)	(5 %)	(0 %)	(0 %)
(%) Total_enquêtés	(3 %)	(1 %)	(1 %)	(0 %)	(0 %)
Nombre d'utilisateurs de GAG en aval	7	2	4	0	1
(%) GAG-aval	(100 %)	(29 %)	(57 %)	(0 %)	(14 %)
(%) Total classe		(5 %)	(19 %)	(0 %)	(25 %)
(%) Total_enquêtés	(9 %)	(3 %)	(5 %)	(0 %)	(1 %)

(*Il ya 16 agriculteurs qui ont refusé d'indiquer un IS de l'un des indicateurs adéquation ou équité, donc le nombre total des agriculteurs dans ce tableau est de 74 au lieu de 90; **En gras : facteur significatif**)

Classe des enquêtés insatisfaits de l'adéquation et de l'équité [Insatisfait/insatisfait] : Ces agriculteurs représentent 59 % de tous les agriculteurs enquêtés. Alors que la position dans le périmètre s'est avérée non significative (43 % en amont, 23 % au milieu et 34 % en aval), Le choix de la technique d'irrigation semble être plus significative. L'analyse montre que 75 % des agriculteurs qui appartiennent à cette classe utilisent l'irrigation gravitaire. Ils représentent 64 % de tous les usagers du gravitaire enquêtés et 45 % de tous les agriculteurs enquêtés, alors que seulement 25 % ont

recours à l'irrigation goutte à goutte, soit 45 % de tous les usagers du goutte à goutte et 15 % de la totalité des enquêtés. Ceci nous permet de tirer une première conclusion : « *la plupart des irrigants insatisfaits de l'adéquation et de l'équité sont des usagers de gravitaire* ».

En prenant en compte la technique d'irrigation et la position en même temps, on trouve qu'il n'y a pas une différence significative de l'effectif entre les usagers du gravitaire en amont (30 %) et les usagers du gravitaire en aval (25 %). Par contre, cette différence est plus importante entre les usagers du goutte à goutte en aval qui ne représentent que 3 % des agriculteurs de cette classe, et ceux en amont qui représentent 18 % (soit 57 % de tous les usagers du gravitaire en amont enquêtés). D'où la deuxième conclusion : « *La plupart des agriculteurs insatisfaits de l'équité et de l'adéquation sont des usagers du goutte à goutte en amont* ». 18 % seulement de ces derniers ont un accès à la nappe (soit 7 % seulement de tous les enquêtés ayant accès à la nappe), et 62 % ont des superficies inférieures à 1 ha.

Classe des enquêtés insatisfaits de l'adéquation mais satisfaits de l'équité [Insatisfaits/satisfaits] :
Ces irrigants représentent 28 % de tous les enquêtés. La position de l'exploitation ainsi que la technique d'irrigation dans ce cas sont significatives.

Les résultats montrent que 48 % de ces agriculteurs ont des exploitations en aval (ce qui représente 36 % de tous les enquêtés de l'aval et 14 % de tous les enquêtés) alors que 24 % sont des exploitants en amont (soit 17 % de tous les agriculteurs en amont et 7 % de tous les enquêtés). Ainsi on peut conclure que « *la plupart des agriculteurs insatisfaits de l'adéquation mais satisfaits de l'équité exploitent des parcelles en aval du périmètre* ».

En considérant la technique d'irrigation, 62 % des irrigants de cette classe pratiquent l'irrigation gravitaire, ils constituent 25 % de tous les usagers du gravitaire et 18 % de la totalité des enquêtés. Alors que 38 % utilisent le goutte à goutte, soit 35 % de tous les usagers de cette technique et 11 % de la totalité des enquêtés. Ainsi on peut conclure que la plupart des enquêtés insatisfaits de l'adéquation mais satisfaits de l'équité pratiquent l'irrigation gravitaire. 29 % de ces derniers ont des exploitations en aval (ils constituent 29 % de tous les usagers du gravitaire en aval et 8 % de tous les enquêtés). 33 % de ces irrigants ont un accès à la nappe et ils exploitent tous des superficies inférieures à 1,25 ha. Les usagers du gravitaire et du goutte à goutte en amont représentent consécutivement 14 % et 10 % des enquêtés de cette classe. Les usagers du goutte à goutte en aval représentent 19 % des enquêtés de cette classe, ils représentent 57 % de tous les usagers du goutte à goutte enquêtés en aval. 75 % de ces derniers ont accès à la nappe, et ils exploitent tous des superficies supérieures à 1 ha (de 1 à 15 ha). Donc on constate que « *les agriculteurs insatisfaits de l'adéquation mais satisfaits de l'équité sont les usagers du goutte à goutte et du gravitaire qui exploitent des parcelles aval* ».

Alors que la plupart des usagers du goutte à goutte ne sont pas arrivés à justifier leur insatisfaction de l'équité, les usagers du gravitaire ont donné les raisons d'un tel jugement. En effet, 53 % de ces derniers considèrent que les usagers de goutte à goutte ou les grands exploitants ont un meilleur accès à l'eau du réseau alors que seulement 16 % des usagers du gravitaire en aval ont partagé cet avis. Le tableau 5.4 représente une comparaison de la perception des causes de l'insatisfaction de l'équité entre les usagers du gravitaire qui exploitent des parcelles en amont et en aval.

Tableau 5.4: Les problèmes relatifs à l'équité déclarés par les agriculteurs pratiquants l'irrigation gravitaire en amont et en aval du périmètre

Indicateur élémentaire	Usagers du gravitaire en amont	Usagers du gravitaire en aval
Tous les agriculteurs ont un mauvais service d'irrigation	7 %	5 %
L'agriculteur obtient des quantités inférieures aux autres	13 %	32 %
Les usagers du GAG ou des grandes exploitations ont toujours l'accès à l'eau du réseau	53 %	16 %
L'agriculteur obtient des quantités inférieures aux autres+ Les usagers du GAG ou les grands exploitants ont toujours l'accès à l'eau	13 %	11 %

L'effectif des deux classes « *satisfaits de l'adéquation & insatisfaits de l'équité* » et « *satisfaits des de l'adéquation & de l'équité* » représentent seulement 5 % et 7 % de tous les enquêtés et ne permet pas une analyse plus détaillée.

5.3.2.7. Analyse de la satisfaction de la qualité du processus interne du GDA d'irrigation suivant le modèle linéaire général (MLG)

Les agriculteurs qui exploitent des parcelles en amont sont moins satisfaits (+1,18) du processus interne du GDA que ceux en aval (+1,90) ou au milieu du périmètre (+2,35). Les agriculteurs des quartiers au milieu du périmètre sont plus satisfaits de l'accès à l'information. Ceci peut être expliqué par le fait que l'association des irrigants est localisée au milieu du périmètre, ce qui permet à ceux qui exploitent des parcelles au milieu du périmètre d'avoir un accès plus facile au GDA et d'avoir un contact plus fréquent avec l'équipe technique du GDA. Même si 92 % des enquêtés des quartiers aval soient équipés de compteurs fonctionnels, ils sont sensiblement moins satisfaits que les agriculteurs des quartiers amont dont 76 % sont équipés de compteurs et que les agriculteurs des quartiers au milieu du périmètre qui sont les moins équipés de compteurs (65 %). La figure 5.6 montre que les agriculteurs les plus satisfaits du comptage d'eau sont les moins satisfaits du prix d'eau.

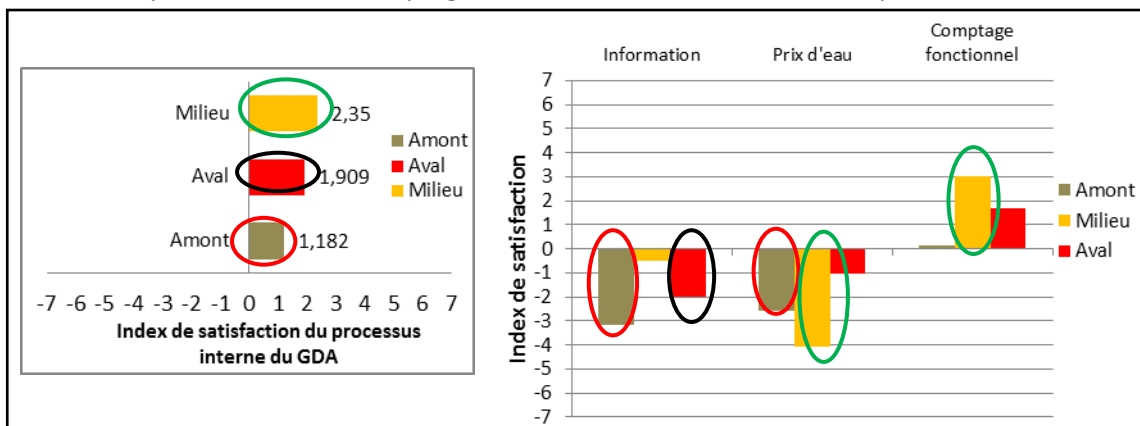


Figure 5.6 : Index de satisfaction moyen pour chacun du processus interne du GDA selon la position du quartier dans le système irrigué (p < 5 %)

Les usagers du gravitaire en amont sont les moins satisfaits du partage de l'information entre l'équipe technique du GDA et les irrigants (-3.6). 98 % de ces irrigants ont expliqué qu'ils ne sont pas informés des changements de leurs tours d'eau, alors que les usagers du gravitaire en aval sont plus satisfaits (-0.7). Les usagers de goutte à goutte en amont (-3.1) sont aussi moins satisfaits du passage de l'information que ceux en aval (-1.9). 76 % de ces derniers ont expliqué qu'ils ne sont pas informés des coupures d'eau.

5.3.3. Résultats de l'analyse de la corrélation

5.3.3.1. Résultats de la matrice des corrélations de Pearson entre les index de satisfaction

La figure 5.7 illustre les résultats de la matrice de corrélation entre les différents indicateurs. Elle montre qu'il existe une corrélation forte entre la qualité du service de l'eau et (1) l'adéquation ainsi qu'avec (2) la qualité de l'eau souterraine. Cette corrélation est aussi significative mais moins importante entre la qualité du service d'eau et (3) l'organisation du tour d'eau, (4) la maniabilité, (5) la convenance et (6) l'information. D'autre part, pour la qualité du processus interne du GDA, il existe une corrélation significative entre : (1) l'organisation du tour d'eau, (2) l'information, (3) l'adéquation et (4) la maniabilité.

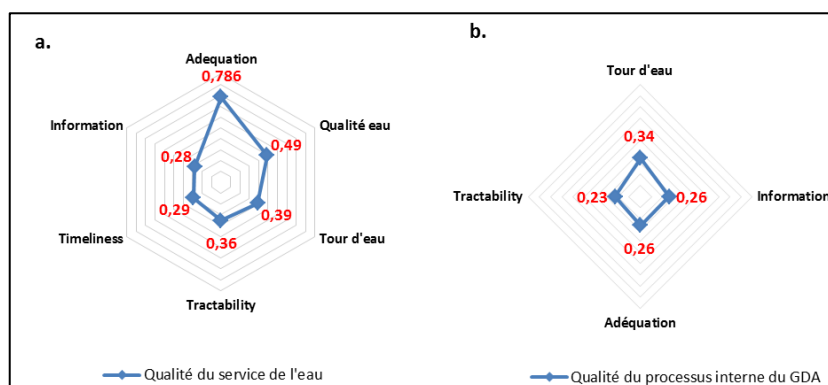


Figure 5.7 : Résultats du test de corrélation entre les indicateurs

5.3.3.2. Liaison linéaire entre les différents indicateurs intégrateurs

Les résultats de l'analyse statistique montrent qu'il y a une corrélation significative entre :

- l'adéquation et (1) la fiabilité, (2) la qualité d'eau et (3) l'information.
- Elle existe aussi entre l'organisation du tour d'eau et (1) l'adéquation, (2) la fiabilité, (3) la convenance et (4) la maniabilité, ainsi qu'entre la convenance et (1) la fiabilité, (2) la maniabilité, (3) la maintenance, et (4) la qualité d'eau et entre l'information et (1) l'adéquation, (2) l'équité et (3) le prix d'eau (Tableau 5.5).

Tableau 5.5 : Coefficient de corrélation de Pearson (valeurs de r)

	Adéquation	Information	Maintenance	Fiabilité	Qualité d'eau	Tour d'eau	Convenance	Maniabilité	Equité	Prix d'eau
Adéquation	1	0,34	0,064	0,043	0,348	0,262	0,461	0,278	0,061	0,127
Information	0,34	1	0,073	0,105	0,007	0,202	0,130	-0,028	0,339	0,217
Maintenance	0,064	0,073	1	0,107	0,170	0,203	0,252	-0,057	0,205	0,043
Fiabilité	0,043	0,105	0,107	1	0,057	0,269	0,316	0,247	0,245	-0,016
Qualité eau	0,348	0,007	0,170	0,057	1	0,286	0,222	0,141	0,170	0,106
Tour d'eau	0,262	0,202	0,203	0,269	0,286	1	0,252	0,23	0,103	0,163
Convenance	0,461	0,130	0,252	0,316	0,222	0,252	1	0,297	0,036	0,075
Maniabilité	0,278	-0,028	-0,057	0,247	0,141	0,23	0,297	1	-0,017	0,093
Equité	0,061	0,339	0,205	0,245	0,017	0,103	0,036	-0,017	1	0,089
Prix d'eau	0,127	0,217	0,043	-0,016	0,106	0,163	0,075	0,093	0,089	1

(En gras : corrélation significative, $p < 5\%$)

5.3.3.3. Modèle linéaire explicatif de la qualité du service de l'eau et du processus interne en fonction des autres indicateurs (régression pas à pas)

Le tableau 5.6 présente le degré de liaison entre les indicateurs pilotes (qualité du service d'irrigation & processus interne du GDA) et les indicateurs intégrateurs. Les indicateurs significatifs les plus liés à la qualité du service d'irrigation classés en ordre croissant sont : 1) adéquation ; 2) maniabilité ; 3) qualité de l'eau ; 4) convenance ; 5) comptage et 6) organisation du tour d'eau. Les indicateurs les plus liés à la qualité du processus interne du GDA en ordre croissant sont : 1) convenance ; 2) information et 3) organisation du tour d'eau.

Tableau 5.6: Degré de liaison entre les indicateurs

	Qualité du service d'eau	Processus interne du GDA
Adéquation	0,548	-
Maniabilité	0,176	0,32
Qualité eau	0,145	-
Tour d'eau	0,132	0,24
Convenance	-0,142	-
Information	-	0,22

5.4. Discussion

5.4.1. Perception des irrigants d'un bon service d'irrigation et d'une association performante des irrigants

Les enquêtes d'opinion ont permis de hiérarchiser les problèmes principaux du point de vue des agriculteurs. Ils sont insatisfaits de la plupart des indicateurs relatifs à la qualité du service d'irrigation, ce qui peut être expliqué par la situation actuelle de pénurie d'eau dans le périmètre. Par contre, le fonctionnement de l'association des irrigants est jugé plus satisfaisant. Ceci est dû à leur perception de la pénurie d'eau, les agriculteurs considèrent que l'augmentation de l'offre en amont par l'administration est la seule solution pour alléger cette situation de pénurie et que l'association des irrigants n'a pas la capacité d'intervenir efficacement. Les résultats ont dévoilé une forte corrélation entre la perception des agriculteurs de la qualité du service du système collectif d'irrigation et la qualité de l'eau souterraine.

Les résultats ont montré que les agriculteurs en aval sont moins satisfaits de la qualité du service d'irrigation que les autres en amont ou au milieu du système. Ceci est dû principalement à leur insatisfaction de l'adéquation et de la qualité de l'eau souterraine. Comme l'on s'y attendait, les agriculteurs qui exploitent des zones caractérisées par un relief élevé ou situées en aval du système irrigué sont les moins satisfaits de la qualité du service d'irrigation. Ceci met l'accent sur l'impact des interventions au niveau des structures régulatrices du système irrigué ; l'enlèvement des limiteurs de débit et de pression a affecté la distribution de l'eau entre les divers secteurs. La différence élevée entre les index de satisfaction en aval et ceux de l'amont et milieu nous permet aussi de conclure que les agriculteurs en amont et au milieu ont accès à une meilleure qualité d'eau souterraine que ceux en aval. L'analyse de corrélation a montré aussi qu'il y a une forte corrélation entre l'adéquation et la qualité de l'eau souterraine, ainsi les agriculteurs qui ont accès à la nappe sont plus satisfaits de l'adéquation.

Cependant les analyses statistiques ont montré que même si les agriculteurs en aval soient les moins satisfaits de l'adéquation, ils sont les plus satisfaits de l'équité de distribution de l'eau et de la fiabilité du service d'irrigation. Cependant les agriculteurs en amont sont plus satisfaits de l'adéquation mais moins satisfaits de l'équité. La plupart des agriculteurs insatisfaits de l'adéquation et de l'équité sont les usagers du gravitaire (en amont et en aval) et les usagers de goutte à goutte en amont. En fait, les impacts de la pénurie d'eau et de l'application d'un tour d'eau prolongé et inflexible expliquent l'insatisfaction des agriculteurs qui pratiquent l'irrigation gravitaire de l'adéquation. Ces derniers exploitent de faibles superficies et ils ont un accès limité à la nappe et au réseau collectif contrairement aux usagers du goutte à goutte dont la plupart sont des grands exploitants qui profitent de plusieurs avantages tel que l'accès libre au réseau collectif. Ceci peut expliquer l'insatisfaction des agriculteurs qui pratiquent l'irrigation gravitaire de l'insatisfaction. Dans le deuxième cas, les irrigants insatisfaits sont des usagers de l'irrigation goutte à goutte qui ont de faibles superficies et qui ont un accès limité à la nappe, ce qui est contraignant pour ces agriculteurs à cause des pannes régulières du réseau d'irrigation collectif.

La plupart des usagers du gravitaire et du goutte à goutte en aval sont insatisfaits de l'adéquation mais satisfaits de l'équité. Dans le premier cas, ces irrigants sont largement plus satisfaits de l'équité que les usagers du gravitaire en amont dont la plupart considèrent que les usagers du goutte à goutte et les grands exploitants ont un meilleur accès au réseau collectif. Dans le deuxième cas, la majorité de ces irrigants profitent d'un accès à l'eau souterraine et exploitent des superficies importantes. Même s'ils jugent que leur demande en eau n'est pas satisfaite, ils considèrent que le service est équitable.

Du point de vue des agriculteurs, les analyses de corrélation entre les différents indicateurs ont montré qu'un bon service d'irrigation est un service : (1) qui fournit des quantités d'eau adéquates, (2) qui permet l'accès à une bonne qualité d'eau, (3) qui se caractérise par une bonne organisation de sa distribution (4) qui permet à l'utilisateur d'utiliser la technique qu'il souhaite, (5) que l'eau soit disponible au moment où l'utilisateur en a besoin et (6) qui permet à l'irrigant d'accéder aux différentes informations concernant ce service (organisation, coupures et accidents...).

Leur perception d'une bonne qualité du processus interne du GDA dépend (1) de l'organisation du tour d'eau, (2) du passage de l'information à l'utilisateur, (3) de la capacité à fournir des quantités d'eau adéquates à ses abonnés et (4) de la possibilité d'utiliser la technique choisie par l'irrigant. Puisque l'augmentation de l'apport en eau nécessite l'intervention de l'administration en amont du système et s'inscrit dans le cadre des interventions à long terme, l'amélioration du passage de l'information à l'utilisateur et l'organisation du tour d'eau semblent être plus pertinents et permettent de répondre aux besoins des irrigants.

Vu que le GDA est responsable de la distribution de l'eau entre les usagers et de la communication des informations concernant la situation actuelle du système, on peut conclure que ce dernier doit renforcer son système de communication avec les agriculteurs et améliorer la programmation des irrigants entre ses abonnés. La forte corrélation entre l'adéquation et l'organisation du tour d'eau et l'adéquation et le passage de l'information confirme l'efficacité de cette proposition.

5.4.2. Retour sur la méthodologie

Ce travail a montré la capacité de cette méthode à révéler les facteurs qui peuvent influencer la perception des agriculteurs et de mesurer et analyser des indicateurs qui sont souvent difficile à quantifier. Ceci confirme les constats d'Abernethy et al. (2001) que contrairement aux autres

méthodes d'évaluation des performances telles que la modélisation, les enquêtes d'opinion permettent de qualifier les interactions entre le processus physique et l'attitude et le comportement des agriculteurs, ce qui contribue à renforcer l'utilité de ce processus d'évaluation.

5.5. Conclusion

Les enquêtes d'opinion ont permis non seulement d'analyser la satisfaction des agriculteurs des performances actuelles de leur système, mais d'avoir aussi des indications sur les indicateurs pertinents de leur point de vue. Même si les indicateurs sont inspirés d'un point de vue externe (les chercheurs), les acteurs locaux sont capables d'exprimer quels sont les aspects qui les concernent le plus. Dans ce contexte de disponibilités en eau limitées, la satisfaction de la demande des agriculteurs (adéquation), la capacité d'accès à des sources d'eau alternatives (la nappe) et la capacité de maîtriser le temps et l'accès à l'eau sont parmi les soucis principaux des agriculteurs. Cependant, on a constaté aussi que l'accès à l'information, la coordination et la programmation efficace des tours d'eau par le GDA sont importants du point de vue de l'irrigant.

La facilité de la mise en œuvre de cette approche et sa capacité de montrer les interactions entre les facteurs physiques et la perception des irrigants ont permis de développer des propositions d'amélioration qui prennent en compte le point de vue de l'utilisateur.

5.6. Références bibliographiques

Abernethy CL, Jinapala K, Makin IW. 2001. Assessing the opinions of users of water projects. *Irrigation and Drainage* **50** (3):173-193. DOI:<http://dx.doi.org/10.1002/ird.17>.

Al Atiri R. 2006. Evolution institutionnelle et réglementaire de la gestion de l'eau en Tunisie. Vers une participation accrue des usagers de l'eau. L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Nouveaux arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau. Cahors, France.

Alkin MC. 2004. Evaluation roots. A wider perspective of theorists' views and influences. SAGE Publications.

Arsar-Ulhaq. 2010. Performance of farmers' organizations in Punjab, Pakistan: The challenges and way forward. *Irrigation and Drainage* **59** (1):23-30.

Bachta MS, Zaibet L. 2006. Les innovations institutionnelles comme adaptations à l'évolution du contexte des périmètres irrigués : Cas de la Tunisie. L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Nouveaux arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau. Cahors, France.

Bos MG. 1997. Performance indicators for irrigation and drainage. *Irrigation and Drainage Systems* **11**:19.

Burton MA, Kingdom WD, Welch JW. 1996. Strategic investment planning for irrigation. *Irrigation and Drainage Systems* **10** (3):207-226. DOI:<http://dx.doi.org/10.1007/bf01102807>.

Cashmore M. 2004. The role of science in environmental impact assessment: Process and procedure versus purpose in the development of theory. *Environmental Impact Assessment Review* **24** (4):403-426.

Chambers R. 1989. Managing canal irrigation. Practical analysis from South Asia. Cambridge Studies in Agricultural and Rural Development.

Elloumi M, Sghaier M, Dhehibi B, Kadhadhi K. 2007. Changement institutionnel et développement durable : Vers une nouvelle gouvernance du développement local et de la gestion des ressources naturelles. African Economic Conference 2007: Opportunities and Challenges of Development for Africa in the Global Arena.

Ghazouani W, Marlet S, Mekki I, Vidal A. 2009. Farmers' perceptions and engineering approach in the modernization of a community-managed irrigation scheme. A case study from an oasis of the Nefzawa (south of Tunisia). *Irrigation and Drainage* **58** (S3):S285-S296. DOI:<http://dx.doi.org/10.1002/ird.528>.

- Ghosh S, Singh R, Kundu DK. 2005. Evaluation of irrigation-service utility from the perspective of farmers. *Water Resour Manage* **19** (5):467-482. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-005-4718-6>.
- Giordano M, Samad M, Namara R. 2006. Assessing the outcomes of iwmi's research and interventions on irrigation management transfer. IWMI.
- Giraldi M, Nouri H. 2015. Quand l'histoire orale s'invite dans la gestion de l'eau. L'espace irrigué de kerma (tunisie). *Espaces et sociétés* **160-161** (1-2):155-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.3917/esp.160.0155>.
- Gowing J, Tarimo A, El-Awad O. 1996. A rational method for assessing irrigation performance at farm level with the aid of fuzzy set theory. *Irrigation and Drainage Systems* **10** (4):319-330. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf01104896>.
- Hamdane A. 2002. Valeur économique des eaux agricoles. Cas de la tunisie Forum sur la getsion de la demande en eau Beyrouth, Liban.
- Henry GT, Mark MM. 2003. Toward an agenda for research on evaluation. *New Directions for Evaluation* **2003** (97):69-80. DOI:<http://dx.doi.org/10.1002/ev.77>.
- Hurteau M, Valois P, Bossiroy A. 2011. Jugement crédible en évaluation de programme : Définition et conditions requises. *The Canadian Journal of Program Evaluation* **25** (2):83-101.
- M.G. Bos, Nugteren J. 1990. On irrigation efficiencies. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Molden DJ, R Sakthivadivel, Christopher J. Perry, Charlotte de Fraiture H. Kloezen W. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report Colombo 20. International Water Management Institute. Sri Lanka.
- Mouri H, Marlet S. 2006. De l'association d'intérêt collectif au groupement de développement agricole. Le changement institutionnel et son impact sur le fonctionnement des périmètres publics irrigués tunisiens. L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée Nouveaux arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau. Cahors, France.
- Murray-Rust DH. 1992. Improving irrigation system performance. Workshop on IIMI-India Collaborative Research in Irrigation Management. International Irrigation Management Institute Colombo, Sri Lanka. Research paper: 24.
- Ostrom E. 1990. *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge Cambridge University Press.
- Patton M.Q. 2008. *Utilization-focused evaluation: 4th edition*. Thousand Oaks, Ca: Sage Publications.
- Ridde V. 2006. Suggestions d'améliorations d'un cadre conceptuel de l'évaluation participative. . *The Canadian Journal of Program Evaluation* **21** (2):1-23.
- Romagny B, Riaux J. 2007. La gestion communautaire de l'eau agricole à l'épreuve des politiques participatives: Regards croisés Tunisie/Maroc/community-based agricultural water management in the light of participative policies: A cross-cultural look at cases in Tunisia and Morocco. *Hydrological Sciences Journal/Journal des Sciences Hydrologiques* **52** (6):1179-1196.
- Scriven M. 1967. *The methodology of evaluation*. Stake, RE, Curriculum Evaluation, AERA Monograph Series on Curriculum Evaluation, Rand Mc Nally, Vol 1 , Chicago.
- Shadish WR. 1994. Need-based evaluation theory: What do you need to know to do good evaluation? *Evaluation Practice* **15** (3):347-358. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0886-1633\(94\)90029-9](http://dx.doi.org/10.1016/0886-1633(94)90029-9).
- Small LE, Svendsen M. 1990. A framework for assessing irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems* **4** (4):283-312. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf01103710>.
- Suhardiman D. 2008. Bureaucratic designs: The paradox of irrigation management transfer in indonesia.
- Temple-Boyer É. 2008. Les principes de la gestion de l'eau à l'épreuve des territoires tunisiens *Strates* **15**
- Van der meer C. 1971. Water thievery in a rice irrigation system in taiwan. *Annals of the Association of American Geographers* **61** (1):156-179. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8306.1971.tb00771.x>.
- Vermillion DL. 1989. Second approximations: Uplanned farmer contributions to irrigation design. ODI-IIMI Irrigation Management Network **89/2C**.

Vermillion DL. 1997. Impacts of irrigation management transfer: A review of the evidence, Ed by 11 RR. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

Weiss CH. 1998. Have we learned anything new about the use of evaluation? The American Journal of Evaluation **19** (1):21-33. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1098-2140\(99\)80178-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1098-2140(99)80178-7).

Yercan M. 2003. Management turning-over and participatory management of irrigation schemes: A case study of the gediz river basin in turkey. Agricultural Water Management **62** (3):205-214.

Chapitre 6: Le jeu de rôles AMIC'EAU : un outil pour supporter un processus de concertation pour améliorer la gestion de l'eau d'irrigation dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi

6.1. Introduction

Le contexte actuel de gestion des ressources en eau est marqué par la tendance vers la décentralisation des processus de prise de décision. Ce transfert de responsabilité a amené à l'émergence de nouvelles institutions locales. Mais ces dernières doivent faire face à la complexité du contexte de gestion de l'eau, marqué par les inégalités, les intérêts conflictuels et l'asymétrie d'accès à l'information. Elles ont en conséquence besoin d'outils de négociation, de mécanismes de coopération, de supports de décision et de processus de résolution de conflits. En effet, Farolfi and Rowntree (2005) ont argumenté que la participation dans l'échange des connaissances est une condition fondamentale pour une utilisation efficiente et équitable de l'eau au niveau des systèmes irrigués. L'importance de l'implication des acteurs locaux dans la gestion de leurs systèmes et la résolution de leurs problèmes a été aussi affirmée par Elsayah et al. (2015). Ces derniers ont mis l'accent sur la multiplicité des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau, qui ont des poids et des représentations différentes. Ces différences de représentations sont souvent à l'origine des conflits et de la défaillance des processus de coordination entre ces acteurs. Pour sa part Barnaud (2008) a considéré que *"la participation des acteurs locaux dans les processus de résolution des problèmes est une forme de reconnaissance de la capacité de ces acteurs à trouver eux-mêmes des solutions à leurs problèmes, grâce à leur expérience, leurs savoir-faire et leur connaissance fine des contextes locaux"*. Pour ce faire, il est nécessaire de construire une représentation partagée de chaque situation conflictuelle qui permet aux acteurs de s'exprimer et de se projeter à la place des autres et qui peut aussi provoquer de nouvelles formes d'interactions.

La représentation d'une situation particulière ou d'un problème donné peut être possible à travers des outils tels que les simulations et les jeux de rôles qui ont la capacité de montrer les aspects de complexité et d'incertitude autour de la gestion des ressources en eau (Barreteau et al., 2007). La particularité des jeux de rôles réside dans leur capacité à créer une distance de la réalité même s'il s'agit d'un jeu contextualisé. En effet, la décision du joueur n'affecte pas vraiment la réalité (ou au moins pas immédiatement) et présente une activité réversible qui permet au participant d'expérimenter de nouvelles stratégies sans prendre de risque (Daré, 2005). Ainsi, le jeu permet aux participants de mener une réflexion collective sur les effets cumulatifs de leurs actions individuelles sur les modalités d'usage de l'eau. Cependant, la complexité des interactions au sein du système irrigué nécessite souvent le recours aux modèles informatiques. Le potentiel de ces derniers a été reconnu dans plusieurs travaux (Wasson et al., 2003; Rekolainen S, 2004). La modélisation est devenue ainsi un outil d'accompagnement des processus d'apprentissage et de gestion collective des ressources (Barreteau and Daré, 2003). La combinaison de l'usage de la modélisation et des jeux de rôles a été en particulier développée par le collectif ComMod (Étienne, 2013). Ce dernier a introduit une forme particulière de modélisation nommée « *Modélisation d'accompagnement* » qui implique la construction de modèles formels (d'une manière participative ou non) puis leur usage dans les jeux de rôles (Guérin Schneider et al., 2010). Il s'agit de simplifier un modèle sous forme d'un jeu de rôles facilement appréhendé ou inversement, enrichir un jeu de rôles qui représente une activité compliquée et qui nécessite par conséquent l'apport de la simulation (Bousquet et al., 1999; Dionnet et al., 2008).

Cependant, la plupart des modèles développés pour l'aide à la décision ou la résolution des problèmes ne sont pas adaptés au contexte réel et sont loin d'être construits selon les besoins des usagers (McIntosh et al., 2007). En étudiant les raisons du décalage entre le nombre des modèles développés par la recherche et ceux réellement appliqués, Borowski and Hare (2007) ont constaté que les acteurs locaux (usagers ou gestionnaires) ont besoin de modèles qui peuvent jouer le rôle d'un outil de support de décision plutôt que de fournir cette décision. Dans le même courant de réflexion, Prell et al. (2007) ont déclaré que: "*Si les modèles sont des représentations des aspects de la réalité, comment peut-on les construire sans les contributions des gens qui ont des interactions avec cette réalité ?*". Ainsi, une première hypothèse découle de ces travaux : si les décisions sont basées sur des informations qui résultent des modèles développés à travers la collaboration avec une diversité d'acteurs représentatifs, elles seront probablement plus acceptées par les parties prenantes et moins contestées par rapport aux décisions qui résultent des modèles de boîtes noires. La modélisation participative permettra ainsi de faciliter la concertation entre les différents acteurs et de déplacer l'attention mise sur les intérêts individuels à une réflexion sur les intérêts collectifs. Néanmoins, lorsqu'on est amené à appliquer ce principe de participation, on doit faire face à plusieurs difficultés d'ordre pratique telles que décrites par D'aquino and Seck (2001). Parmi ces difficultés, ces auteurs ont révélé que certes les outils participatifs sont fort répandus, mais rarement les principes fondateurs qui sont souvent dévoyés dans la pratique par les animateurs de ces démarches. De même Barnaud (2008) a argumenté que la prise en compte de la multiplicité des niveaux d'organisation, des acteurs, des différences d'intérêts et des jeux de pouvoir rend l'application de ce principe délicat. Pourtant, Daré et al. (2008) ont argumenté que le développement des démarches participatives quelles que soient leurs faiblesses constitue un véritable progrès social du point de vue de l'implication des autres niveaux d'organisation dans les prises de décisions. Afin de remédier à ces faiblesses, le renforcement des liens entre la théorie et la pratique semble être nécessaire. A travers des retours sur expériences, on peut tester l'efficacité et la pertinence des outils participatifs face à la complexité et l'incertitude qui marquent la gestion des systèmes irrigués.

Ainsi, le présent chapitre s'articule autour de la question suivante : *Dans quelle mesure la construction d'un jeu de rôles avec les acteurs locaux, basé sur une représentation du système irrigué, permet-elle de faciliter la négociation et les interactions entre les participants autour des problèmes de gestion de l'eau ?*

A partir de ce questionnement central, découle plusieurs questions subsidiaires : (i) Est ce que la co-construction d'un jeu de rôles basé sur la représentation des acteurs locaux de leur système permet de créer un environnement favorable pour le dialogue? (ii) Est-ce que le jeu permet aux participants de planifier des actions d'amélioration de la gestion de leur système ? (iii) Comment la participation dans le jeu de rôles permet de faciliter l'apprentissage individuel et collectif nécessaires pour améliorer la capacité des acteurs à construire des actions collectives ? et (iv) Est-ce que le jeu peut être un outil de diagnostic participatif des problèmes ou de validation des diagnostics scientifiques de la situation ?

La mise en œuvre de ce jeu a été effectuée au niveau du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi. Les sessions du jeu ont été organisées avec les différents acteurs impliqués dans la gestion de ce périmètre : les agriculteurs, l'équipe technique du GDA et les gestionnaires des périmètres irrigués du CRDA de Nabeul. Cependant, on a choisi de mettre l'accent sur les résultats des sessions de jeu organisées avec les agriculteurs et l'équipe technique du GDA sans présenter les résultats de leur évaluation qui fera l'objet du chapitre suivant.

6.2. Matériels et Méthodes

6.2.1. Présentation de la zone d'étude

Le jeu de rôles a été conduit au niveau du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi. L'alimentation en eau de ce système est assurée à travers les apports d'eau du Canal Medjerda Cap Bon et à travers le pompage des eaux souterraines. Lors de la mise en œuvre du jeu en 2014, la superficie irriguée à partir du réseau collectif était de l'ordre de 675 ha. Elle était couverte uniquement par des plantations d'agrumes. La superficie équipée de goutte à goutte est de 263 ha. Le nombre des bornes d'irrigation exploitées en 2014 est de l'ordre de 445, dont 42 % sont des bornes communes entre 2 à 16 agriculteurs. Ces bornes sont exploitées par 726 agriculteurs. Dans ce système divisé en 30 quartiers hydrauliques, on a choisi de mettre en œuvre le jeu de rôles au niveau de six quartiers hydrauliques, dont trois se trouvent en amont du réseau collectif (21, 26 et 28) et trois se trouvent en aval du réseau (13,14 et 15).

On a choisi d'illustrer l'exemple du quartier 15 qui se trouve en aval du réseau collectif dans la figure 6.1. Ce choix découle d'une part de la volonté des agriculteurs qui exploitent des parcelles au sein de ce quartier de participer dans tout le processus participatif et de mettre en œuvre les actions d'amélioration proposées lors de leur session du jeu de rôles, et d'autre part, du fait que ce quartier reflète les situations conflictuelles qui existent dans le périmètre. Ce quartier, de superficie 31,1 ha, est composé de 15 exploitations dont seulement 10 sont irriguées en 2014 à partir du réseau collectif. Le reste des exploitations sont : (i) soit des exploitations irriguées uniquement à partir des puits profonds, (ii) soit des exploitations abandonnées à cause des effets de la salinité des eaux sur les plantations d'agrumes, (iii) soit des exploitations dont le GDA a fermé les bornes à cause des redevances non payées. En conséquence, le réseau collectif alimente en 2014 une superficie de 24,25 ha à partir de 10 bornes. Il existe dans ce quartier 12 bornes d'irrigation dont trois sont des bornes communes (à raison de deux irrigants par borne).

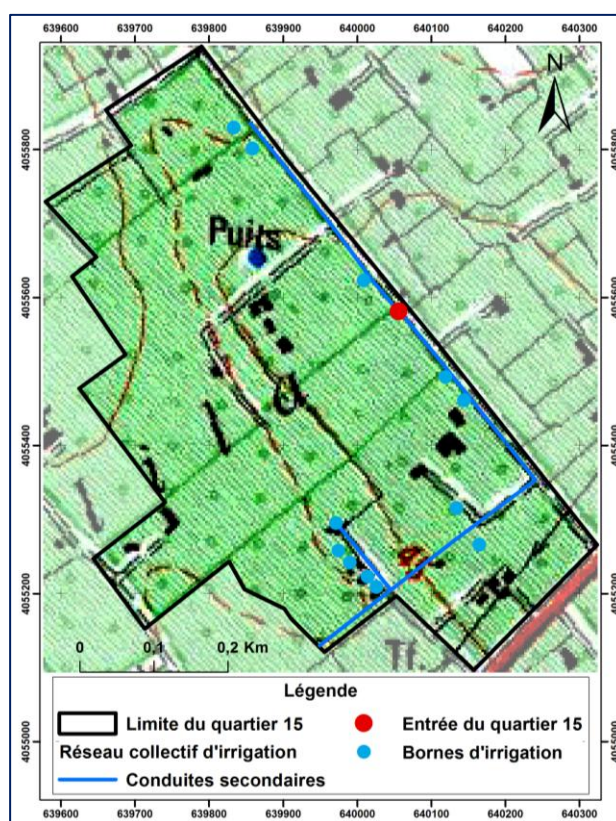


Figure 6.1 : Représentation du quartier 15

La figure 6.1 met en évidence la disparité dans la répartition des bornes entre les exploitations. Ainsi, 75 % de la superficie, composée de deux grandes exploitations (3,25 ha et 15 ha), dispose uniquement de deux bornes d'irrigation, alors que le reste des exploitations (de superficie variant de 1,5 ha à 0,3 ha) sont pourvues de 8 bornes d'irrigation. La deuxième disparité qui existe entre les agriculteurs réside dans les modes d'accès au réseau collectif. Parmi les 10 exploitations qui exploitent l'eau du réseau collectif, quatre agriculteurs ont un accès à l'eau à la demande car ils sont équipés de goutte à goutte. Le reste des agriculteurs, qui pratiquent la technique traditionnelle d'irrigation, ont un accès au réseau selon un tour d'eau organisé par le GDA.

6.2.2. Rappel du contexte de gestion du périmètre

Actuellement, l'association des irrigants (le GDA) est responsable de la gestion interne du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi. Le transfert de gestion de l'Etat à ces associations s'inscrit dans la stratégie nationale d'intégrer la communauté rurale dans la gestion de leurs systèmes. Cependant, la plupart des associations d'irrigants en Tunisie n'ont pas réussi à assurer une gestion participative des ressources (Elloumi, 2011). Palluault et Romagny (2009) ont argumenté que l'échec de la mobilisation des agriculteurs autour de la gestion collective des ressources a conduit à l'émergence de stratégies individuelles et la différenciation accrue entre les agriculteurs. A Zaouiet Jedidi, le développement des comportements individuels par les agriculteurs pour faire face à la situation de pénurie d'eau a été aggravé par l'incapacité des gestionnaires à mettre en œuvre des règles collectives adaptées aux besoins des usagers (Ferchichi et al., 2017).

Ces comportements individuels ont été exacerbés par les inégalités entre les grands agriculteurs qui sont parvenus à sécuriser leur accès aux ressources en eau (puits profonds, accès libre aux bornes d'irrigation par l'adoption de goutte à goutte...) et les petits agriculteurs qui ont développé des comportements peu rationnels (allongement de la durée des irrigations, intensification des irrigations pendant l'arrière-saison pour compenser la pénurie estivale,...).

Le GDA s'affronte à des difficultés pour gérer la situation. Ses arrangements antérieurs tels que réserver les irrigations nocturnes à la demande aux usagers du goutte à goutte et les irrigations diurnes pour les autres à travers l'organisation d'un tour d'eau, ont été balayés par le changement des heures de pointe de la STEG. La ressource en eau n'est désormais disponible que pendant la nuit et les premières heures de la matinée. De son côté, le CRDA ne parvient plus à satisfaire la demande en eau au niveau du périmètre pendant la période estivale de forte demande et a été amené à la programmation d'un tour d'eau entre les périmètres. Il ne parvient pas non plus à assurer une mise en eau rapide des réseaux d'irrigation après les heures de pointe.

6.2.3. Objectifs du jeu AMIC'EAU (AMélioration du service d'Irrigation à travers la Coordination de la gestion d'Eau)

L'objectif du jeu AMIC'EAU est de projeter les participants à la place des différents acteurs (usagers et GDA) et de simuler leurs pratiques et stratégies en fonction de la variation de la qualité du service de l'eau (disponibilité, fiabilité...). Ceci va permettre de discuter le dysfonctionnement du système actuel et de mettre en débat des solutions d'amélioration proposées par les usagers et le GDA. Ce jeu va permettre aussi de valider deux scénarios d'amélioration: la gestion interne du périmètre ainsi que la coordination et le passage de l'information entre les différents acteurs. Ce jeu est basé sur un modèle qui simule l'impact des décisions individuelles des irrigants sur les performances individuelles des exploitations et les performances collectives du système. La modélisation participative dans ce travail ne cherche pas à prédire l'évolution future de ce système, elle sert plutôt comme un support de négociation et d'interactions entre les participants.

Les sessions du jeu sont communes entre les agriculteurs et l'équipe technique du GDA. Six sessions ont été organisées avec les agriculteurs de six quartiers différents en amont et en aval du périmètre. Pour le GDA, on a choisi d'inviter différents membres de l'équipe technique qui représentent les gestionnaires effectifs de ce périmètre face au manque de participation du conseil d'administration dans la gestion.

6.2.4. Co-construction de la représentation de la situation de gestion du périmètre dans le jeu de rôles

Le jeu est basé sur l'hypothèse qu'une représentation partagée des problèmes de gestion du système irrigué permettra aux participants de décider des règles et des formules de coordination qui leur permettent de résoudre leurs problèmes. Le processus représenté traite seulement avec des interactions sur l'allocation en eau et son accès, en particulier l'eau du réseau collectif d'irrigation. Ainsi, dans une première étape, on a cherché à établir une situation initiale sur la base de laquelle les acteurs seront clairement informés de l'origine de la pénurie d'eau actuelle et de la responsabilité de chaque acteur dans cette situation. Cette représentation initiale a été construite collectivement avec les agriculteurs et utilisée par la suite comme une plateforme pour explorer les scénarios des solutions possibles. Cette co-construction est le résultat de :

- *La perception des agriculteurs de la situation du périmètre* : des entretiens ont été conduits avec les agriculteurs afin de comprendre leur perception des problèmes de gestion de l'eau, en particulier le problème de la pénurie d'eau et ses causes, les règles de gestion collectives et les comportements d'adaptation individuels des irrigants (figure 6.2).

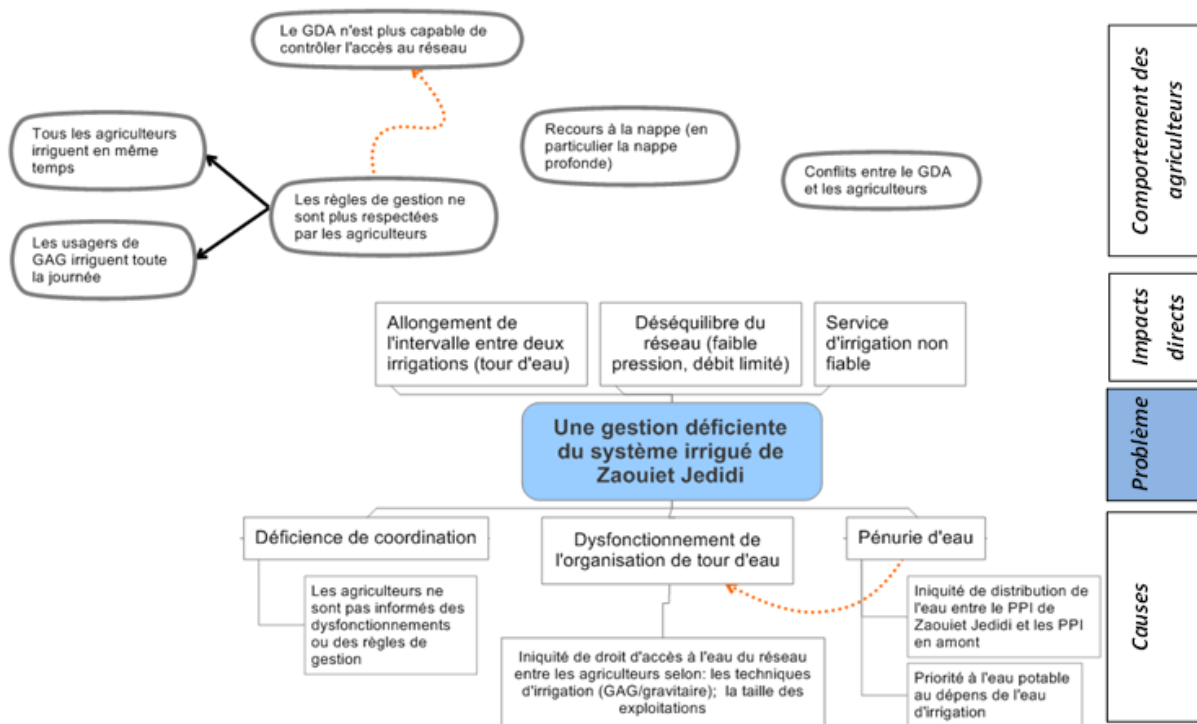


Figure 6.2 : Représentation des agriculteurs de la situation du périmètre irrigué

- *La perception de la recherche de la situation du périmètre*: une représentation simplifiée du système a été créée à travers un effort antérieur de collecte de données, de compréhension du système physique et des origines réelles de la situation actuelle de pénurie d'eau, de connaissance approfondie des règles collectives de gestion collectives et des pratiques d'adaptation individuelle des irrigants.

A partir de cette représentation, on a construit un modèle systémique basé sur la perception des agriculteurs de la situation du périmètre en relation avec l'allocation et la distribution de l'eau d'irrigation dans un contexte de pénurie d'eau.

6.2.5. Validation cognitive du jeu (communautés de pratiques) et sur le terrain (une session de validation avec le GDA)

Deux communautés de pratiques ont été organisées. La première a eu lieu à Montpellier avec l'équipe de l'UMR-GEAU et de LISODE et la deuxième a eu lieu en Tunisie avec des chercheurs de l'INGREF et de l'INAT. L'objectif de ces communautés est de mieux tester le calibrage du modèle et de se préparer pour l'intervention avec les agriculteurs. Une session a été organisée par la suite avec l'équipe technique du GDA afin de : (i) valider le diagnostic de la situation et les différents scénarios de gestion présentés dans le jeu et (ii) se préparer pour la participation du GDA dans la suite des ateliers participatifs.

6.2.6. Description du jeu

6.2.6.1. Représentation du système

Le jeu de rôles AMIC'EAU est un jeu semi-abstrait qui représente un secteur hydraulique dont les éléments principaux sont les conduites principales et secondaires, les exploitations agricoles, les bornes d'irrigation, les bassins et les puits de surface ou profonds. Ce quartier est représentatif en termes de : (1) superficie (24,9 ha) ; (2) de culture : des vergers d'agrumes et (3) des ressources en eau. Le quartier présenté est irrigué à partir de six bornes du réseau collectif d'irrigation dont deux sont des bornes communes entre plusieurs irrigants et à partir des nappes phréatique et profonde (figure 6.3).

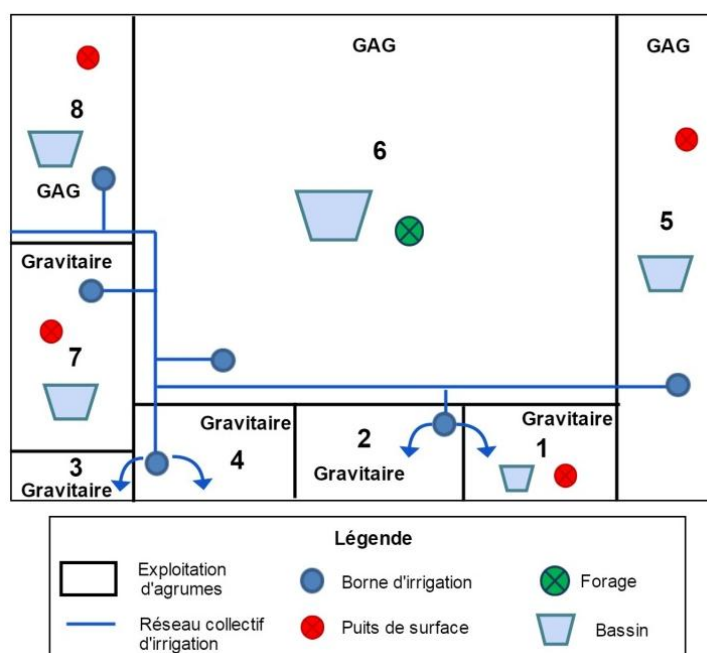


Figure 6.3: Schéma du quartier utilisé comme un support du jeu

Une session du jeu de rôles est composée de six tours d'eau qui représentent au total les trois mois de pointe de consommation (juin, juillet et août). Chaque tour du jeu s'étend sur 15 jours, soient 6 tours d'eau au total. Ainsi un tour du jeu est équivalent à un tour d'irrigation. Chaque jour est divisé en six plages horaires dont chacune est d'une durée de 4h.

6.2.6.2. Description des joueurs

Le jeu tient compte de la diversité des situations des agriculteurs en termes de superficie, technique d'irrigation, usage des bassins, accès aux eaux de nappe, et stratégie d'irrigation. Il représente huit acteurs qui décrivent trois types principaux d'agriculteurs dans le périmètre : (i) les grands agriculteurs (A) composés des agriculteurs entrepreneurs (A1) qui exploitent des superficies supérieures à 5 ha, et des grands agriculteurs (A2) exploitant des superficies de plus de 2 ha ; (ii) les agriculteurs moyens B ("full-time farmers") qui cultivent une superficie de 0,5 à 2 ha et (iii) les petits agriculteurs C ("part-time farmers") propriétaires de superficies inférieures à 0,5 ha. La description des différents rôles est représentée dans le tableau 6.1.

Tableau 6.1 : Description des rôles des différents joueurs

N° borne	Acteur	Type d'agriculteur	Superficie (ha)	Technique d'irrigation	Nombre de bassins	Accès à la nappe*	Type d'offre	Besoins en eau totaux (m ³)
1	Joueur 1	C	0,6	Gravitaire	1	1P	Tour d'eau	3716
1	Joueur 2	C	0,5	Gravitaire	0	0	Tour d'eau	3097
2	Joueur 3	C	0,3	Gravitaire	0	0	Tour d'eau	1858
2	Joueur 4	C	0,5	Gravitaire	0	0	Tour d'eau	3097
3	Joueur 5	B	1,25	GAG	1	1P	A la demande	6083
4	Joueur 6	A1	17	GAG	1	1F	A la demande	82722
5	Joueur 7	A2	3,5	Gravitaire	1	1P	A la demande	21679
6	Joueur 8	B	1,25	GAG	1	1F	A la demande	6083

*Puits de surface (P)/Forage (F)

6.2.6.3. Présentation du modèle

Comme indiqué en introduction, le développement du modèle est inspiré de la démarche de modélisation d'accompagnement ComMod. Le modèle a été intégré dans un jeu de rôles en vue de son utilisation ultérieure comme un support de dialogue. Ceci permettra: (i) de faire émerger les différentes perceptions des acteurs et (ii) de stimuler les interactions entre eux afin d'aboutir à une dynamique génératrice de propositions de solutions.

Le modèle sert à montrer aux participants les impacts de leurs pratiques individuelles sur les performances individuelles et sur les performances collectives du réseau d'irrigation. Il est basé sur des scénarios relatifs à l'incertitude de l'approvisionnement en eau et l'absence ou la présence de l'information et de la coordination entre les joueurs. Pratiquement, c'est une fonction qui transforme une série de données au pas de temps de 15 jours (les quantités d'eau disponibles à l'entrée d'un quartier hydraulique, les heures d'irrigation) en une série d'indicateurs de performances individuelles (le niveau de satisfaction des besoins en eau de chaque agriculteur) et collective (l'évolution du volume d'eau reçu au niveau de chaque borne d'irrigation au pas de temps de 4h). Cette transformation dépend des choix des agriculteurs en termes des heures d'irrigation et de leur décision d'utiliser ou non l'eau de la nappe.

Variables utilisées dans le modèle

Les variables utilisées dans le modèle afin de déterminer les indicateurs de performance du système sont les suivantes :

- $joueur_i$ j_i : Numéro du joueur, i varie de 1 à 8 ;
- $horaire_j$ h_j : Horaire d'irrigation, j varie de 1 à 6 ;
- $tour_k$ t_k : Numéro du tour, k varie de 1 à 6 ;
- $borne_l$ b_l : Numéro de la borne, l varie de 1 à 6 ;
- $Volume_{pompé}(j_i, t_k)$: Volume d'eau pompé à partir de la nappe et distribué à partir des bassins ;
- $besoin_{(joueur)} = besoin_{j_i}$: Besoin en eau du $joueur_i$ dans le $tour_k$, i varie de 1 à 8 ;
- $Nombre_{(joueur_i, borne_l, horaire_j, tour_k)}$: Nombre de joueurs qui irriguent à partir de chaque borne : c'est le nombre de $joueur_i$ qui exploite une $borne_l$, pendant l' $horaire_j$, dans le $tour_k$;
- Une borne est ouverte ' $borne_{ouverte}$ ' si le $Nombre_{(joueur_i, borne_l, horaire_j, tour_k)}$ est supérieur ou égal à 1 ;

Les variables utilisées afin de déterminer le paramètre 'seuil de viabilité' sont les suivantes :

- R_i : recettes totales, i varie de 1 à 8 ;
- C_i : charges fixes, i varie de 1 à 8 ;
- C_{e_i} : charges proportionnelles aux volumes d'eau consommés, i varie de 1 à 8 ;
- Tp_j : taux de production (en %), j varie de 0 à 100%
- Tb_k : taux de satisfaction des besoins en eau du joueur (en %), k varie de 0 à 100%, avec un pas de 10%.

Le seuil de viabilité pour chaque joueur est défini comme le volume d'eau total que l'agriculteur doit recevoir afin d'atteindre une productivité qui lui permet de couvrir ses charges, et d'assurer ainsi la viabilité de son exploitation agricole pour la prochaine campagne agricole. Ainsi, le seuil de viabilité Sv_i est défini comme suit :

$$Sv_i = Besoin_i \times indice_i$$

$indice_i = \left[\left(R \times Tp_j \right) - \left(C + \left(C_e \times Tb_k \right) \right) \right]_i$ avec : i varie de 1 à 8 ; j varie de 0 % à 100 %, et k varie de 0 % à 100 %.

On a supposé que si l'agriculteur a satisfait : 60 % ; 70 % ; 80 % ; 90 % ; 100 % de ses besoins en eau, il peut obtenir respectivement : 25 % ; 50 % ; 70 % ; 80 % ; 100 % de la production maximale prévue.

Le seuil de viabilité est calculé suivant l'équation 1 :

- Si $indice_i$ est supérieur à 0 alors $Sv_i = Besoin_i \times indice_i$;
- Sinon :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Pour une valeur initiale du compteur } k(\%) = 0\% ; \\ \text{Faire } indice_i = \left[\left(R \times Tp_j \right) - \left(C + \left(C_e \times Tb_k \right) \right) \right]_i \\ k(\%) = k + 10\% \text{ tant que } indice_i < 0 \text{ et } k \leq 100 \end{array} \right. \quad (1)$$

Calcul des indicateurs de performances individuelles de l'agriculteur

- Volume d'eau distribué à partir de la borne, par joueur, pour chaque pas de temps de 4 heures et pendant un tour du jeu :

- Si le joueur j_i a choisi d'irriguer pendant l'horaire h_j , alors le volume d'eau distribué par joueur ' $Volume_{joueur}$ ', pour chaque pas de 4 heures, dans un tour du jeu t_k est exprimé par l'équation 2 :

$$Volume_{joueur} = Volume_{(j_i, h_j, t_k)} = \frac{\sum_1^6 Volume_{(b_1, h_j, t_k)}}{\sum_1^n joueur_{(h_j, t_k)}} \text{ , avec } n : \text{ le nombre de joueurs} \quad (2)$$

$joueur_i$ demandant l'eau pendant le même horaire h_j ;

- Sinon $Volume_{joueur} = 0$

- Volume d'eau alloué à partir du réseau collectif à chaque joueur par jour : c'est la somme des volumes d'eau distribués dans tous les horaires d'irrigation, pour chaque agriculteur, dans chaque tour du jeu, comme illustré par l'équation 3.

$$Volume_{(joueur, jour)} = Volume_{(j_i, jour)} = \sum_{j=1}^{j=6} Volume_{(joueur, horaire, tour)} = \sum_{j=1}^{j=6} Volume_{(j_i, h_j, t_k)} \quad (3)$$

- Volume d'eau total alloué à chaque joueur par tour : c'est la somme du volume d'eau exploité à partir de la nappe et du volume d'eau alloué à partir de la borne. Ce dernier est la valeur arrondie du volume d'eau alloué au joueur par jour multipliée par la durée du tour d'irrigation qui est égale à 15 jours (équation 4).

$$Volume_{(joueur, tour)} = Volume_{(j_i, t_k)} = \text{ARRONDI} (Volume_{(j_i, jour)} \times 15) + Volume_{pompé_{(j_i, t_k)}} \quad (4)$$

- Volume d'eau alloué cumulé par tour pour chaque joueur : il est calculé selon l'équation 5.

$$Volume_{(joueur,cumulé,tour)} = Volume_{(j_i,t_k,cumulé)} = \sum_k^{k+1} Volume_{(j_i,t_k)} \quad (5)$$

- Manque à recevoir (déficit d'eau) : C'est la différence entre les besoins en eau et le volume d'eau alloué par tour, pour chaque joueur.

- Si les besoins en eau du joueur sont supérieurs ou égaux au volume d'eau reçu par ce joueur, alors le déficit est exprimé comme dans l'équation 6.

$$Déficit_{(j_i,t_k)} = Besoin_{j_i} - Volume_{(j_i,t_k,cumulé)} \quad (6)$$

- Sinon le déficit est égal à 0 ;

- Tour d'atteinte des objectifs $tour_{satisfaction}$: c'est le tour à partir duquel le joueur peut atteindre son objectif de satisfaction des besoins en eau de son exploitation s'il continue de suivre sa stratégie actuelle. Pour le calculer on a utilisé une fonction d'espérance :

- Si le volume d'eau reçu par un joueur j_i pendant un tour du jeu t_k est supérieur à 0, alors le tour d'atteinte des objectifs de ce joueur est calculé suivant l'équation 7 :

$$Tour_{satisfaction} = ARRONDI\left(\frac{Déficit_{(j_i,t_k)}}{Volume_{(j_i,t_k)}} + t_k\right) \quad (7)$$

- Sinon le modèle affiche "objectif atteint"

Calcul des indicateurs de performances collectives du système

- Volume d'eau $Volume_{(borne_l,horaire_j,jour)}$: c'est le volume d'eau distribué par $borne_l$, chaque jour, durant un $horaire_j$. Il est calculé suivant l'équation 8 :

$$Volume_{(b_l,h_j,jour)} = Nombre_{(j_i,b_l,h_j,jour)} \times \left(\frac{\sum_{i=1}^{i=8} Volume_{(j_i,h_j,t_k)}}{\sum_{l=1}^{l=6} borne_{ouverte}} \right) \quad (8)$$

- Volume d'eau $Volume_{(borne_l,horaire_j,jour)}$: c'est le volume d'eau alloué à la borne durant un $horaire_j$, durant chaque $tour_k$:

- Si la somme des volumes distribués aux bornes pendant le même horaire est différente de 0, alors le $Volume_{(borne_l;horaire_j;tour_k)}$ est égal au $Volume_{(borne_l,horaire_j,jour)}$ multiplié par la durée d'un tour qui est de 15 jours, comme expliqué dans l'équation 9 ;
- Sinon le $Volume_{(borne_l,horaire_j,jour)}$ est égal à 0.

$$Volume_{(borne,horaire,tour)} = Volume_{(b_l,h_j,t_k)} = 15 \times Nombre_{(joueur_i,borne_l,horaire_j,t_k)} \times \left(\frac{\sum_{i=1}^{i=8} Volume_{(j_i,h_j,t_k)}}{\sum_{l=1}^{l=6} borne_{ouverte}} \right) \quad (9)$$

- Volume d'eau alloué si l'agriculteur choisit d'irriguer durant les horaires de pointe $Volume_{(borne,pointe,jour)}$: pendant les horaires de pointe h_3 (de 11 h à 15 h), un seul agriculteur peut irriguer. Si plus d'un agriculteur demande de l'eau, le volume total alloué pendant ces horaires est réduit de moitié (66 m³, soit 0,22 billes). Il est divisé par la suite par le nombre d'agriculteurs qui demandent de l'eau pendant cette période de pointe (équation 9). Afin d'illustrer l'impact d'irriguer pendant les horaires de pointe en termes de retard de retour de fonctionnement des pompes à cause de la vidange des conduites, on a introduit aussi une réduction de moitié du volume alloué pendant l'horaire h_4 suivant (entre 15h et 19 h). Ainsi le volume disponible pendant ces derniers horaires est de 66 m³ qui sera divisé par le nombre d'agriculteurs qui irriguent en même temps. La même équation 10 s'applique pour le volume alloué pendant cet horaire, seul l'horaire change h_3 à h_4 .

$$Volume_{(borne,pointe,jour)} = Volume_{(b_l,h_3,jour)} = Nombre_{(j_i,b_l,h_3,jour)} \times \left(\frac{\sum_{i=1}^{i=8} Volume_{(j_i,h_3,t_k)}}{2 \times \sum_{l=1}^{l=6} borne_{ouverte}} \right) \quad (10)$$

Le modèle est afférent aux trois mois de pointe d'irrigation : juin, juillet et août. Vu qu'initialement, la durée prévue entre deux irrigations pour les usagers de l'irrigation gravitaire est de 15 jours, on a divisé la période de pointe en six tours d'irrigation. Aussi, puisqu'il existe quatre heures de pointes d'énergie électrique (de 11 h à 15 h) pendant lesquelles la station de pompage ne fonctionne pas, le pas de temps des heures d'irrigation est de 4 h. Le tableau 6.2 résume la configuration du modèle.

Tableau 6.2 : Structure du modèle

Scenario :			
Problème au niveau de la station de pompage : fonctionnement à la moitié de sa capacité Coordination de la gestion entre les irrigants			
Données d'entrée			Résultats simulés
Données hydrauliques	Données structurelles	Données qui dépendent du choix de l'agriculteur	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Offre en eau à partir du réseau collectif 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Superficie irriguée ; ▪ Besoin en eau de chaque exploitation ; ▪ Technique d'irrigation ; ▪ Accès à la borne (irrigation à la demande ; irrigation selon un tour d'eau) ; ▪ Nombre de puits (de surface ou profond) ; ▪ Nombre de bassins ; ▪ Salinité du puits ; ▪ Seuil de viabilité de l'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volume d'eau pompé à partir de la nappe ; ▪ Nombre de bornes ouvertes ; ▪ Nombre d'agriculteurs qui irriguent en même temps ; ▪ Nombre des horaires d'irrigation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Volume d'eau alloué à partir du réseau à l'agriculteur par jour ; ▪ Volume d'eau total alloué à l'agriculteur par tour, ▪ Volume d'eau cumulé par tour ; ▪ Déficit d'eau par tour ▪ Espérance (Tour d'atteinte des objectifs) ; ▪ Volume d'eau au niveau de chaque borne d'irrigation, pour chaque 4 h

6.2.6.4. Données d'entrée du modèle

A cause de la complexité des mécanismes de distribution et d'allocation de l'eau, une simplification a été effectuée tout en conservant les tendances et les ordres de grandeurs en lien avec les différents choix de pratiques. Puisque le modèle simule la gestion de l'eau au niveau d'un quartier hydraulique, on a utilisé des moyennes des caractéristiques des six quartiers :

- *Offre en eau à partir du réseau collectif*: L'apport total du réseau collectif d'irrigation pour le quartier hydraulique est en moyenne de 64800 m³, soit une moyenne est de l'ordre de 10800 m³ pour chaque tour normal du jeu (6 tours d'eau en période de pointe). Un tour normal d'irrigation est celui qui n'a pas subi d'incidents tels qu'une coupure d'eau.

Pour simplifier davantage le modèle et l'utiliser directement lors de la session du jeu, on a opté pour l'unité de normalisation suivante pour les volumes d'eau soutirés par les acteurs : 1 unité= une bille d'eau = 300 m³ d'eau. Lors du jeu, on a distribué aux agriculteurs des billes de couleur bleue qui représentent l'eau allouée à partir du réseau collectif et des billes de couleur verte qui représentent l'eau pompée à partir de la nappe souterraine. Ainsi, l'apport en eau est décrit comme suit :

- *Quantité d'eau totale disponible* : Elle est de l'ordre de 64800 m³, soit 216 billes d'eau ;
- *Quantité d'eau disponible par tour* : Elle représente le rapport entre la quantité totale disponible et le nombre de tours qui est de 6. Elle est de l'ordre de 10800 m³, soit 36 billes d'eau;
- *Quantité d'eau disponible par jour* : Elle représente le rapport entre la quantité totale disponible et la durée totale de la période de pointe estivale de 90 jours. Elle est de l'ordre de 720 m³, ce qui est équivalent à 2,4 billes d'eau ;
- *Quantité d'eau disponible par plage de 4 h* : C'est le rapport entre la quantité d'eau disponible par jour et le nombre de plage d'heures qui est de 6. Sa valeur est de 120 m³, soit 0,4 billes d'eau. Il peut être calculé aussi comme le rapport entre : (1) le volume d'eau disponible par tour et (2) le nombre d'horaires d'irrigation par journée (6 horaires) multiplié par la durée d'un tour en jours (15 jours).

Selon la description des agriculteurs, le débit de l'eau est plus élevé au début du mois de juin et à la fin du mois d'août. Il est le plus faible durant le mois de juillet. C'est pourquoi on a introduit des coefficients de variation de l'offre en eau (ces coefficients sont fictifs et sont utilisés juste pour illustrer ces variations). On a introduit aussi lors du deuxième tour, un coefficient d'incident (fonctionnement de la station de pompage avec la moitié de sa capacité). L'offre en eau et sa variation sont illustrées dans le tableau 6.3.

Tableau 6.3 : Variation de l'offre en eau à l'entrée d'un quartier hydraulique

	Variation	Volume d'eau disponible tous les 4 heures (m ³)*	Volume d'eau disponible par tour (m ³)*	Facteur accident	Volume d'eau disponible par 4 heures (m ³)**	Volume d'eau disponible par tour (m ³)**
Tour 1	10%	132	11880	0	132	11880
Tour 2	0%	120	10843	1	60	5422
Tour 3	-4%	115	10325	0	115	10329
Tour 4	-4%	115	10325	0	115	10329
Tour 5	0%	120	10843	0	121	10848
Tour 6	10%	132	11880	0	132	11885

* situation normale ; ** situation problématique

- *Pompage de l'eau à partir de la nappe* : On a utilisé des valeurs du débit des puits (de surface et profonds) qu'on a déjà mesuré durant les trois mois de pointe de l'année 2014. Ces mesures concernent sept puits localisés dans les six quartiers hydrauliques. Les débits moyens obtenus à partir de ces mesures sont de l'ordre de 12,5 m³/h et de 33,4 m³/h respectivement pour les puits de surface et les puits profonds. La durée d'irrigation à partir du puits est déterminée à partir des entretiens avec les agriculteurs. En moyenne, pour 5 heures d'irrigation par jour à partir d'un puits de surface, le volume total moyen qui peut être pompé pendant la période de pointe est de 1415 m³/ha. Pour un puits profond, cette valeur s'élève à 5020 m³/ha. Les mesures effectuées sont présentées dans l'annexe 2. Les entretiens ont révélé aussi que généralement que :

- Si l'agriculteur exploite un puits de surface : à cause de la salinité élevée des eaux de la nappe, il ne peut utiliser que 1/3 de la capacité de son puits qu'il va mélanger avec les eaux de surface dans un bassin ;

- Si l'agriculteur a un accès à un puits profond : il utilise un bassin dont la capacité et les caractéristiques d'équipement de pompage ne lui permettent d'exploiter que les 2/3 du volume d'eau qu'il peut pomper.

Ceci nous a permis de déterminer approximativement le volume pompé à partir de la nappe pour chaque type d'agriculteur dans le jeu comme le montre le tableau 6.4. On a adapté la même unité de normalisation utilisée dans les volumes d'eau de surface (1 bille = 300 m³).

Le volume d'eau de la nappe distribué à partir du bassin du joueur 1 est de l'ordre de 283 m³, ce qui correspond à une seule bille d'eau. Le joueur peut choisir dans quel tour du jeu il va l'utiliser s'il a décidé d'avoir recours à son puits. Concernant les joueurs 5 et 8, le volume d'eau de la nappe est de

590 m³, soit 2 billes. Le joueur peut choisir de les exploiter dans le même tour, ou dans deux tours différents s'il compte exploiter son puits.

Tableau 6.4 : Volumes d'eau pompés à partir de la nappe pour chaque acteur

N° borne	Acteur	Superficie (ha)	Nombre de bassins	Accès à la nappe*	Volume d'eau pompé à partir des puits (m ³)	Volume d'eau de la nappe distribué à partir du bassin (m ³)	Volume d'eau de la nappe distribué par tour (m ³)
1	Joueur 1	0,6	1	1p	849	283	
1	Joueur 2	0,5	0	0	0	0	
2	Joueur 3	0,3	0	0	0	0	
2	Joueur 4	0,5	0	0	0	0	
3	Joueur 5	1,25	1	1p	1769	590	
4	Joueur 6	17	1	1f	85357	56905	190
5	Joueur 7	3,5	1	1p	4953	1651	6
6	Joueur 8	1,25	1	1p	1769	590	

P : puits de surface ; f : puits profond

- *Besoins en eau* : Les besoins en eau totaux sont estimés à partir des besoins en eau théoriques des agrumes. Les besoins en eau totaux du quartier sont de 128335 m³ pendant la période de pointe (cf. tableau 6.1).

- *Seuil de viabilité d'exploitation* : Le calcul de ce seuil pour chaque classe d'agriculteur découle des données d'enquêtes socio-techniques qui ont été conduites auprès des agriculteurs des six quartiers. Le tableau 6.5 présente les valeurs du seuil de viabilité pour chaque joueur. Le calcul des différentes charges et recettes utilisées sont détaillées dans l'annexe 3.

Tableau 6.5 : Seuil de viabilité de chaque joueur

Acteur	Superficie (ha)	Recettes totales (DT)	Charges fixes (DT)	Charges proportionnelles à l'eau (DT)	Seuil de viabilité (m ³)
Joueur 1	0,6	5354	2522	409	2973
Joueur 2	0,5	4462	1993	341	2478
Joueur 3	0,3	2677	1204	204	1487
Joueur 4	0,5	4462	1993	341	2478
Joueur 5	1,25	22309	7971	669	4258
Joueur 6	17	606798	184025	9099	57905
Joueur 7	3,5	124929	36693	2385	15175
Joueur 8	1,25	22309	7971	669	4258

- *Nombre de bornes ouvertes et nombre d'agriculteurs qui irriguent en même temps* : Si l'agriculteur a un accès à la demande au réseau collectif, il peut choisir librement ses heures d'irrigation. En cas de borne commune, les agriculteurs doivent s'organiser pour l'accès à l'eau. Le tableau 6.6 présente un

exemple des choix des heures d'irrigation établis par les agriculteurs pendant le premier tour du jeu. Pendant ce tour, le volume d'eau total disponible est de 11880 m³, ce qui est équivalent à 40 billes. Seulement un volume de 9900 m³ (soit 33 billes) a été utilisé par les joueurs.

Tableau 6.6 : Un exemple des choix des heures d'irrigation par l'agriculteur pour le premier tour du jeu

Bornes	Joueurs	3h-7h	7h-11h	11h-15h	15h-19h	19h-23h	23h-3h
Borne 1	Joueur 1	1					
Borne 1	Joueur 2		1				
Borne 2	Joueur 3						1
Borne 2	Joueur 4		1				
Borne 3	Joueur 5	1					
Borne 4	Joueur 6	1	1	1	1	1	1
Borne 5	Joueur 7	1			1	1	1
Borne 6	Joueur 8		1	1			
Volume d'eau distribué total (m³)		132	132	66	66	132	132
Volume d'eau distribué total (billes)		0,44	0,44	0,22	0,22	0,44	0,44

1 L'agriculteur choisit d'irriguer

6.2.6.5. Données de sortie du modèle

Le tableau 6.7 illustre un exemple des résultats de simulation du modèle. Concernant la simulation de la performance individuelle de l'agriculteur, le modèle permet de calculer pour chaque joueur le volume d'eau reçu par jour et par tour, le volume d'eau cumulé, le manque d'eau par rapport au besoin et le tour d'atteinte d'objectif.

Tableau 6.7 : Exemple des résultats de simulation de la performance individuelle de l'agriculteur (tour 1)

Bornes	Joueurs	3h-7h	7h-11h	11h-15h	15h-19h	19h-23h	23h-3h	Volume d'eau reçue par jour (m ³)	Volume d'eau reçue par tour (m ³)	Volume d'eau reçue cumulée par tour (m ³)	Manque à recevoir (m ³)	Tour d'atteinte des objectifs
Borne 1	Joueur 1	1						33	600	600	2816	6
Borne 1	Joueur 2		1					33	600	600	2497	6
Borne 2	Joueur 3						1	44*	600	600	1258	4
Borne 2	Joueur 4		1					33	600	600	2497	6
Borne 3	Joueur 5	1						33	600	600	4883	10
Borne 4	Joueur 6	1	1	1	1	1	1	242	3600	3600	22122	8
Borne 5	Joueur 7	1			1	1	1	176	2700	2700	17179	8
Borne 6	Joueur 8		1	1				66	900	900	4583	7
Volume d'eau distribuée (m³)		132	132	66	66	132	132	660	9900	9900	57835	7

* à cause des arrondis, il peut y avoir des cas où on n'a pas les mêmes valeurs de retour ou comme dans ce cas, on peut avoir le même volume d'eau reçue par tour pour deux valeurs légèrement différentes du volume d'eau reçue par jour

Quant à la simulation de la performance collective du système, le modèle permet de déterminer le volume d'eau distribuée au niveau de chaque borne d'irrigation. Cet indicateur montre la pression exercée sur le réseau. Le tableau 6.8 illustre un exemple de simulation des performances collectives du système pour le même tour (tour 1).

Tableau 6.8: Exemple des résultats de simulation de la performance collective du système pour le tour 1

Volume d'eau distribuée par borne (m ³)	3h-7h	7h-11h	11h-15h	15h-19h	19h-23h	23h-3h	Total
Borne 1	450	450	0	0	0	0	900
Borne 2	0	450	0	0	0	600	1050
Borne 3	450	0	0	0	0	0	450
Borne 4	450	450	900	900	900	600	4200
Borne 5	450	0	0	900	900	600	2850
Borne 6	0	450	900	0	0	0	1350
Total	1800	1800	1800	1800	1800	1800	10800

6.2.6.6. Description des scénarios et des informations fournies aux participants lors du jeu

La durée de chaque session avec huit participants est de 2,5 h. La session est facilitée par un groupe composé d'un animateur et d'un observateur. Six sessions ont été organisées avec des agriculteurs de six quartiers différents et différents membres de l'équipe technique du GDA. Chaque joueur reçoit une fiche d'acteur qui représente son rôle qu'on a rempli à l'avance, et un calendrier d'irrigation qu'il doit remplir.

Au début du jeu, après l'introduction du support du quartier, chaque joueur reçoit une fiche d'acteur qui présente l'agriculteur (superficie, travail, accès à la main d'œuvre), son objectif (besoin en eau, seuil de viabilité), ses ressources en eau et en information (accès à la nappe et au réseau collectif, suivi ou non d'un tour d'eau, la quantité d'eau maximale d'eau qu'il peut utiliser pendant un tour d'eau...) et ses actions pour réussir son objectif. Un exemple de ces fiches est présenté dans l'annexe n°4.

Suite à l'explication des différents éléments physiques et les différents tours qui existent, les règles du bon fonctionnement du périmètre sont aussi introduites en précisant que les participants peuvent ou non tenir compte de ces règles, vu qu'en réalité le GDA n'a plus de contrôle sur l'application de ces dernières. En fait, ces règles représentent les règles qui ont été appliquées initialement dans le périmètre en respect avec la capacité du réseau :

- Deux bornes seulement peuvent être ouvertes en même temps dans le même quartier ;
- Les agriculteurs qui utilisent le goutte à goutte ont un accès à la demande mais ils doivent irriguer le soir, tandis que les agriculteurs qui pratiquent l'irrigation traditionnelle doivent irriguer pendant la journée selon un tour d'eau organisé par le GDA ;
- Deux usagers d'une borne commune ne peuvent pas irriguer en même temps ;
- A ces conditions réelles, on a ajouté une règle qui interdit à chaque agriculteur de dépasser un volume d'eau qu'on a précisé dans sa fiche d'acteur pendant un seul tour d'eau. Ceci permettra d'éviter d'avoir des joueurs qui ont atteint leurs objectifs dès les trois ou quatre premiers tours.

Dans chaque tour du jeu, le participant doit remplir son calendrier d'irrigation (figure 6.4).

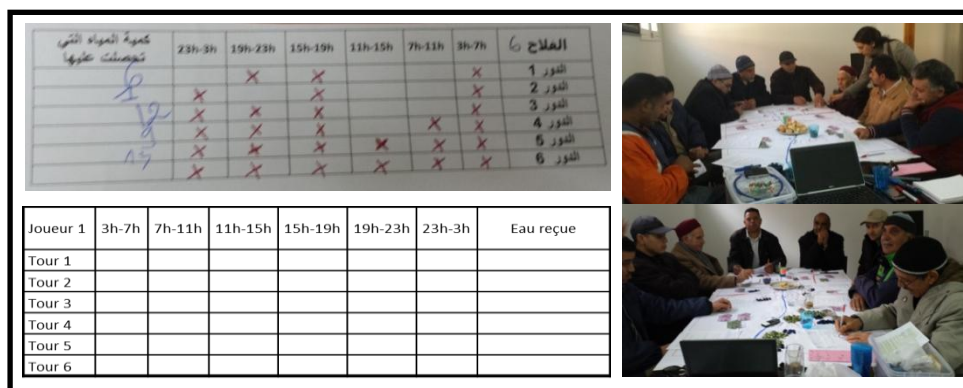


Figure 6.4 : Exemple d'un calendrier d'irrigation et des participants en train de remplir les calendriers d'irrigation

Le jeu de rôles est composé de six tours qui sont illustrés dans la figure 6.5.

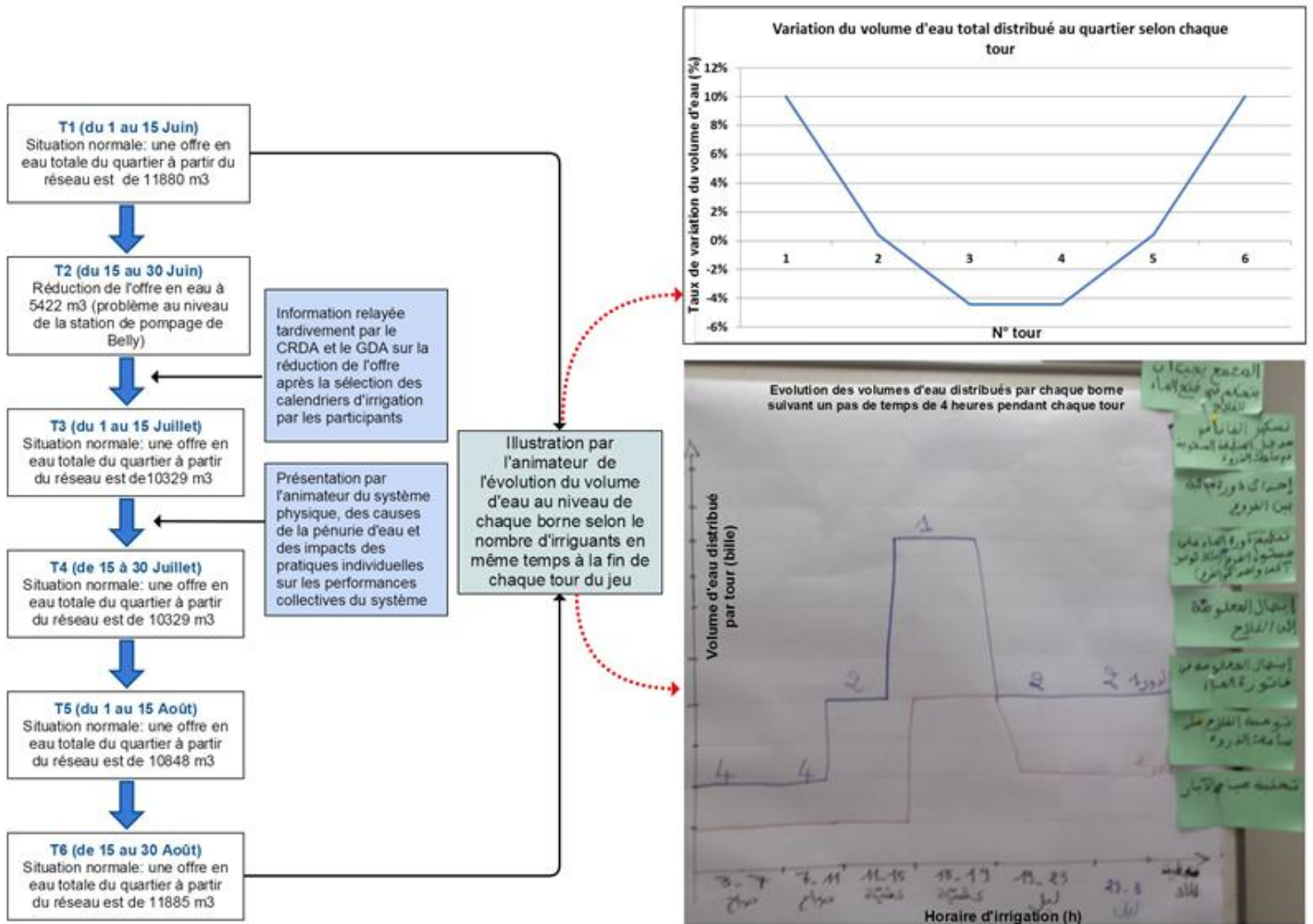


Figure 6.5 : Structure d'un tour du jeu

Au début de chaque session, les participants ont bénéficié d'une offre en eau normale. Ils ne disposent d'aucune information sur l'offre en eau disponible ni sur l'état du réseau. Avant le deuxième tour, nous présentons la variation des volumes d'eau reçues au niveau de chaque borne d'irrigation en fonction du nombre d'irriguants pendant toute une journée, suivant un pas de temps de 4 heures. Cette variation est affichée sous forme de graphiques pour être présentée aux participants. Dans le deuxième tour, un scénario de réduction de moitié de l'offre en eau à cause d'une panne dans la station de pompage a été introduit sans informer les participants qu'à la fin du tour. On a repris dans le troisième tour presque la même offre initiale en informant dès le début qu'il y a un retour à une situation normale. Les seules informations fournies à la fin de ces trois tours sont la variation de la pression sur la borne d'irrigation, entre autre la variation du volume d'eau distribué au niveau de la borne et la quantité d'eau reçue pour chaque agriculteur. A la fin du troisième tour, on a présenté le système global d'allocation d'eau, les limites d'intervention de chaque gestionnaire, les règles collectives de gestion d'eau et l'impact des pratiques individuelles sur le système collectif. En particulier, les agriculteurs ont été informés des horaires de pointe de la consommation électrique, information que 90 % entre eux ignorent d'après nos enquêtes antérieures (chapitre 4).

6.2.7. Méthodes et outils mobilisés

Afin de déterminer les caractéristiques de chaque classe d'exploitation agricole en termes de : (i) accès à la nappe ; (ii) accès au réseau ; (iii) les recettes et les charges, on a effectué des mesures et des entretiens avec les agriculteurs depuis juin jusqu'à septembre 2014. Les mesures exploitées dans ce jeu ont porté sur les débits moyens pompés selon chaque classe d'agriculteur. La durée de l'irrigation à partir de la nappe, les pratiques de mélange des eaux du réseau avec les eaux des puits, ainsi que les charges et les recettes de chaque classe d'agriculteur ont été déterminées à partir des entretiens avec les agriculteurs. Les données qui portent sur l'exploitation du réseau collectif ont été déterminées à partir des entretiens et détaillés en particulier dans le chapitre 3. En deuxième étape, on a procédé à l'élaboration du modèle en collaboration avec le bureau d'études LISODE à Montpellier. La modélisation a été effectuée sur Excel. Finalement, la mise en œuvre du jeu a été effectuée entre les mois de janvier 2015 et mai 2015. Nous avons invité les agriculteurs avec lesquels on a eu auparavant des entretiens détaillés et des mesures sur le terrain. Les agriculteurs invités ont choisi d'organiser les ateliers dans le local du GDA. L'animation des ateliers a été effectuée avec l'appui d'un consultant du projet PAP-AGIR. Des enregistrements audio des discussions ont été aussi effectués.

La communication de diverses informations a été effectuée principalement à travers un poster qui représente le système total depuis le CMCB jusqu'au périmètre de Zaouiet Jedidi, les capacités du réseau, la responsabilité de chaque gestionnaire et ses limites d'action, l'impact des pratiques individuelles tel que l'irrigation en période de pointe de consommation électrique sur la performance collective du système (figure 6.6).

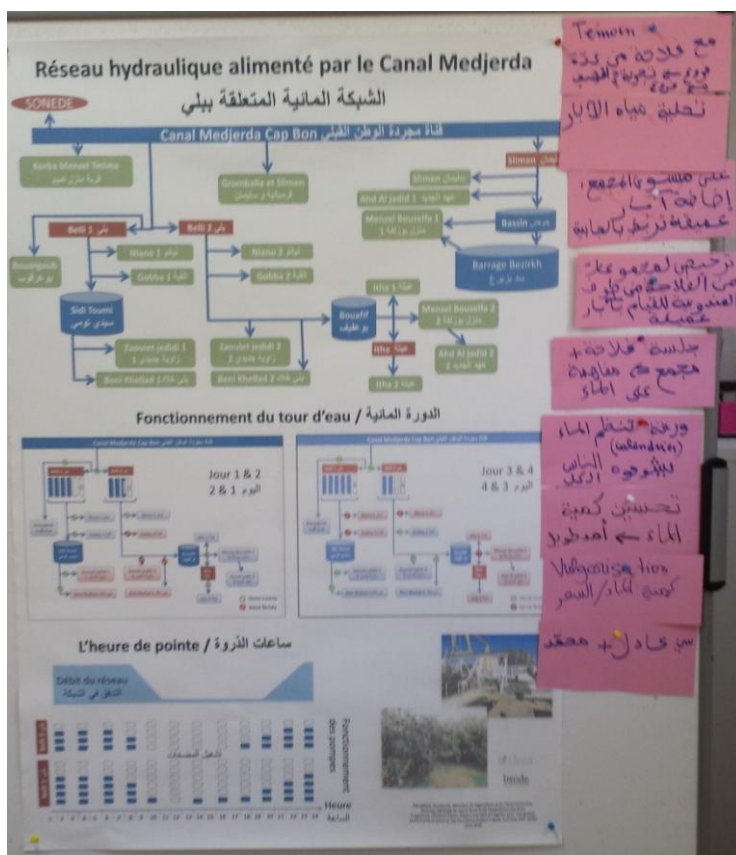


Figure 6.6 : Support d'information introduit pendant le jeu

Pendant la session du jeu, les résultats de simulation du volume d'eau obtenus par chaque agriculteur ont été inscrits sur les mêmes calendriers qu'ils ont remplis auparavant (figure 6.4).

6.3. RESULTATS

6.3.1. Comment les agriculteurs participants sont passés du monde virtuel du jeu au monde réel en proposant des solutions d'amélioration de gestion d'eau à appliquer dans leur système ?

Dans chaque session du jeu, les agriculteurs ont proposé des solutions à appliquer réellement sur le terrain. Ces propositions portent sur trois volets :

(1) Amélioration de la gestion du réseau collectif : Le maintien du réseau collectif en charge durant les heures de pointe et le contrôle d'accès des différents périmètres à l'eau pendant les tours d'eau inter-périmètres sont parmi les actions principales proposées par tous les participants. Ces derniers estiment que cette tâche est de la responsabilité de l'administration. Les participants ont proposé aussi la réorganisation d'un tour d'eau entre les irrigants et de le tester au niveau d'un quartier pilote. Le GDA est le responsable de l'application de cette décision et du contrôle de l'application des nouvelles règles de partage de l'eau entre les agriculteurs.

(2) Amélioration de la gestion des eaux souterraines : conscients de l'incapacité des gestionnaires à satisfaire leurs besoins en eau uniquement à partir du réseau collectif, les agriculteurs ont proposé des actions d'amélioration de la qualité des eaux de nappe que l'Etat doit considérer telles que la recharge artificielle et le recours au mélange des eaux par les agriculteurs qui ont accès à la nappe mais qui préfèrent irriguer seulement à partir du réseau. La vulgarisation par les gestionnaires et l'échange d'information entre les irrigants sont jugés importants par les participants.

(3) Amélioration de la communication entre les gestionnaires et les agriculteurs : les participants ont insisté sur la nécessité de les impliquer dans les prises de décisions relatives à la gestion d'eau d'irrigation. L'organisation de réunions régulières entre les irrigants et le GDA, la transparence de ce dernier dans sa manière d'organiser ces tours d'eau sont jugées nécessaires par les participants. Les agriculteurs ont proposé aussi de désigner un représentant de chaque quartier qui va jouer le rôle d'un porte-parole des irrigants de son quartier.

6.3.2. Comment le comportement des agriculteurs dans le jeu a changé suite à l'introduction de l'information ?

Dans cette partie, on s'intéresse à l'analyse du changement des stratégies des agriculteurs dans le jeu selon les nouvelles informations introduites (exemple : est ce qu'ils ont acquis de nouveaux savoirs ?). On a choisi de présenter les résultats du quartier 15.

La figure 6.7 montre le comportement des participants en termes de demande en eau suivant les informations communiquées par les animateurs du jeu de rôles.

On remarque que dans le premier tour il y a eu une tendance à irriguer le matin tôt (avant 11 h du matin) et le soir (après 23 h du soir). Pendant ces deux plages, la pression sur le réseau est importante compte tenu du fait que plus que deux bornes sont ouvertes simultanément. Implicitement, les agriculteurs évitent la période de chute de pression sans pour autant avoir une connaissance précise sur les heures d'interruption du fonctionnement de la station.

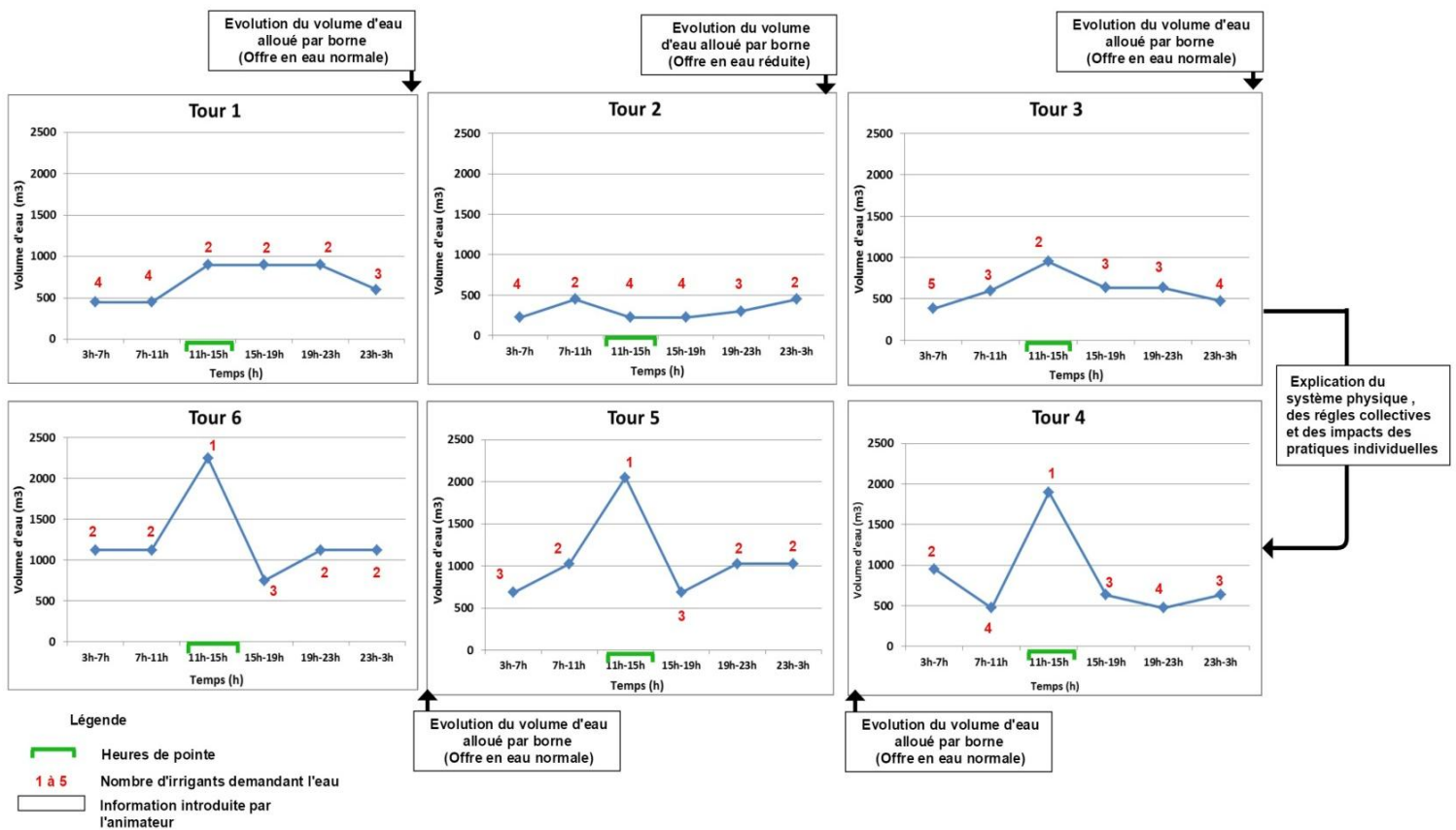


Figure 6.7 : Impact des stratégies d'irrigation des différents agriculteurs sur le volume d'eau alloué aux différentes bornes d'irrigation

Suite à la présentation par les animateurs de l'évolution des volumes d'eau alloués au niveau de chaque borne d'irrigation, on remarque que dans le deuxième tour il y a eu un changement des stratégies des joueurs dont plusieurs ont choisi d'irriguer pendant les heures où la pression sur le réseau est faible selon les résultats du tour 1 (de 11 h à 23 h). Même avec le retour de l'offre en eau à ses valeurs normales lors du troisième tour, les résultats montrent un retour des participants à des stratégies similaires à celle du premier tour et de surcroît les agriculteurs ont tendance à augmenter les heures de demande en eau. La pression sur l'usage du réseau a atteint un maximum de 5 irrigants en même temps le matin tôt. Ce comportement est dicté par le souci de l'agriculteur de combler le déficit en eau suite au dysfonctionnement du pompage lors du deuxième tour. Le comportement des participants durant ces trois premiers tours valident notre analyse des pratiques d'adaptation pour faire face à la pénurie d'eau présentée dans le chapitre 3.

Suite à la présentation par les animateurs du système global, en précisant, entre autres, les horaires de pointe de consommation d'électricité, les joueurs ont décidé que seul l'exploitant qui a la superficie la plus importante pourrait irriguer en période de pointe. Dans les tours 5 et 6, les participants ont décidé d'appliquer aussi la règle où seulement deux agriculteurs irriguent simultanément. On remarque qu'il y a eu une amélioration de l'équité pendant ces deux derniers tours.

6.3.3. Comment le comportement des agriculteurs a changé en fonction de leurs objectifs de satisfaction de leurs besoins individuels?

Dans cette partie on s'intéresse aux comportements des agriculteurs suivant le classement établi au chapitre 3 (taille de l'exploitation). Sachant que dans le jeu, les grands (A) et moyens (B) agriculteurs sont ceux qui ont initié les débats sur la nécessité de changer les règles collectives, on a essayé de

comparer l'évolution du taux de satisfaction en eau de chaque classe, en prenant l'exemple des agriculteurs 4, 6,7 et 8 (Tableau 6.9).

Tableau 6.9 : Evolution du taux de satisfaction des agriculteurs dans chaque tour

	N° joueur	4	6	7	8
	Cumul	Classe d'agriculteur	Petit (C)	Grand (A1)	Grand (A2)
Taille de l'exploitation (ha)		0,5	17	3,5	1,25
Accès à la nappe		non	Oui	oui	oui
Besoins totaux (m ³)		3000	82800	21600	6000
Tour 1	Volume d'eau_réseau collectif (m ³)	600	3600	2700	900
	Volume d'eau_nappe (m ³)	0	9600	0	0
	Volume total (m ³)	600	13200	2700	900
	Taux de satisfaction	20%	16%	13%	15%
Tours 1 à 2	Volume d'eau_réseau collectif (m ³)	900	5400	3600	1200
	Volume d'eau_nappe (m ³)	0	19200	300	0
	Volume total (m ³)	900	24600	3900	1200
	Taux de satisfaction	30%	30%	18%	20%
Tours 1 à 3	Volume d'eau_réseau collectif (m ³)	1800	8400	5700	2100
	Volume d'eau_nappe (m ³)	0	28800	600	0
	Volume total (m ³)	1800	37200	6300	2100
	Taux de satisfaction	60%	45%	29%	35%
Tours 1 à 4	Volume d'eau_réseau collectif (m ³)	2400	11100	7200	3600
	Volume d'eau_nappe (m ³)	0	38400	900	0
	Volume total (m ³)	2400	49500	8100	3600
	Taux de satisfaction	70%	60%	38%	60%
Tours 1 à 5	Volume d'eau_réseau collectif (m ³)	2400	15000	10500	5400
	Volume d'eau_nappe (m ³)	0	48000	1200	300
	Volume total (m ³)	2400	63000	11700	5700
	Taux de satisfaction	80%	76%	54%	95%
Tours 1 à 6	Volume d'eau_réseau collectif (m ³)	3300	20700	15900	5400
	Volume d'eau_nappe (m ³)	0	57600	1500	600
	Volume total (m ³)	3300	78300	17400	6000
	Taux de satisfaction	100%	95%	81%	100%

Au terme de ce jeu, on peut conduire les constatations suivantes :

- Agriculteur 4 [petit agriculteur] : en raison de sa faible superficie cet acteur est arrivé à satisfaire 70% de ses besoins en eau dès le quatrième tour du jeu. Il a consenti de ne pas irriguer pendant le cinquième tour. A la fin du jeu, il a arrivé à satisfaire 100% de ses besoins en eau.
- Agriculteur 6 [agriculteur entrepreneur] : dès le début, cet agriculteur a opté pour l'irrigation toute la journée malgré le fait qu'il ait utilisé aussi le maximum d'eau qu'il peut pomper de la nappe. Après le tour 3, suite à la discussion collective, ce joueur est arrivé à défendre sa position pour irriguer même en période de pointe. En contrepartie, il a accepté de diminuer ses heures d'irrigation. Lors du troisième tour, cet agriculteur a satisfait seulement 45% de ses besoins totaux. A la fin du jeu, il a satisfait seulement 95% de ses besoins.
- Agriculteur 7 [grand agriculteur] : Cet agriculteur a modifié à chaque tour son calendrier d'irrigation, parfois en changeant les horaires d'irrigation, d'autres fois en augmentant la durée d'irrigation. Au bout du troisième tour, il a satisfait seulement 29% de ses besoins totaux. A partir du deuxième tour cet agriculteur a décidé d'exploiter son puits de surface. En fin de compte, il a satisfait seulement 81% de ses besoins totaux.
- Agriculteur 8 [agriculteur moyen] : Malgré le changement du calendrier d'irrigation, ce joueur n'est pas arrivé à accéder à 35% de ses besoins en eau à la fin du troisième tour. A partir du cinquième tour, il a commencé à exploiter son puits de surface. A la fin du jeu, il a arrivé à satisfaire 100% de ses besoins en eau.

Initialement, seuls les joueurs n° 6 et 7 ont eu recours à l'usage de l'eau souterraine alors que le reste des irrigants, ayant accès à la nappe, ont préféré d'exploiter seulement l'eau du réseau collectif. Même si dans le jeu, la salinité des puits de surface est acceptable, ils ont continué à déclarer que la qualité de l'eau de la nappe est médiocre. Les agriculteurs 6 et 7 ont fait la pression sur le reste pour exploiter leurs puits. En guise de compromis, l'agriculteur 8 a consenti à exploiter son puits à partir du cinquième tour.

6.3.4. Entre consensus et compromis : comment les acteurs ont produit collectivement des solutions à travers la négociation ?

La figure 6.8 illustre les changements de stratégies et les processus de négociation qui ont eu lieu suite à l'introduction des résultats du jeu ou des informations relatives au fonctionnement du système.

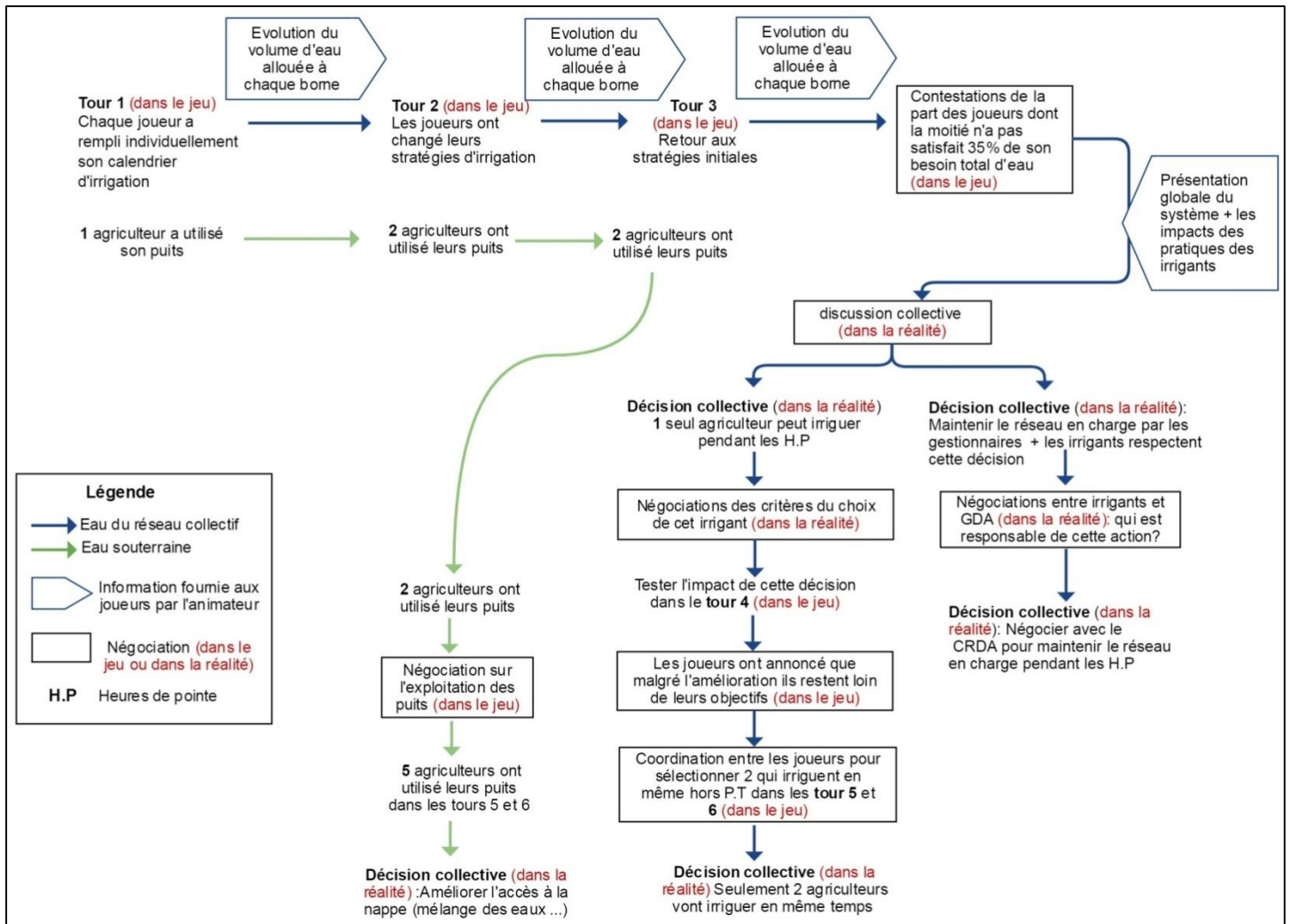


Figure 6.8: Description du processus de négociation entre les participants pour des actions d'amélioration collectives

On constate qu'à partir du troisième tour, il y a eu une contestation de la part des joueurs, qui malgré le changement de leurs stratégies, les quantités d'eau reçues restent insuffisantes et ils se retrouvent loin d'atteindre de leurs objectifs de satisfaction des besoins en eau. Ils ont demandé des explications aux animateurs. Suite à l'explication du système global, des capacités du réseau, la responsabilité de chaque gestionnaire et sa limite d'action et l'impact des pratiques individuelles telles que l'irrigation en période de pointe sur la performance du système, les agriculteurs (dans le monde réel) ont décidé collectivement qu'un seul agriculteur peut irriguer durant la période de pointe (l'effet de cette décision a été testé virtuellement dans le tour 4 du jeu) et deux agriculteurs peuvent irriguer en même temps pour le reste des horaires (l'effet de cette décision a été testé virtuellement dans les tours 5 et 6 du jeu). Ils ont décidé qu'ils doivent coordonner avec le GDA pour choisir ces calendriers. Ils ont aussi proposé des actions d'amélioration de la maintenance qui doivent être effectuées avec l'administration afin de diminuer les impacts de vidange du réseau collectif en période de pointe.

Concernant l'usage de la nappe, au début du jeu seulement le joueur n° 6 qui est un grand agriculteur a décidé d'exploiter son puits profond avec son potentiel maximum. A partir du deuxième tour, un autre joueur n° 7, de classe grand exploitant a aussi décidé d'exploiter son puits de surface. Inversement, les autres joueurs, ayant accès à la nappe, ont préféré exploiter uniquement les eaux du réseau collectif. Bien qu'on ait précisé dans le jeu que la qualité de l'eau des puits mélangée à l'eau de surface permet d'irriguer les agrumes, ces derniers ont déclaré qu'ils préfèrent l'eau du

réseau plutôt que l'eau de salinité élevée de la nappe. Après le quatrième tour, les joueurs qui n'ont pas un accès à l'eau de nappe (n° 1, 3 et 4) et les deux joueurs qui exploitent déjà leurs puits ont essayé de convaincre le reste des participants de diminuer leur demande en eau de surface en exploitant leurs puits. Ces derniers ont fini par céder à cette demande.

6.4. Discussion

6.4.1. L'utilité de la co-construction du jeu de rôles avec les agriculteurs

Plutôt que de construire un modèle compliqué qui reproduit le même système ou qui prédit son évolution future, on a opté pour la construction d'un modèle qui représente un système similaire mais simplifié qui inclut les mêmes types d'acteurs, les mêmes contraintes et les mêmes dynamiques. Puisqu'on ne peut pas inclure les perceptions de tous les acteurs dans ce système, et en présumant que la compréhension de la perception de l'utilisateur permet de discuter des actions d'amélioration pertinentes, on a choisi de construire un modèle basé essentiellement sur la perception des agriculteurs sur la situation de pénurie d'eau dans leur périmètre. Cette simplification a permis l'immersion de ces acteurs participants dans ce monde virtuel, de comprendre la complexité de leurs systèmes et les origines de ses contraintes et de passer à un autre niveau d'interaction et de négociation symbolisé par le monde réel. La phase initiale de ce travail a été basée sur des discussions individuelles qui permettent aux acteurs d'exprimer leurs perceptions de la situation présente. On a réussi à établir une situation initiale dans laquelle les acteurs sont clairement informés des problèmes qui les divisent et de leur interdépendance suivant un processus d'accompagnement. La simplification du modèle sous forme d'un jeu de rôles a permis aux participants de tester leur propre perception de la situation actuelle avec leurs propres simplifications. On a choisi aussi d'accompagner et de fournir l'information seulement quand elle est demandée. Cette démarche nous a permis en même temps de valider notre diagnostic des problèmes de gestion de ce système, en particulier, des différentes stratégies d'adaptation des irrigants à la situation de pénurie d'eau discutées dans le chapitre précédent. Les grands agriculteurs qui ont un accès à des puits de surface et profonds de meilleure qualité et qui bénéficient d'un accès continu au réseau collectif d'irrigation étaient capables d'exploiter au maximum ces deux ressources. Ceci a augmenté la vulnérabilité des petits agriculteurs et des agriculteurs moyens dont l'accès à l'eau est plus limité et contrôlé par le GDA. Contrairement à la réalité, le jeu de rôles a permis aux joueurs les plus vulnérables de s'exprimer et d'exercer une pression sur le collectif pour améliorer l'équité entre les irrigants et partager les effets de la pénurie d'eau. Les simulations des impacts des comportements individuels sur les performances collectives du système ont facilité ces changements.

6.4.2. L'amélioration de la qualité du service de l'eau de surface passe par l'amélioration de la qualité de l'eau souterraine

La nécessité d'améliorer la gestion des eaux souterraines est parmi les solutions proposées par les participants. Bien que la gestion de ce système concerne l'exploitation et l'usage des eaux de surface du CMCB, son amélioration selon le point de vue des agriculteurs dépend de l'amélioration de la gestion de l'eau souterraine. Cette perception est expliquée par l'historique de l'économie agricole de cette zone qui a été fondée, jusqu'à la fin de l'année 1969, exclusivement sur une appropriation privée des ressources en eaux souterraines par les agriculteurs. Cette situation d'accès libre à l'eau a permis aux agriculteurs d'intensifier leurs activités agricoles et de se libérer d'une situation où l'Etat détenait le monopole de la mobilisation et de la distribution de l'eau. Bien que l'Etat Tunisien a construit et a mis en place un cadre réglementaire régissant l'accès et l'usage des eaux souterraines depuis les années 1970 (Code Des Eaux, 1994) l'application de ces règles reste limitée (Frija et al,

2016). Cependant, dans leurs propositions d'amélioration de la gestion de l'eau souterraine, les participants ont impliqué l'administration. De leur point de vue, l'Etat est responsable de l'amélioration de la qualité de l'eau de la nappe à travers des actions telles que la recharge de la nappe ou le contrôle de l'exploitation illicite des eaux de la nappe profonde. Cette reconnaissance de la nécessité d'impliquer l'Etat conteste la vision de « l'Etat comme un acteur absent dans la gestion de l'eau souterraine » qui dominait les analyses des modes de gouvernance de l'eau souterraine (Fofack et al., 2015). Cette proposition d'implication de l'administration valide aussi les constats de Kuper et al. (2016) qui ont argumenté que « l'accès à l'eau souterraine n'a libéré les agriculteurs du contrôle de l'Etat que partiellement » et qu'« en situation de crises, les agriculteurs font souvent appel à l'intervention de l'Etat ». En effet, la dégradation de la qualité de la nappe phréatique a obligé l'Etat à chercher des ressources en eau complémentaires afin de subvenir aux besoins en eau des agriculteurs (cf. chapitre 2).

6.4.3. Des capacités de façonnage des règles révélées à travers les propositions d'action des agriculteurs

Le façonnage des règles est un processus continu qui doit s'adapter à l'évolution des contextes sociaux, économiques et biophysiques dans lesquels se trouve le système irrigué (Ostrom, 1991). Les propositions des actions d'amélioration des agriculteurs ont révélé leur capacité de façonnage des règles : ils ont proposé des règles pour organiser l'accès et l'exploitation de l'eau d'irrigation qui sont adaptées au contexte actuel de pénurie. Ces propositions sont en effet le résultat de la facilitation de l'apprentissage à travers des outils tels que le jeu de rôles. En effet, dans ce processus, les animateurs ont fait part de leurs connaissances de on a partagé nos connaissances de la situation de la pénurie de l'eau aux participants (ie. les causes de cette pénurie, la responsabilité de chaque acteur et les règles de gestion existantes). Au début, les agriculteurs ont interprété les interruptions régulières de l'eau et sa faible pression comme un résultat de l'iniquité de distribution entre les différents périmètres irrigués. Même si ces participants ne comprennent pas réellement les origines des problèmes actuels de gestion de l'eau dans le périmètre, ils ont des opinions qu'ils ont construites à travers leurs expériences personnelles ou par les informations qu'ils ont acquises du GDA ou de l'administration. A travers les résultats de simulation et de partage des informations, ils ont saisi l'intérêt d'adopter des règles de gestion collective et étaient à même d'identifier des stratégies alternatives afin d'améliorer leur situation. Armitage et al. (2009) ont identifié un tel résultat comme l'apprentissage en double boucle ("double loop learning"). Ce type d'apprentissage est créé lorsque les visions et les valeurs existantes sont défiées, ce qui génère des changements fondamentaux dans le comportement des acteurs. Le processus participatif a réussi non seulement à changer la représentation sociale des agriculteurs et à faciliter l'apprentissage individuel, mais les interactions créées grâce à ce processus ont aussi facilité l'apprentissage collectif. Les participants sont devenus conscients de l'interdépendance qui existe entre eux. Ils sont passés des alternatives d'amélioration dépendant uniquement du niveau amont de la gestion contrôlée par l'administration, vers des discussions pour définir des solutions au niveau aval qui est géré par l'association (le périmètre) et par les agriculteurs (les exploitations agricoles). Cependant, la capacité de façonnage de règles, révélée dans les sessions du jeu de rôles n'est guère valorisée en situation réelle. Le fait que les agriculteurs sont rarement informés des limites techniques du système (ie. la capacité du réseau à satisfaire les besoins en eau) et sont peu conscients de l'impact de leurs pratiques individuelles sur les performances collectives du périmètre, peut expliquer, en partie, l'absence de toute forme collective d'adaptation au contexte actuel du système. Cependant, d'autres raisons plus profondes peuvent expliquer aussi leurs comportements, telle que la contestation de leur légitimité pour intervenir dans la construction des règles de gestion. En avançant leur incapacité

et leur manque de compétences par le CRDA et le GDA, les agriculteurs n'avaient à aucun moment été impliqués dans une réflexion sur les objectifs et les missions de gestion des périmètres irrigués (Elloumi, 2011).

Dans ce travail, on considère que la discussion collective et les interactions ont renforcé l'action collective à travers deux processus : la négociation orientée vers le consensus et la négociation orientée vers les compromis. Pour le premier processus, les participants étaient capables de partager une vision commune des problèmes de gestion de l'eau dans leur zone. Ils sont parvenus à un consensus et ils ont proposé des actions collectives pour faire face à ces problèmes. A titre d'exemple, ils ont compris que les règles actuelles de gestion du tour d'eau entre les irrigants ne sont plus adaptées au contexte actuel qui favorise l'iniquité entre les irrigants. Ainsi ils ont décidé de participer à l'identification de nouvelles règles qui organisent la distribution de l'eau au sein du périmètre. Par contre, des conflits d'intérêts et des différences de distribution des pouvoirs ont été exposés. En effet, l'objectif réel de la participation des grands agriculteurs dans ces sessions est de garantir qu'il n'y aura pas une diminution de leurs quotas d'eau au profit des autres agriculteurs qui ont un accès plus limité aux ressources en eau. De plus, ils se considèrent comme les vrais agriculteurs de la zone, donc ils doivent être informés de tout changement de règles. Les solutions collectives proposées sont en effet le résultat de pression de quelques agriculteurs qui partagent les mêmes intérêts ou les mêmes contraintes face aux autres participants. A titre d'exemple, ceux qui n'ont pas un accès à l'eau souterraine ont mis la pression sur les agriculteurs, ayant accès aux eaux de nappe mais qui irriguent uniquement à partir du réseau, pour utiliser leurs puits et diminuer ainsi la pression sur le réseau collectif d'irrigation. Van den Hove (2003) a critiqué le discours qui relie la participation uniquement aux discours de consensus qui a tendance à masquer et marginaliser les conflits inévitables. Cet auteur a recommandé de considérer les approches participatives comme une combinaison de processus orientés vers le consensus dans la poursuite de l'intérêt général et des processus orientés vers les compromis qui visent à ajuster des intérêts particuliers.

6.5. Conclusion

Dans le contexte du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, les résultats montrent que le jeu de rôles AMIC'EAU a permis aux participants d'avoir une vision collective de la situation actuelle et d'articuler les réflexions sur des solutions aux problèmes de gestion des ressources en eau. Même si ces solutions ne permettent pas de résoudre le problème de pénurie d'eau, elles permettent de mitiger ses impacts sur les individus, en particulier les moins vulnérables, et sur le système collectif à court terme. Cet outil participatif, construit à partir de la perception des agriculteurs et simplifié dans un langage compréhensible par ces acteurs, a permis de créer un support de discussion collective qui a abouti des fois à des consensus et d'autres fois à des compromis jugés légitimes et acceptables de leurs points de vue. Ces consensus et compromis sont le résultat d'un processus d'apprentissage qui a évolué vers une démarche collective alors qu'il n'avait au début qu'un caractère simplement individuel. Cette évolution montre que les participants ont assimilé l'interdépendance qui existe entre eux et entre les différents niveaux de gestion et ont compris la nécessité de renforcer les actions collectives pour une meilleure gestion et une meilleure équité de distribution des ressources. Les agriculteurs participants étaient non seulement actifs dans leurs propositions d'actions, mais ils ont proposé de tester des solutions dans leurs quartiers durant la campagne agricole suivante. L'introduction progressive des connaissances techniques sur les origines des problèmes de gestion dans le périmètre et de la responsabilité de chaque acteur dans la situation actuelle a favorisé le processus d'apprentissage et a joué le rôle de déclencheur de dialogue et d'interactions entre les participants.

6.6. Références bibliographiques

Barnaud C. 2008. Equity, power games and legitimacy: Dilemmas of concerted management of renewable resources.

Barreteau O, Daré Ws. 2003. A role-playing game in irrigated system negotiation: Between play and reality. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* **6** (3).

Barreteau O, Le Page C, Perez P. 2007. Contribution of simulation and gaming to natural resource management issues: An introduction. Sage Publications CA. Los Angeles.

Borowski I, Hare M. 2007. Exploring the gap between water managers and researchers: Difficulties of model-based tools to support practical water management. *Water Resour Manage* **21** (7):1049-1074. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-006-9098-z>.

Bousquet F, Barreteau O, Page CL, Mullon C, Weber J. 1999. An environmental modelling approach: The use of multi-agent simulations. *Advances in environmental modelling*. Blasco F (ed), Elsevier, Paris:113-122.

Code des Eaux. 1994. Loi n° 75-16 du 31 mars 1975 portant promulgation du Code des Eaux. Publications de l'Imprimerie Officielle de la République Tunisienne.

D'aquino P, Seck SM. 2001. Et si les approches participatives étaient inadaptées à la gestion décentralisée de territoire?/and if participative approaches were inadapted to decentralised territorial management? *Géocarrefour* **76** (3):233-239.

Daré W, Aubert S, Bah A, Botta A, Diop-Gaye I, Fourage C, Lajoie G, Leclerc G. 2008. Difficultés de la participation en recherche-action: Retour d'expériences de modélisation d'accompagnement en appui à l'aménagement du territoire au Sénégal et à la Réunion. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement* **8** (2).

Daré WS. 2005. Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité: Indépendance ou correspondance? Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation. Thèse de doctorat ENGREF (AgroParisTech).

Dionnet M, Kuper M, Hammani A, Garin P. 2008. Combining role-playing games and policy simulation exercises: An experience with Moroccan smallholder farmers. *Simulation & Gaming* **39** (4):498-514. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1046878107311958>.

Elloumi M. 2011. Pour une gestion durable des ressources naturelles, les limites du cadre institutionnel tunisien. *Pouvoirs, sociétés et nature au sud de la Méditerranée*, Paris, Karthala, 53-80.

Elloumi M. 2013. Trois ans après: Retour sur les origines rurales de la révolution tunisienne. *Confluences Méditerranée* (4):193-203.

Elsawah S, Guillaume JHA, Filatova T, Rook J, Jakeman AJ. 2015. A methodology for eliciting, representing, and analysing stakeholder knowledge for decision making on complex socio-ecological systems: From cognitive maps to agent-based models. *Journal of Environmental Management* **151**:500-516. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.028>.

Étienne M. 2013. Companion modelling: A participatory approach to support sustainable development.

Farolfi S, Rowntree K. 2005. Accompanying local stakeholders in negotiation processes related to water allocation through simulation models and role-playing games: An experience from South Africa.

Ferchichi I, Marlet S, Zairi A. 2017. How farmers deal with water scarcity in community-managed irrigation systems: A case study in northern Tunisia. *Irrigation and Drainage*.

Fofack R, Kuper M, Petit O. 2015. Hybridation des règles d'accès à l'eau souterraine dans le saïss (Maroc): entre anarchie et Léviathan?. *Études rurales*, (2), 127-150.

Frija I, Frija A., Marlet S, Leghrissi H, Faysse, N. 2016. Gestion de l'usage d'une nappe par un groupement d'agriculteurs: l'expérience de Bsissi Oued El Akarit en Tunisie. *Alternatives rurales*, (4).

Guérin Schneider L, Dionnet M, Abrami G, Von Korff Y. 2010. Comment évaluer les effets de la modélisation participative dans l'émergence d'une gouvernance territoriale. Recueil des communications du colloque OPDE 2010 "aide à la décision et gouvernance". Montpellier, France. p. 253 - p. 271.

Kuper M, Faysse N, Hammani A, Hartani T, Marlet S, Hamamouche M. F, Ameer F. 2016. Liberation or anarchy? The Janus nature of groundwater use on North Africa's new irrigation frontiers. In *Integrated Groundwater Management* (pp. 583-615). Springer, Cham.

McIntosh BS, Seaton RAF, Jeffrey P. 2007. Tools to think with? Towards understanding the use of computer-based support tools in policy relevant research. *Environ Model Softw* **22** (5):640-648. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.12.015>.

Ostrom E. 1991. Crafting institutions for self-governing irrigation systems.

Palluault S, Romagny B. 2009. Nécessité et limites de la participation des usagers de l'eau agricole. in *Développement rural, environnement et enjeux territoriaux : Regards croisés oriental marocain et sud-est tunisien*. ed. by Bonte P, Elloumi M, Guillaume H and Mahdi M. Cérès, Tunis, pp 319-341.

Prell, Hubacek, Reed, Burt, Holden, Jin, Quinn, Sendzimir, Termansen. 2007. If you have a hammer everything looks like a nail: 'Traditional' versus participatory model building. *Interdisciplinary Science Reviews* **32**:1-20.

Rekolainen S KJ, Hiltunen M. 2004. A conceptual framework for identifying the need and role of models in the implementation of the water framework directive. *International Journal of River Basin Management* **1** (4):1-6.

Van den Hove S. 2003. Participatory approaches for environmental governance: Theoretical justifications and practical effects. *Stakeholder Involvement Tools: Criteria for Choice and Evaluation* Ed. NEA, Report NEA/RWM/FSC (2003) 10.

Wasson JG, Tusseau-Vuillemin MH, Andréassian V, Perrin C, Faure JB, Barreteau O, Bousquet M, Chastan B. 2003. What kind of water models are needed for the implementation of the european water framework directive? Examples from france. *International Journal of River Basin Management* **1** (2):125-135. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15715124.2003.9635199>.

Chapitre 7 : Evaluation des effets de la participation dans un processus de résolution des problèmes de gestion d'eau d'irrigation sur le renforcement de la capacité d'action collective

7.1. Introduction

La complexité des problèmes de gestion des ressources en eau découle de l'hétérogénéité des systèmes sociaux impliqués dans la prise de décision. On définit dans ce travail, la prise de décision comme un processus systématique de résolution de problèmes, une définition inspirée de Kolkman et al. (2005) qui ont considéré que la résolution des problèmes n'est autre qu'une prise de décision concernant les solutions alternatives possibles. Ces systèmes sociaux, caractérisés par une pluralité irréductible des points de vue, impliquent des acteurs qui circonscrivent les problèmes de façons diverses et parfois contradictoires et qui appliquent des stratégies différentes afin de satisfaire leurs objectifs et intérêts. Elsayah et al. (2015) ont argumenté que les différences des perceptions de ces acteurs, telles que dans les communautés rurales, reflètent les différences dans les systèmes de valeurs sous-jacents et peut amener à des barrières de communication et même à des controverses politiques, dénonçant ainsi à l'instar de plusieurs auteurs (e.g. Sanselme, 2001; Barnaud et Van Paassen, 2013), l'identification idéalisée de la communauté rurale comme une unité socialement homogène.

L'analyse des perceptions des acteurs à travers les *représentations sociales* a connu un développement important et a fait l'objet de plusieurs études (e.g. Abric, 1994; Jodelet, 1994). Moscovici (cité par Jodelet, 2003) a argumenté que les représentations sociales doivent être étudiées en articulant les éléments mentaux et sociaux et en intégrant à côté de la cognition, du langage et de la communication, la prise en compte des rapports sociaux qui affectent les réalités matérielle et sociale. Cette théorie a inspiré aussi plusieurs auteurs pour analyser la divergence des perceptions des acteurs à travers l'analyse des cadres 'frame analysis' (e.g. Rein et Schön, 1996) ou à travers les modèles mentaux (e.g. Kolkman et al., 2005).

Tous ces travaux nous amènent à avancer deux hypothèses de travail : la première suggère qu'une planification efficace des règles de gestion des ressources en eau et le renforcement de la capacité d'adaptation de ces systèmes en situation de crise nécessitent de comprendre et de déchiffrer les perceptions, décisions et actions des acteurs. La gestion des ressources en eau est un processus de prise de décision dynamique (les objectifs et les comportements des acteurs peuvent changer), multi-échelles (le comportement du système est fortement influencé par les résultats de prise de décision d'acteurs à différents niveaux) et multi-acteurs (les acteurs impliqués ont des perceptions différentes de la situation et adaptent des stratégies différentes afin de satisfaire leurs objectifs et intérêts). Ceci conduit à une deuxième hypothèse : Une bonne qualité d'un processus de résolution des problèmes dans le domaine de la gestion de ces ressources en eau doit garantir la participation des acteurs impliqués dans ces problèmes et mobiliser des outils qui permettent de déclencher des processus de négociations et d'interactions entre eux. En ce sens, ces négociations n'amènent pas forcément à des consensus ; ils peuvent produire des compromis qui forment une partie intégrante du processus de changement et de développement. Ainsi, une approche visant à permettre aux acteurs locaux de se concerter pour trouver eux-mêmes des solutions à leurs problèmes de gestion exprime, d'une part la reconnaissance de la capacité des acteurs locaux à prendre eux-mêmes les

rênes de leur propre développement et, d'autre part la remise en question de la légitimité des démarches descendantes considérées de moins en moins aptes à formuler des solutions adaptées aux besoins des acteurs locaux, en particulier dans des contextes de gestion complexes et incertains tel que la pénurie d'eau.

Cependant, même la légitimité de tels processus participatifs et leurs résultats en termes d'actions planifiées et de solutions à appliquer peut être mise en question. Barnaud (2013) a identifié la légitimité de l'intervention comme l'un des dilemmes des concepteurs d'approches participatives en déclarant : « Mais quelle est la légitimité du concepteur des processus participatifs à intervenir ainsi dans une société qui, le plus souvent, n'est pas la sienne ? Ses définitions de ce qui est acceptable ou souhaitable et de ce qui ne l'est pas sont-elles les mêmes que celles de la société dans laquelle il intervient ? ». Par ailleurs, Etienne (2009) a distingué deux types de légitimité. Une légitimité scientifique qui doit être questionnée lors de la mise en œuvre d'une démarche qui vise la production de connaissance, par exemple, la communauté scientifique perçoit-elle comme valides le processus participatif et les connaissances qu'il génère ? Alors que si l'objectif est d'accompagner un processus de concertation, on s'interrogera davantage sur sa légitimité sociale, c'est-à-dire l'acceptation du processus par les différentes parties prenantes y participant. L'auteur a considéré que la question de la légitimité peut être discutée à plusieurs niveaux et pour différents objets : la légitimité de la demande d'intervention, la légitimité des acteurs participants, la légitimité de la représentation du système et la légitimité des intervenants aux yeux des acteurs.

Thévenot (1989) a affirmé qu'une société complexe abrite une pluralité de 'systèmes de légitimité' irréductibles les uns aux autres, et qu'il existe une liaison entre la légitimité d'un processus et l'acceptation de s'engager dans l'action. Le règlement de conflits et la concertation autour des décisions engageant le sort commun d'un ou plusieurs groupes d'acteurs nécessite selon Godard (1990) un processus par lequel les acteurs élaborent, reconnaissent ou mettent en œuvre des principes ou des règles qu'ils perçoivent comme légitimes. Boltanski et Thévenot (1991) ont argumenté que la capacité de jugement critique des individus leur sert à différencier les actions légitimes de celles illégitimes, et que mieux comprendre cette notion de légitimité est importante pour mobiliser les acteurs à s'engager dans une action collective. En effet, selon Vermes (2015) un jugement positif de la légitimité de l'action collective peut être le médiateur de l'engagement de ces acteurs, par contre un jugement négatif pourrait quant à lui expliquer les comportements de désengagement observables.

L'analyse de Boltanski et Thévenot (1991) qui considèrent que les personnes jugent leurs propres actions ainsi que celles des autres en se référant à différents mondes qui représentent des cadres de référence partagés autour d'un bien commun, nous renvoie à la question des différences de représentations sociales des acteurs et de la légitimité de la représentation à choisir dans un processus participatif de résolution des problèmes. Daré (2005) a estimé que la légitimité de la représentation proposée dans un processus participatif, en particulier dans les jeux de rôles, est une condition *sine qua non* pour garantir une relation entre les comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité. L'auteur identifie le jeu comme légitime s'il est accepté et validé par ceux qui suivent les règles et subissent les conséquences. De sa part, Godard (1990) met plutôt l'accent sur la nécessité de trouver un compromis qui n'est autre qu'une sorte de figures d'agencement entre plusieurs systèmes de légitimité. Lors de tels processus participatif, les acteurs doivent arriver à un accord qui peut concilier plusieurs légitimités préexistantes. Ainsi, la participation des acteurs dans la résolution de leurs problèmes n'est plus considérée juste comme un moyen pour résoudre des problèmes ou rendre les résultats du processus plus acceptables aux yeux des acteurs locaux, elle

devient plutôt un but en soi. En donnant plus de voix aux acteurs locaux, la démarche participative permettra de renforcer les capacités et les responsabilités des acteurs les plus démunis face à des institutions ou d'autres acteurs qui les dominent (Pretty, 1995).

Dans le cadre de cette réflexion sur les façons de construire ou d'améliorer la capacité d'action collective et d'adaptation des acteurs locaux aux problèmes de gestion d'eau et son incertitude actuelle ou future, d'autres chercheurs se sont orientés vers la validation du rôle et des effets de l'apprentissage (e.g. Armitage et al., 2009; Berkes, 2009). En supposant que le développement de la capacité des individus à apprendre efficacement à partir de leurs expériences est fondamental afin de développer les savoirs et les savoir-faire nécessaires pour faire face à la complexité de leurs systèmes, plusieurs auteurs ont analysé les facteurs clés qui peuvent influencer l'apprentissage des individus (e.g. Fazey, 2005). D'autres auteurs ont mis l'accent sur les boucles d'apprentissage qui peuvent refléter le changement dans la compréhension. Ils ont distingué entre l'apprentissage en simple boucle, qui consiste en l'acquisition de nouvelles connaissances et l'identification de stratégies et d'actions alternatives, et l'apprentissage en double boucle qui implique la réflexion sur les hypothèses qui sous-tendent les actions, ce qui peut amener à réajuster les valeurs et changer les attitudes de comportement ou des normes sociales (e.g. Armitage et al., 2011; Diduck et al., 2012).

Depuis les années 1990, le focus est passé de l'analyse des processus d'apprentissage individuel à la capacité des organisations à apprendre et à changer (White et J. Young, 2005). Armitage et al. (2008) ont argumenté qu'au lieu d'apprendre individuellement, le collectif a une meilleure capacité d'apprendre quelle que soit sa forme (institutions, organisations ou communauté). A travers la réflexion collective, les acteurs peuvent mieux apprendre sur leurs situations et problèmes. Même si ces processus collectifs peuvent occulter les connaissances individuelles des membres du groupe à travers le développement d'une perception commune de leur monde, il reste évident que l'apprentissage collectif est plus performant que l'apprentissage individuel (Argyris et Schön, 1996). Cet intérêt dirigé vers l'apprentissage collectif a mis en évidence le rôle de la participation comme un moteur de renforcement de l'apprentissage collectif où les problèmes à résoudre ne sont plus présumés d'avance mais définis par l'ensemble des participants. Ceci nous permet d'affirmer que créer des conditions favorables pour l'apprentissage nécessite un processus participatif qui favorise le dialogue et l'échange entre les différents acteurs ce qui permettra le changement de leurs réponses non seulement individuelles mais aussi collectives.

Vu que la capacité d'adaptation des systèmes de gestion des ressources en eau est considérée socialement transformée ou construite, sa liaison avec l'apprentissage a conduit à l'émergence d'une littérature qui reconnaît la dimension sociale de l'apprentissage. Walker (2004) a considéré que la capacité d'adaptation reflète l'apprentissage et la flexibilité à expérimenter et à adopter de nouvelles solutions et de développer des solutions aux variabilités futures ou déjà existantes. Pelling et al. (2008) ont présenté l'apprentissage lui-même comme un comportement d'adaptation qui nécessite le développement des processus qui permettent aux acteurs d'apprendre à être adaptatifs. L'apprentissage social est devenu progressivement un processus clé qui permet de favoriser le changement, la construction et la viabilité de la capacité d'adaptation des systèmes de gestion de l'eau (Pahl-Wostl et al., 2008). Reed et al. (2010) ont argumenté que l'apprentissage social doit impliquer un changement dans la compréhension qui dépasse le niveau individuel pour se situer dans des unités sociales plus larges ou des communautés de pratiques à travers des interactions sociales entre les acteurs qui appartiennent à un réseau social.

La complexité de la situation des systèmes collectifs marqués par une pluralité de logiques et de rationalités est plus importante quand la gestion de ces systèmes dépend de plusieurs interfaces. Un tel contexte nécessite d'amener une réflexion sur l'amélioration de la coordination à travers des processus d'accompagnement des acteurs locaux vers la résolution collective de leurs problèmes. Une telle analyse nécessite de mobiliser des outils d'évaluation qui permettent de rendre visible les logiques derrière les postures des différents acteurs, dans la mesure où leur perception peut être à l'origine du blocage des actions d'adaptation et en supposant que le changement de ces perceptions peut renforcer l'action collective et développer la capacité des acteurs locaux à résoudre eux-mêmes leurs problèmes.

En fait, selon Barnaud (2008), l'évaluation des effets d'une démarche participative est fondamentale dans la mesure où si la démarche mise en œuvre vise à enrichir et faciliter un processus de décision, l'évaluation de cette démarche et son amélioration nécessite de suivre les effets sur les systèmes sociaux dans lesquels elles sont mises en œuvre. En plus, l'auteur affirme que l'évaluation n'a de sens que par rapport aux objectifs que s'est fixés la démarche. Différents courants de littérature s'intéressent au suivi et à l'évaluation des processus participatifs et de leurs impacts (e.g. Conley et Moote, 2003; Rowe et Frewer, 2004). Cependant, la plupart de ces travaux se situent dans une perspective de participation citoyenne, alors qu'on estime que dans un processus qui mobilise l'apprentissage comme un catalyseur d'action collective et de changement de perceptions d'acteurs, le cadre d'évaluation à mettre en œuvre doit permettre d'appréhender en particulier le contexte institutionnel, les effets relatifs à l'apprentissage et le changement d'attitudes et de souligner les difficultés relatives aux attitudes des participants. Ainsi, à côté des références classiques d'évaluation des approches participatives, la mobilisation des approches issues des sciences de gestion semble nécessaire. Ces approches qui se focalisent sur l'apprentissage et les cadres d'analyse permettent de considérer des effets tels que l'apprentissage en termes de changement de règles, de valeurs et de pratiques (eg. Argyris et Schön, 1996).

Dans ce travail, on vise à analyser l'évolution de la perception des acteurs à travers l'apprentissage qui résulte des interactions durant le processus participatif et à montrer comment cette évolution peut accélérer ou freiner l'action collective. Il s'agit plus spécifiquement, d'évaluer dans quelle mesure et par quels mécanismes, la participation dans un processus de résolution des problèmes pourrait-elle faciliter l'émergence d'action collective d'amélioration de la qualité du service d'irrigation, dans un contexte marqué par une décentralisation incomplète de l'Etat de la gestion des périmètres irrigués, par l'existence d'associations d'irrigants de faible capacité d'action, et par la dominance des stratégies individuelles de la part des agriculteurs pour gérer les problèmes de gestion de leur système irrigué. Etant donné que le système étudié est qualifié par la pluralité de points de vue de ses acteurs et de la divergence de leurs objectifs et intérêts, et que les différents travaux sur la légitimité de l'action collective et sa viabilité ont insisté sur la légitimité de la représentation sociale à choisir dans l'intervention à amener dans un tel contexte, on se trouve face à la question suivante : « Si le renforcement de l'apprentissage et la validité ainsi que la légitimité des actions collectives produites lors d'un processus participatif dépendent de la représentation à choisir, comment peut-on déterminer parmi les divers systèmes de légitimité coexistants dans des systèmes complexes de gestion des ressources en eau, celui qu'il convient le mieux pour traiter les problèmes existants lors d'une intervention participative ? ».

Dans ce travail, pour procéder à une telle analyse des effets de la participation, on a besoin de comprendre les perceptions initiales des différents acteurs impliqués dans la gestion de l'eau d'irrigation et d'évaluer lors des différentes étapes du processus mises en œuvre le changement de

leurs perceptions et les raisons et logiques qui mobilisent une telle évolution. Par ailleurs, notre hypothèse est fondée sur le fait qu'à part d'autres effets telles que le renforcement de la confiance entre les acteurs ou l'élaboration de solutions plus acceptés socialement, l'apprentissage est la force motrice derrière le changement de perception des acteurs qui permettra l'évolution d'une situation marquée par des comportements individuels vers une situation de coordination et de coopération entre les acteurs. De ce fait, il nous semble nécessaire de poser les questions suivantes : comment ce processus mis en œuvre a permis de reproduire un apprentissage collectif qui peut changer la perception des participants ? Quels sont les évidences qu'un tel apprentissage a eu lieu et comment évaluer ses effets sur les perceptions et en conséquence sur l'action collective ? Est-ce que ce processus a permis l'évolution de cet apprentissage collectif à un apprentissage social ?

7.2. Matériels et méthodes

7.2.1. Problématique et contexte d'intervention

7.2.1.1. Nécessité et objectifs de la mise en œuvre d'un processus participatif

Le processus participatif mis en œuvre dans le périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi vise à faciliter la concertation sur la gestion interne de l'eau d'irrigation dans un contexte de pénurie d'eau entre plusieurs acteurs : les différents types d'agriculteurs, le GDA en tant que représentant de ces agriculteurs et l'administration présente à travers le CRDA.

La nécessité de cette concertation est justifiée par les résultats du chapitre 3 dans lequel on a analysé les stratégies d'adaptations des agriculteurs à la situation de pénurie d'eau. On rappelle que ces résultats ont montré que les pratiques individuelles des agriculteurs ont induit des impacts négatifs et ont créé des inégalités entre les grands et les petits agriculteurs. Cependant, les agriculteurs ne sont pas le seul groupe d'acteurs qui a échoué à s'adapter à la pénurie d'eau et qui a aggravé le dysfonctionnement du système à travers ses stratégies individuelles. Les gestionnaires du GDA ont maintenu des règles collectives qui ne sont plus adaptés au contexte (exemple : des irrigations nocturnes à la demande réservées aux usagers du goutte à goutte et des irrigations diurnes pour les usagers du gravitaire qui doivent suivre un tour d'eau) et n'ont réussi qu'à les imposer aux petits agriculteurs, ce qui a encore augmenté la vulnérabilité de ces derniers. Les gestionnaires du CRDA qui n'arrivent pas à satisfaire les besoins en eau des périmètres irrigués vu la priorité accordée à l'eau potable, ne sont pas arrivés à assurer une remise en eau rapide des réseaux d'irrigation suite aux interruptions de l'eau ou à maintenir le système, en particulier la station de pompage de Belly, en bon état. Ceci dénote de la nécessité de faire face collectivement à cette pénurie en amenant les différents acteurs à réfléchir ensemble à des solutions qui peuvent améliorer la situation.

Plus précisément, dans ce processus on peut distinguer deux types d'objectifs : les objectifs de recherche (objectif de production de connaissance) qui ont émergé progressivement au cours de ce processus : « que souhaitons-nous apprendre en tant que chercheurs en mettant en œuvre ce processus ? » et les objectifs d'appui aux participants dans le processus de résolution des problèmes (la production de connaissance est un moyen pour faciliter l'appui à la décision) qui ont été formulé durant la phase de la planification de l'intervention : « comment les participants peuvent améliorer la gestion de leur système à travers ce processus ? ».

Concernant les participants, le premier objectif est de faciliter un processus d'apprentissage sur le système complexe d'interactions en lien avec la question de pénurie d'eau. Il s'agit de permettre aux participants d'avoir une vision intégrée du système complexe dont ils font partie et de mieux comprendre l'origine du problème de manque d'eau et l'impact de leurs comportements individuels

ou des décisions imposées sur les performances individuelles des irrigants et sur les performances collectives du système afin de mieux s'y adapter. Le deuxième objectif est de permettre aux participants d'échanger leurs points de vue sur ce problème et d'identifier collectivement des solutions prenant en compte les différents intérêts, y compris les intérêts des acteurs les plus vulnérables et les moins influents.

Pour les objectifs de recherche, il s'agit d'analyser tout d'abord dans quelle mesure et par quels mécanismes, la participation dans ce processus peut influencer les postures et les prises de positions initialement divergentes des différents acteurs. Il s'agit, d'autre part, de mieux comprendre comment ces changements peuvent accélérer ou freiner l'émergence d'actions collectives dans un contexte caractérisé par des fortes inégalités et disparités de pouvoir.

7.2.1.2. Echelle d'application de ce processus et acteurs impliqués

L'interface de gestion au niveau de laquelle des améliorations peuvent être effectuées a été identifiée dans le chapitre 2. Il s'agit de l'interface GDA-Agriculteurs. Cependant, le contexte de transfert partiel de la gestion des périmètres irrigués en Tunisie, où malgré le désengagement théorique de l'administration, elle garde encore un rôle important dans la prise de décision, nous a amené à impliquer le CRDA dans le processus. La participation de cet acteur a été aussi sollicitée par le GDA et les agriculteurs. Ainsi, on distingue trois groupes d'acteurs à impliquer dans ce processus :

- **Les acteurs locaux (les agriculteurs) :** Ce groupe est composé d'acteurs qui exploitent le système irrigué dans un contexte à forte hétérogénéité. Ils ont des moyens, des contraintes et des intérêts hautement différenciés. On a distingué trois types d'agriculteurs qu'on a déjà présenté dans le chapitre 4 (A : les grands agriculteurs, B : agriculteurs à temps plein et C : petits agriculteurs à temps partiel) qui peuvent affecter différemment la gestion interne du périmètre irrigué et qui pèsent inégalement sur la décision de concrétisation des solutions élaborées. Dans le périmètre de Zaouiet Jedidi, on considère que même si les agriculteurs peuvent avoir un intérêt commun qui nécessite leur solidarité et qui consiste à faire face à la pénurie d'eau et arriver à satisfaire leur besoin en eau, ils ont en même temps des intérêts conflictuels et ils maintiennent des pouvoirs inégaux. Le processus doit tenir compte de ces disparités.
- **L'association représentante de ces acteurs locaux qui est aussi une interface institutionnelle entre les acteurs locaux et l'administration (le GDA) :** A cause du manque de l'implication du conseil d'administration composé par des représentants élus par les agriculteurs, l'équipe technique du GDA est considérée comme le gestionnaire réel du périmètre dont la participation est fondamentale.
- **L'administration décentralisée (CRDA) :** Malgré le désengagement de l'Etat de la gestion des périmètres irrigués, elle garde encore un rôle important dans la prise de décision à travers ses structures régionales (les CRDA). Le CRDA de Nabeul maintient encore une forte présence dans la gestion de ce système pour deux raisons principales : (1) il y a une forte interdépendance entre la gestion du système d'allocation de l'eau depuis le CMCB et commun à plusieurs périmètres de sauvegarde et la gestion interne du périmètre par le GDA (plusieurs périmètres irrigués sont alimentés à partir de la même station de pompage de Belly, ce qui implique que les règles de gestion de distribution de l'eau entre ces périmètres y inclus le périmètre étudié sont décidés et contrôlés par le CRDA) ; (2) le contexte de transfert en Tunisie en réalité reste un transfert partiel. En avançant les incapacités des GDA et leur manque de compétence dans la gestion interne des périmètres, l'Etat justifie sa présence dans le paysage institutionnel pour assurer le contrôle et intervenir en cas de besoin. Par ailleurs, la nécessité d'impliquer cet acteur est encore

validée par des auteurs tels que d'Aquino (2002) et Ribot (2002) qui ont argumenté que la dissociation entre les démarches participatives et les administrations issues de la décentralisation peut aboutir à des situations où les initiatives des acteurs locaux issues de ces processus, manquent d'appui institutionnel pour avoir des impacts durables et concrets.

7.2.1.3. Outils mobilisés

Il s'agit de se munir d'outils permettant de déclencher un processus d'apprentissage qui permet de changer les perceptions des acteurs sur les origines de la pénurie d'eau ainsi que sur leur responsabilité dans le dysfonctionnement actuel du système et de produire des propositions de solutions qui permettent d'améliorer leurs capacités d'adaptation à la situation actuelle de pénurie d'eau. La facilitation du processus d'apprentissage s'appuie sur des outils qui permettent de favoriser les interactions entre les participants : il s'agit des ateliers du jeu de rôles et des ateliers multi acteurs.

Les effets de la participation dans ce processus ont été par la suite évalués. Il s'agit principalement d'évaluer à quel point l'évolution des perceptions de ces acteurs peut faciliter ou entraver l'émergence des actions collectives. On a opté pour la classification de ces effets en trois grandes catégories.

- *Effets substantifs* : concernent directement le résultat de la prise de décision; ils influencent la qualité de la décision. Ces effets se réfèrent à la qualité des résultats d'un processus de prise de décision en termes de traitement du problème.
- *Effets procéduraux* : concernent directement la procédure décisionnelle, parfois même indépendamment de l'incidence sur le résultat de la prise de décision, on s'intéresse ici au processus pour lui-même.
- *Effets contextuels* : se rapportent au contexte social dans lequel s'inscrit le processus décisionnel. Selon Van den Hove (2000), l'évaluation de ces effets permet de déterminer si un processus est arrivé à surmonter les obstacles liés au contexte social. Parmi ces effets, il y a ceux qui se rapportent aux systèmes d'information dans lequel s'inscrit le processus, alors que d'autres induisent une modification du contexte social de la décision.

7.2.2. Description des étapes du processus de participation participatif

La figure 7.1 illustre les différentes étapes du processus participatif mis en œuvre. On peut distinguer deux phases principales. La première consiste à une prise de conscience du problème de pénurie d'eau, alors que la deuxième est le développement d'actions d'améliorations de la gestion de l'eau d'irrigation.

La prise de conscience de la nature du problème et de la nécessité de le résoudre collectivement est une condition sine qua non pour motiver les participants à l'implication active dans un processus d'apprentissage collectif et de négociation (Röling et Jiggins, 1998). Cette prise de conscience a été catalysée en deux étapes : à travers des ateliers participatifs de planification stratégique et d'autre part moyennant des sessions du jeu de rôles organisées avec les différents acteurs.

La prise de conscience et l'échange de perspectives entre les participants a permis de passer à une deuxième phase plus opérationnelle qui consiste en une phase de développement de solutions, accomplie à travers un atelier multi-acteurs et des ateliers de réorganisation du tour d'eau au sein d'un quartier pilote.

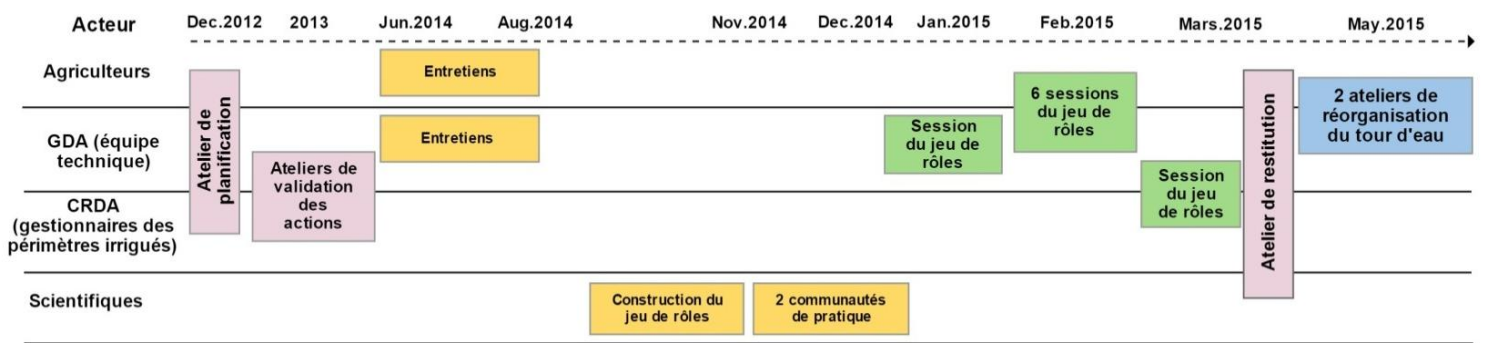


Figure 7.1 : Présentation des différentes étapes du processus participatif

7.2.2.1. Planification stratégique

La première phase de planification stratégique et de validation des actions d'amélioration vise à susciter une prise de conscience de la part des acteurs de la complexité de la gestion d'un système collectif à travers des ateliers participatifs. Au commencement, ces ateliers participatifs ont permis, aux agriculteurs de prendre la parole pour identifier les enjeux de gestion de leur système et fixer ce qu'ils considèrent comme des priorités. Il s'agit dans une première étape d'établir un environnement où l'administration et le GDA sont en retrait, ce qui permet aux agriculteurs de s'exprimer librement et d'installer en amont un cadre stratégique axé plus sur leurs propres aspirations. D'Aquino (2002) a constaté que rien ne sert de multiplier les compétences des acteurs locaux par la formation ou la décentralisation des pouvoirs tant que l'environnement local ne leur permettra pas de les exprimer et que si les enjeux considérés comme essentiels par les techniciens sont réels, ils apparaîtront tôt ou tard aux acteurs locaux mais avec une assise endogène qui leur donnera beaucoup plus de force et de pérennité. Par la suite, les ateliers participatifs étaient organisés avec le CRDA et le GDA avant de les associer au final lors des ateliers multi acteurs avec les gestionnaires des périmètres publics irrigués du CRDA. Ceci a permis de mettre en débat les différents points de vue des acteurs sur les problèmes de gestion de l'eau dans le périmètre, de comprendre leur perception initiale des solutions possibles et d'identifier plusieurs pistes de collaboration pour faire face à ces problèmes.

Dans cette phase initiale, l'accent a été mis sur l'accompagnement du processus d'appui à la dynamique de réflexion collective plutôt que sur une planification détaillée des actions d'amélioration. Cette phase a été approfondie par la suite à travers des entretiens semi-directifs qui ont servi à hiérarchiser les problèmes du point de vue des acteurs et à valider la priorité de traiter le problème de pénurie d'eau du point de vue des acteurs, en particulier les agriculteurs. Ils ont servi par la suite à la construction d'un jeu de rôles qui a permis d'identifier des solutions à un niveau plus avancé.

7.2.2.2. Sessions du jeu de rôles

On rappelle que le jeu de rôles a été conçu sur la base d'une représentation de la situation du système, construite collectivement avec les agriculteurs et utilisée comme une plateforme pour explorer les scénarios possibles pour résoudre les problèmes de gestion d'eau d'irrigation. Cette présentation a été façonnée à partir de : (i) La représentation des agriculteurs de la situation, exprimée à travers des entretiens sur le terrain, afin de comprendre leur perspective du problème de la pénurie d'eau, la perception qu'ils ont des autres acteurs, l'impact de leurs actions sur ce problème et enfin les interactions passées et présentes entre eux au sujet de ce problème et (ii) la vision des chercheurs qui a permis de construire une représentation simplifiée du système à partir

d'un effort précédent pour comprendre le système physique, l'origine de la pénurie d'eau, la limite d'intervention de chaque acteur et les règles collectives de gestion.

Huit sessions du jeu ont été organisées avec les différents acteurs. L'objectif commun de ces sessions est d'amener les acteurs à réfléchir collectivement sur des actions d'amélioration de la gestion de l'eau d'irrigation et d'adaptation à la pénurie d'eau. On a bien clarifié au début de chaque session, qu'on vise des actions qui peuvent être réalisées à court terme. Les objectifs spécifiques à chaque application du jeu sont représentés dans la figure 7.2.

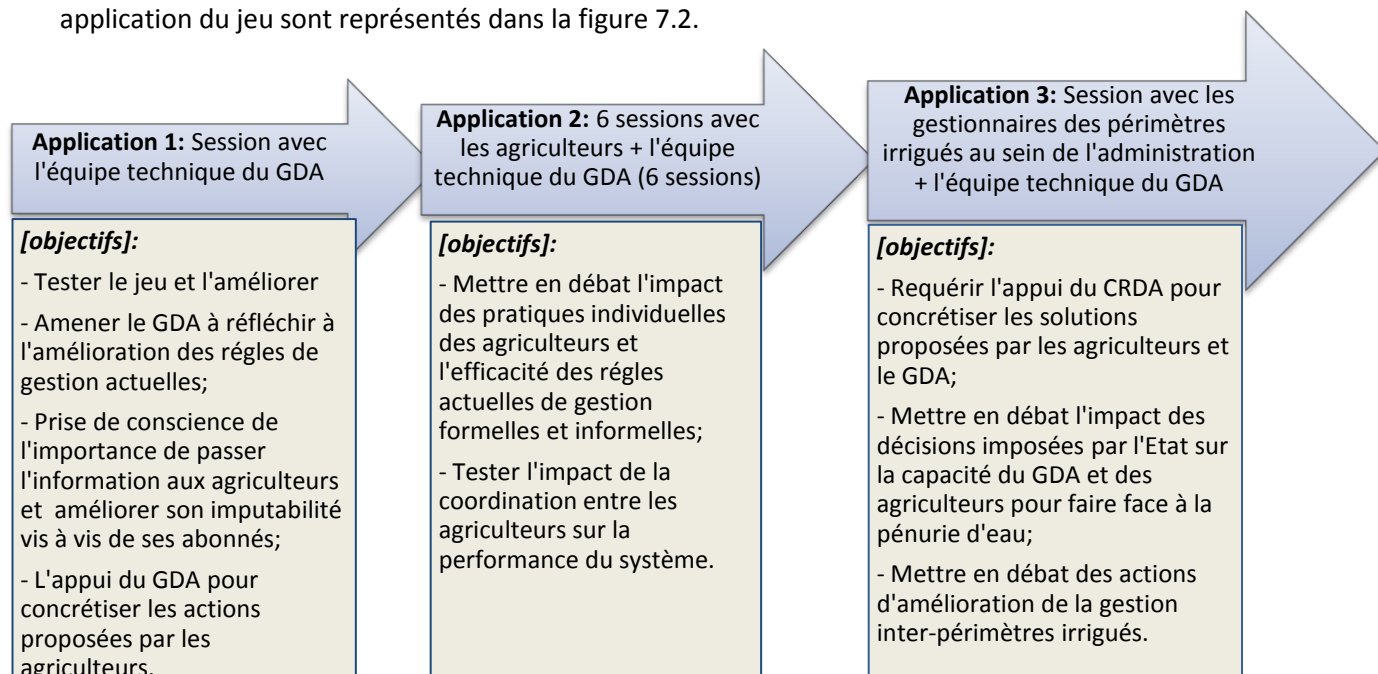


Figure 7.2 : Objectifs spécifiques des différentes sessions du jeu

La première session du jeu a été organisée avec l'équipe technique du GDA. Elle visait tout d'abord à tester cet outil avec le GDA afin de valider en particulier la pertinence de la représentation du problème et lui donner l'occasion de critiquer et proposer des améliorations de cet outil. Le deuxième objectif est de sensibiliser le GDA de sa responsabilité, en tant que représentant des agriculteurs, dans l'amélioration des règles de gestion (qui ne sont plus adaptées au contexte actuel de pénurie d'eau et d'accroissement de la demande). Le dernier objectif de cette session, c'est de garantir l'implication du GDA dans le processus de résolution collective des problèmes, vu que son appui est nécessaire pour la mise en œuvre des actions proposées par les agriculteurs.

On a organisé par la suite six sessions avec l'équipe technique du GDA et les agriculteurs de six quartiers différents (en amont et en aval du système). Parmi les objectifs de ces sessions, c'est de montrer aux agriculteurs les impacts de leurs stratégies individuelles sur l'aggravation du dysfonctionnement du système. A travers le jeu de rôles et les supports d'information, l'accent a été mis sur la défaillance des règles de gestion collective actuelles. Ces sessions visaient aussi à éveiller la conscience du GDA quant à sa responsabilité dans l'établissement des règles et la prise de décisions en faveur de ses abonnés plutôt qu'à l'égard de l'administration. Ainsi, ces sessions ont créé un environnement d'interactions et de dialogue qui permettait aux participants de s'exprimer et d'élaborer des propositions de solutions.

La session finale du jeu a été organisée avec l'administration (les gestionnaires des PPI du CRDA) pour l'impliquer dans le processus. Elle a été aussi sollicitée par les agriculteurs et le GDA et visait à garantir l'appui de l'administration dans la réalisation des actions proposées par ces acteurs locaux. Dans ce sens, Neef (2005) a argumenté que dans les contextes marqués par l'interdépendance entre

les groupes d'acteurs, la résolution de la plupart des problèmes dépasse l'échelle de la communauté, ce qui peut amener à la frustration des participants qui après s'être engagés dans un processus de réflexion collective sur leurs problèmes n'ont finalement pas les moyens de les résoudre.

7.2.2.3. Atelier multi-acteurs de restitution

Un atelier de restitution a été organisé avec l'équipe technique du GDA, les représentants des agriculteurs de chaque quartier et les gestionnaires du CRDA. Cet atelier a été organisé afin d'élaborer des propositions consensuelles à un niveau plus avancé que les premiers ateliers de planification stratégique. Les solutions proposées par chaque type d'acteur durant ces sessions de jeu de rôles ont été discutées et ont été classées selon leur priorité et faisabilité.

7.2.2.4. Ateliers de réorganisation de la distribution de l'eau entre les agriculteurs du quartier 15

Pendant l'atelier multi-acteurs, les représentants du secteur 15 ont montré leur intérêt de continuer leur implication dans ce processus jusqu'à tester de nouvelles solutions dans leur secteur. Deux ateliers ont été organisés avec les agriculteurs de ce quartier et l'équipe technique du GDA. Cette phase a été basée sur un accompagnement technique qui sert à appuyer les agriculteurs et le GDA dans l'établissement de nouvelles règles de gestion.

7.2.3. Evaluation des effets de la participation sur le processus

L'évaluation des effets de la participation a été effectuée principalement pendant et/ou après trois différentes étapes du processus : (i) après les sessions du jeu de rôles ; (ii) après l'atelier multi-acteurs ; (iii) après l'atelier de réorganisation du tour d'eau. On a eu recours à des outils d'évaluation différents : observation, débriefing, entretiens semi-structurés et entretiens ouverts. Durant ces différentes étapes, les observations du comportement des participants nous a permis de mieux comprendre leurs modes d'interaction. Leurs processus décisionnels, observés pendant les sessions de jeu de rôles, nous ont permis de mieux comprendre les logiques de leurs actions dans la réalité. Les discussions collectives, les actes de négociation et les attitudes des participants ont été enregistrées.

L'évaluation des effets substantifs a été effectuée à partir des résultats des différents ateliers en termes de traitement de problèmes et des solutions proposées par les acteurs. Il s'agit d'évaluer si la participation des acteurs dans ce processus permet d'amener à des choix qui sont plus pertinents de point de vue technique, économique ou à des solutions plus acceptées socialement. L'évaluation des effets procéduraux (du processus lui-même) a été centrée sur : (1) l'augmentation de la légitimité du processus ; (2) la mise en place de processus d'interaction dynamique ; (3) une meilleure gestion des conflits entre les acteurs et (4) l'augmentation du pouvoir d'influence de certains acteurs représentants des intérêts peu organisés. L'évaluation des effets contextuels attendus de ce processus a été construite autour de la capacité de la participation à (1) déclencher un processus d'apprentissage et d'amélioration de l'échange des informations entre les acteurs, (2) changer la perception des acteurs et (3) changer les relations entre les acteurs telles que l'augmentation de la confiance entre eux.

Chaque session du jeu a été achevée avec un débriefing où chaque participant a répondu à quatre questions : (1) la représentation de la situation correspond au contexte réel et aux problèmes actuels du système, (2) l'utilité des informations illustrées et leurs impacts sur le comportement des agriculteurs, (3) l'impact de la coordination entre les participants et (4) quels acteurs doivent être impliqués dans le processus. Une autre évaluation a été conduite après 15 jours de chaque session

moyennant des entretiens semi-directifs, effectués avec les participants : (1) qu'est-ce que vous avez appris ? (2) est ce que votre perception de la situation a changé (exemple : sur les causes de la pénurie d'eau ?). Ces entretiens individuels conduits juste après les ateliers ont été également notre principal outil d'investigation des effets de la démarche en termes d'apprentissage individuel et collectif. L'idéal étant de pouvoir renouveler ce type d'entretiens quelques semaines puis quelques mois après chaque atelier afin de suivre les évolutions de ces effets.

Après l'atelier multi-acteurs, des entretiens ouverts ont été conduits avec les participants pendant lesquels trois questions principales ont été abordées: (1) qu'est-ce que vous pensez des résultats de cette session ? (2) les solutions proposées peuvent-elles être réellement appliquées ou non ?

Finalement, après l'atelier pratique de réorganisation du tour d'eau entre les irrigants, une évaluation ex-post a été conduite avec deux membres du GDA qui ont participé dans ce processus ainsi qu'avec trois gestionnaires des périmètres irrigués du CRDA. Des entretiens avec des questions ouvertes ont été effectués pour évaluer : (1) les attentes des participants, (2) l'impact du processus sur les relations avec les autres acteurs et sur la confiance entre eux, (3) qu'est ce qu'ils ont appris ?

7.3. Résultats

7.3.1. Perception initiale des acteurs de la pénurie d'eau et leurs interactions

Les perceptions des acteurs ont été recueillies à travers des entretiens auprès des différents acteurs. Avant la mise en œuvre du processus participatif, chaque acteur a identifié les problèmes de pénurie selon son point de vue. Les agriculteurs se sont référés à ces problèmes comme une situation dans laquelle : (1) l'eau est indisponible au moment où ils ont vraiment besoin, (2) les interruptions de l'approvisionnement en eau sont fréquentes et imprévues, (3) la pression de l'eau est toujours faible et (4) les quantités d'eau sont insuffisantes et les intervalles entre les tours d'eau sont allongés. D'autre part, les gestionnaires au sein du GDA (équipe technique) et du CRDA ont défini la pénurie d'eau actuelle comme une situation où ils ne peuvent plus satisfaire la demande en eau des irrigants. La perception de chaque acteur des origines de la pénurie d'eau, sa stratégie pour faire face à ce problème et sa perception du rôle de chaque acteur dans cette situation sont présentées dans le tableau 7.1.

Tableau 7.1 : Perception des acteurs des origines de la pénurie d'eau

	La perception des origines de la pénurie d'eau	Perception du rôle des autres acteurs dans la situation de pénurie			Attitudes et pratiques pour faire face à la pénurie
		Agriculteurs	GDA	Administration	
Agriculteurs	L'eau allouée par le CMCB peut satisfaire uniquement les besoins en eau des périmètres de sauvegarde des agrumes, mais actuellement, ils doivent le partager avec d'autres usagers.			La viabilité des périmètres de sauvegarde des agrumes n'est plus une priorité pour l'Etat. Les agriculteurs sont abandonnés pour faire face aux conséquences de la pénurie d'eau.	Les agriculteurs ont développé des pratiques individuelles pour faire face à la pénurie d'eau.
	Seulement les périmètres irrigués en aval souffrent du manque d'eau. Les périmètres en amont irriguent à partir du réseau collectif pendant le tour du PPI de Zaouiet Jedidi.			L'administration ne distribue pas l'eau équitablement entre les périmètres irrigués.	Les règles de gestion de l'administration sont mises en question par les agriculteurs. La relation de ces deux acteurs est marquée par un manque de confiance.
	Chaque agriculteur cherche à maximiser son accès à l'eau, ce qui a amené à des pratiques qui ont aggravé le dysfonctionnement	Aucun agriculteur ne suit les règles ; chacun cherche à protéger ses profits individuels.			Chaque agriculteur cherche à avoir plus d'eau en essayant de maximiser son accès au réseau collectif d'irrigation.
	Le GDA est responsable de la distribution de l'eau entre les irrigants. Les règles ne sont pas appliquées et seul l'accès des petits agriculteurs au réseau collectif est contrôlé par l'association.		Le GDA ne peut pas garantir un service d'irrigation adéquat et les agriculteurs sont toujours mal informés des interruptions d'eau et de leurs origines. Le GDA défend seulement les intérêts des grands exploitants.		La légitimité de l'association est mise en question. Il y a toujours des conflits entre les irrigants et le GDA et un manque de confiance.
GDA	L'approvisionnement en eau est insuffisant et les règles de gestion, qui sont inadéquates et imposées par l'administration, ont aggravé la situation du périmètre.			A cause du désengagement du CRDA sous prétexte du transfert de gestion, le GDA est obligé de supporter seul les conséquences des décisions du CRDA.	Le discours du GDA mobilise les agriculteurs et les autres associations d'irrigation afin de demander l'augmentation de l'apport en eau par l'administration et changer ses règles de distribution.

	A cause de l'insuffisance de l'eau, les agriculteurs ont tendance à entraver et détourner les règles. La plupart de leurs pratiques individuelles augmentent les pertes d'eau.	Les agriculteurs ne peuvent pas s'organiser sans l'intervention du GDA.			Le GDA prend les décisions sans consulter les agriculteurs (ie. Il organise seul les calendriers d'irrigation). Il considère que les agriculteurs n'ont pas besoin d'être informés.
Administration	Le réseau collectif peut couvrir seulement 40% des besoins d'irrigation. Les agriculteurs ont surexploité la nappe ce qui a engendré une augmentation significative de la demande en eau.	Les agriculteurs doivent changer leurs pratiques d'irrigation (ie. adopter le goutte à goutte)			Il y a des programmes de subventions pour encourager les agriculteurs à utiliser des techniques d'économie d'eau.
	Le GDA de Zaouiet Jedidi n'arrive pas à appliquer des règles de gestion efficaces, contrairement aux périmètres irrigués en amont qui arrivent à bien gérer les besoins de leurs abonnés.		L'administration n'est plus responsable de la gestion interne du périmètre. Le GDA doit être capable de faire face aux différents problèmes de gestion, y inclus la pénurie d'eau.		La légitimité du GDA et l'efficacité de sa gestion est mise en cause par les gestionnaires de l'administration.

7.3.2. Evolution de la perception des acteurs

7.3.2.1. Effets de la planification stratégique et validation des actions : les propositions initiales des actions d'amélioration

Pendant l'atelier multi-acteurs, les participants ont identifié la pénurie d'eau pendant la saison estivale comme le problème principal dans leur périmètre. Ils ont développé trois plans d'actions pour faire face à cette pénurie. Les effets substantifs de cet atelier sont illustrés à travers la capacité des participants à développer les plans d'action suivants.

Le premier plan nécessite la coordination entre l'administration et les GDA des différents périmètres de sauvegarde alimentés par la station de pompage de Belly. Il s'agit d'identifier de nouvelles règles de distribution de l'eau entre ces systèmes irrigués. Le GDA s'est focalisé sur cette piste vu qu'il considère qu'il y a une inégalité de distribution de l'eau entre les périmètres en amont et ceux en aval (dont fait partie le PPI de Zaouiet Jedidi) et que la défaillance des règles de partage de l'eau, établies par le CRDA, a aggravé sa capacité à gérer cette pénurie. Le deuxième plan consiste en une modernisation des techniques d'irrigation à travers des projets collectifs de reconversion au goutte à goutte à l'échelle des bornes d'irrigation. Les acteurs principaux dans cette proposition sont les agriculteurs appuyés par le GDA. Néanmoins, cette proposition qui doit être supportée principalement par les agriculteurs a été mise en avant plutôt par les gestionnaires (le GDA et le CRDA). Le troisième plan consiste à améliorer la gestion interne du périmètre en adaptant les règles collectives à la situation actuelle de pénurie d'eau, ce qui nécessite la coordination entre le GDA et les agriculteurs. On a choisi dans ce travail d'analyser les résultats du troisième plan d'action.

7.3.2.2. Effets de la session du jeu organisée avec le GDA

Le premier atelier du jeu a été organisé uniquement avec l'équipe technique du GDA. Dans cette session, on a confronté la représentation des agriculteurs de la situation de pénurie actuelle à celle du l'équipe technique du GDA qui est arrivé à proposer des solutions qui peuvent être appliquées réellement sur le terrain et qu'on peut identifier comme des effets substantifs de la participation. Cependant la plupart de ces actions se trouvent dans la limite d'intervention de l'administration à part deux actions dont le GDA est responsable pour leur réalisation et qui s'inscrivent d'ailleurs dans le volet de vulgarisation. Les solutions que l'administration doit accomplir, du point de vue du GDA, consistent à : (i) augmenter l'offre en eau, (ii) assurer la maintenance du système d'allocation en eau en particulier la station de pompage et (iii) informer le GDA de tout dysfonctionnement ou interruptions du service en amont. Le GDA a considéré aussi que les scientifiques ont aussi un rôle dans la facilitation de l'émergence des actions d'amélioration en éveillant la conscience de l'administration de la défaillance de ses règles de gestion, par exemple en organisant des session de jeux avec les gestionnaires de l'administration. Le GDA a limité son rôle dans cette intervention d'amélioration à : (i) l'organisation de journées de vulgarisation sur l'usage du goutte à goutte et (ii) l'encouragement du mélange de l'eau de la nappe et l'eau du réseau collectif par les irrigants, en proposant de leur mesurer la salinité des eaux de leurs puits.

L'évaluation effets procéduraux et contextuels de la participation nécessitent de suivre l'évolution de la perception des différents acteurs lors des différentes étapes du processus participatif. Les observations pendant cet atelier, le débriefing à sa fin et les enquêtes effectuée 15 jours après, ont permis de tirer les résultats suivants :

A partir du débriefing et observations

L'objectif principal de la première session organisée avec le GDA est sa prise de conscience de la nécessité de modifier les règles actuelles jugées défaillantes et non adaptées au changement du contexte. Lors du débriefing, les membres de l'équipe technique du GDA ont validé l'utilité du jeu de rôles dans la création d'un environnement où les acteurs peuvent exprimer leurs perceptions et peser sur le processus de résolution des problèmes. Le GDA s'est approprié cet outil et a proposé de l'exploiter avec deux acteurs : les agriculteurs et les gestionnaires des PPI du CRDA. Aussi, il a attribué deux nouveaux objectifs au jeu de rôles. Tout d'abord, il a souligné l'importance d'organiser des sessions avec les agriculteurs afin que ces derniers arrivent à comprendre ses difficultés de gérer un système dans un contexte de pénurie d'eau, ce qui permettra d'atténuer les tensions et les conflits avec les agriculteurs et aussi de les mobiliser pour mettre la pression sur l'administration pour résoudre ce problème. Le directeur technique du GDA s'exprimait ainsi : « face aux coupures continues de l'eau, l'attitude des agriculteurs est devenue encore plus agressive surtout après la révolution. Ils nous menacent et nous jettent toute la responsabilité. On comprend bien, qu'en tant qu'abonnés, les agriculteurs payent l'eau pour recevoir un service adéquat et que le GDA, en tant que représentant de ces acteurs, est considéré comme le responsable, mais ces agriculteurs doivent comprendre que la défaillance n'est pas imputable au GDA et qu'il faut s'adresser plutôt au CRDA ». La deuxième utilité du jeu sur laquelle le GDA a insisté est de l'exploiter avec l'administration. Le GDA a mis l'accent sur l'importance de pouvoir exposer ses problèmes aux gestionnaires du CRDA et de leur témoigner l'impact négatif des décisions imposées par l'administration sur le fonctionnement du système et sur la capacité du GDA à gérer cette crise.

A partir des enquêtes de suivi-évaluation des effets du processus conduites après 15 jours du premier atelier avec le GDA

15 jours après la première session du jeu avec le GDA, on a conduit des entretiens semi-directifs avec deux membres de l'équipe technique qu'on considérait comme deux participants clés. Il s'agit du directeur technique et du vulgarisateur en matière d'irrigation. Les deux participants ont déclaré que leur participation dans le jeu de rôle leur a permis de mieux comprendre la manière avec laquelle l'administration organise le tour d'eau entre les différents périmètres et qu'ils sont déjà conscients des causes de la pénurie d'eau qu'on a exposées pendant le jeu de rôles, mais qu'ils n'ont pas le pouvoir de changer la situation. Le directeur technique a admis que l'administration n'est pas le seul responsable de la pénurie actuelle d'eau, mais elle est le seul acteur qui a le pouvoir de changer la situation. Ils ont déclaré aussi qu'ils sont arrivés à mieux comprendre les difficultés auxquelles les agriculteurs font face à cause du manque d'eau et ils espèrent, à travers le jeu, que les agriculteurs vont comprendre les difficultés de satisfaire leurs besoins et le rôle de l'administration dans le dysfonctionnement actuel du système. Ils ont insisté encore pendant ces entretiens sur la nécessité d'utiliser le jeu de rôles auprès de l'administration afin de planifier un processus de négociation sur l'augmentation de l'offre en eau et le changement des règles relatives à la distribution de l'eau entre les périmètres irrigués. Cependant, vis-à-vis de l'implication des agriculteurs dans l'identification et l'implémentation de nouvelles règles, ils ont exprimé certaines réticences. En effet, ils ont insisté sur le fait que l'augmentation de l'offre est une condition sine qua non pour que le GDA accepte d'appuyer de telles actions et pour que le GDA puisse maintenir un rôle important dans ce processus.

7.3.2.3. Effets des sessions du jeu organisées avec le GDA et les agriculteurs

Vu que les résultats des six ateliers étaient similaires, on a choisi de présenter l'exemple de la session du jeu organisée avec le GDA et les agriculteurs du quartier 15. Les solutions que les participants ont proposé d'appliquer réellement sont le résultat de discussions et de négociations entre les agriculteurs et l'équipe technique du GDA. Ces sessions ont poussé le GDA et les agriculteurs à élaborer eux-mêmes des propositions d'action et de discuter de leur faisabilité pour sélectionner à la fin les actions que les deux groupes d'acteurs considèrent légitimes et acceptables. Dans ces ateliers la responsabilité de l'administration dans l'amélioration de la gestion du périmètre n'a pas échappé aux participants. Ces derniers ont proposé de négocier avec le CRDA les possibilités de : (i) améliorer la qualité des eaux souterraines, (ii) maintenir une pression constante de l'eau dans les conduites d'irrigation pendant les interruptions du service d'irrigation et (iii) contrôler le tour d'eau entre les périmètres irrigués de sauvegarde. Contrairement aux propositions du premier atelier dans lequel le rôle du GDA s'est limité à la vulgarisation, ce dernier s'est tenu responsable d'améliorer la communication avec les agriculteurs et de mieux partager les informations entre ces deux acteurs à travers des réunions régulières. Il a aussi accepté d'informer les agriculteurs de la manière d'organiser des calendriers d'irrigation et de tout changement des règles de gestion. Les participants se sont focalisés aussi sur la nécessité de changer les règles actuelles qui organisent les tours d'eau au sein du périmètre à travers l'identification de nouvelles règles ou arrangements ou en rétablissant des règles existantes mais qui ne sont pas respectées. Cette proposition nécessite l'implication du GDA et des agriculteurs. Elle nécessite de désigner un représentant de chaque quartier hydraulique qui participera aux réunions avec le GDA et dans le reste du processus. D'autre part les observations, le débriefing et les enquêtes nous ont permis d'analyser les fondements de ces résultats.

Résultats des observations

Pendant le jeu, on a remarqué que lorsque les agriculteurs proposent une solution relative à la gestion interne du périmètre, l'équipe technique du GDA intervient pour les persuader que, ni le GDA ni les agriculteurs, n'ont la capacité de réaliser ces propositions sans l'augmentation de l'offre en eau depuis l'amont et sans changer la manière avec laquelle l'administration gère la distribution de l'eau entre les périmètres. Les grands agriculteurs ont partagé le même avis que le GDA en déclarant que le changement de règles existantes ne résout pas le problème et qu'il faut s'orienter vers des solutions visant à augmenter l'offre en eau. Le reste des agriculteurs ont divergé vers deux positions différentes. Certains ont déclaré que, même si la réorganisation des règles de gestion ne peut pas résoudre complètement le problème, une légère amélioration peut être significative pour les petits agriculteurs et que le GDA doit jouer seulement le rôle de contrôle de l'application de ces règles. D'autres ont commencé à douter de la faisabilité des solutions proposées ; l'un des agriculteurs s'est exprimé ainsi : « si les déclarations du GDA sont correctes et les actions qu'on a proposé ne peuvent pas être concrétisées, c'est que les agriculteurs n'ont aucun pouvoir, la résolution de ce problème nous dépasse et l'intervention de l'administration est nécessaire ». Pour influencer davantage les agriculteurs et mettre en évidence la nécessité de faire une pression sur l'administration, le directeur technique du GDA a déclaré : « *On sait très bien qu'on partage tous la responsabilité du dysfonctionnement actuel de notre système. Depuis longtemps, l'administration nous a averti de la dégradation de l'état de la nappe et nous avons averti et sommé les irrigants d'utiliser le réseau collectif qui a été peu sollicité, mais ils ont refusé et ils ont préféré exploiter l'eau de puits. Mais cela étant dit, ça doit rester entre nous et on ne peut pas l'admettre devant l'administration, au contraire on doit se mobiliser ensemble pour qu'elle augmente l'offre en eau* ». Lors de cette session, le GDA a insisté aussi sur la nécessité du respect des délais de la maintenance du réseau par le CRDA de manière à ce que la remise en eau soit assurée à partie du mois de mars au lieu du mois de juin. Ceci a suscité des discussions sur les façons de garantir l'engagement de l'administration comme préparation au discours à tenir devant l'administration.

A part ces interactions observées entre le GDA et les agriculteurs, on a remarqué qu'il y a eu aussi des interactions horizontales entre les agriculteurs. Parmi les solutions proposées par les agriculteurs, c'est l'exploitation de la nappe profonde par un pompage collectif qui sera géré par le GDA. Face à cette proposition, les grands agriculteurs ont insisté sur la nécessité d'oublier de telles propositions. Jusqu'à la fin de l'atelier, ils n'ont pas arrêté de convaincre les participants des impacts environnementaux de l'exploitation de la nappe profonde alors, qu'en réalité, ils sont les auteurs de l'exploitation intensive de la nappe. Ces grands agriculteurs ont mis l'accent sur les contraintes à satisfaire des besoins en eau de leurs grandes superficies, même s'ils sont privilégiés en termes d'exploitation du réseau collectif d'irrigation et d'accès à la nappe. Ils ont essayé de convaincre l'assistance que s'ils envisagent de changer les règles, leurs quotas ne devraient pas diminuer. Aussi, parmi les règles que les participants ont appelé à respecter c'est l'usage du goutte à goutte exclusivement la nuit afin de permettre aux usagers du gravitaire d'irriguer pendant la journée. Les grands agriculteurs ont expliqué qu'ils appuient cette proposition. Par contre, ils ont déclaré que cette règle ne doit pas être appliquée sur les grandes exploitations.

Dans le jeu, les joueurs ont mis la pression sur ceux qui n'exploitent pas leurs puits pour alléger la pression sur le réseau collectif. Cette négociation a été rapportée au-delà du monde virtuel ; les agriculteurs qui n'ont pas accès à la nappe ont essayé de convaincre les autres de la nécessité d'exploiter les puits, même si la qualité de l'eau est médiocre. Des solutions telles que le mélange des eaux ont été proposées. Ils ont aussi impliqué le GDA dans cette négociation pour intervenir à

travers la vulgarisation des agriculteurs. Cette proposition a été appuyée par le GDA qui s'est engagé à assurer le suivi de la salinité des puits des agriculteurs et les initier aux techniques du mélange des eaux.

On rappelle aussi (chapitre précédent) que les agriculteurs, qui se sont retrouvés trop loin de leurs objectifs de satisfaction des besoins en eau, sont les premiers qui ont contesté la manière de gérer le périmètre et ont appelé à la coordination avec les autres. Ceci a amené à négocier avec le GDA le changement des règles, en particulier pour interdire l'accès libre à l'eau d'une majorité des agriculteurs et pour réorganiser le tour d'eau de façon équitable.

Résultat de débriefing

Les agriculteurs qui ont participé dans le jeu ont déclaré durant le débriefing que les scénarios du jeu représentent réellement les problèmes auxquels ils font face pendant la saison estivale et qu'ils ont gagné des connaissances sur les origines de la pénurie d'eau, ce qui leur a permis d'identifier des solutions qui peuvent être réellement appliquées. Ils ont suggéré de tester le jeu avec le reste des agriculteurs du périmètre afin de leur montrer l'effet de leur comportement sur l'aggravation de la situation actuelle et de les inciter à se coordonner et de s'impliquer plus dans l'identification collective des règles qui peuvent permettre de mieux gérer la distribution de l'eau entre eux. La plupart des participants ont confirmé que s'ils arrivent à se mettre d'accord sur la manière dont ils vont partager l'eau et sur les règles qui assurent une distribution équitable, ils vont respecter ces décisions collectives. L'un des agriculteurs participant s'exprimait ainsi : *« on comprend qu'avec les ressources actuelles, on ne peut pas satisfaire le besoin en eau de tout le monde, mais au moins on peut partager cette pénurie équitablement »*. Cependant, les deux grands agriculteurs qui ont participé dans le jeu ont déclaré que : *« théoriquement, le jeu de rôles a montré que la coordination nous permettra de mieux satisfaire nos besoins en eau, mais, pratiquement ce n'est pas possible. Dès qu'on va se retrouver en période de pointe estivale, avec le manque important d'eau d'irrigation, tout le monde va oublier les règles et chercher son propre intérêt »*. Cette déclaration a été appuyée par les membres de l'équipe technique du GDA : *« le seul moyen pour que les agriculteurs respectent les règles est de construire un système qui permet d'appliquer des sanctions. Or, on n'a ni les moyens techniques de suivi et de contrôle, ni le pouvoir d'appliquer réellement des sanctions. Face à des agriculteurs qui n'ont pas eu accès à l'eau pendant des semaines, la violence remplaçait le dialogue et la légitimité du GDA est mise en question »*.

Dans le jeu, nous avons inversé volontairement des rôles tels que les grands agriculteurs ont joué le rôle des petits agriculteurs et vice versa. Par la suite, nous avons posé les questions « comment vous avez vécu les problèmes du rôle que vous avez joué ? et quelles sont vos stratégies pour les dépasser ? L'un des grands agriculteurs répondait ainsi : *« avant le jeu, je pensais toujours que les petits exploitants peuvent facilement satisfaire leurs besoins en eau ; je ne les considérai pas comme des vrais agriculteurs avec des problèmes réels. Le jeu m'a permis de réfléchir à leurs contraintes, sans accès à l'eau de la nappe et avec de telles quantités d'eau reçues, c'est très difficile pour eux de survivre »*. L'un des petits agriculteurs a déclaré que : *« dès le début du jeu et face aux besoins élevés de cette exploitation, j'ai choisi de mobiliser tous les moyens pour avoir plus d'eau et j'ai exploité au maximum les eaux du forage et du réseau collectif, mais je suis resté encore loin de l'atteinte de mon objectif. J'ai réfléchi tout le temps aux coûts supplémentaires de pompage de l'eau »*.

Résultats des enquêtes de suivi-évaluation des effets du processus conduites après 15 jours de l'atelier GDA-agriculteurs

On a conduit des entretiens semi-directifs avec quatre agriculteurs et deux membres du GDA après 15 jours de leur participation dans la session du jeu afin d'évaluer à froid s'il y a eu un changement de leur perception. A la question « *qu'est-ce que vous avez appris ?* », à part un seul agriculteur, les trois autres ont répondu qu'ils n'étaient pas informés des causes réelles des interruptions régulières de l'eau d'irrigation et que le jeu de rôle leur a permis de comprendre les origines du dysfonctionnement actuel et de la responsabilité de chaque acteur dans l'aggravation de la situation. Ils ont déclaré aussi que leur participation dans cet atelier leur a permis de comprendre qu'au lieu de prendre des décisions individuelles, tous les irrigants doivent se coordonner pour planifier une meilleure gestion de leurs tours d'eau. L'un des agriculteurs s'est exprimé ainsi : « *j'ai pensé que j'ai planifié différemment mes irrigations et que ça me permettra d'éviter d'irriguer en même temps que les autres mais la pression de l'eau était toujours faible et j'ai pensé alors que l'eau est toujours coupée. Cet atelier m'a permis de comprendre que tous les agriculteurs suivent la même logique. Dans le jeu, chaque fois que j'ai changé de stratégies suivant les informations qu'on a eues, tous les autres joueurs ont fait pareil et il n'y a eu aucune amélioration. C'est à ce moment-là que j'ai compris, que si on ne planifie pas ensemble notre calendrier d'irrigation et si on ne décide pas des règles qui organisent nos tours, on ne peut pas garder nos agrumes* ». Par contre, le grand agriculteur a annoncé qu'il est conscient des origines réelles de la pénurie et qu'il suit très bien comment le GDA et l'administration gèrent la situation en public mais aussi dans les coulisses et qu'il a assisté à cet atelier seulement pour comprendre l'objectif réel de ce processus. Cependant, il a déclaré que la participation dans ce processus peut être utile si elle permet vraiment aux agriculteurs de se réunir avec l'administration et d'exprimer librement leurs problèmes et que malgré sa participation active dans la plupart des réunions, le même discours de l'administration se répétait et les agriculteurs ne peuvent pas s'exprimer.

A la question « *est-ce que votre perception de la situation a changé ?* », Ils ont déclaré qu'ils sont conscients que ceci ne va pas résoudre le problème de pénurie mais au moins les effets de cette pénurie seraient partagés entre eux de la même façon et que le GDA doit contrôler seulement l'application de ces règles au lieu de les imposer. Deux agriculteurs ont déclaré, qu'après le jeu, ils comprennent mieux les difficultés du GDA pour gérer le périmètre dans cette situation de pénurie. Deux autres agriculteurs ont dénoncé les inégalités de distribution de l'eau entre les agriculteurs et ont affirmé que le GDA doit jouer seulement le rôle de contrôle du respect des règles que les agriculteurs doivent élaborer. Ces règles non imposées et identifiées par eux-mêmes vont assurer l'équité entre les irrigants.

Les deux membres de l'équipe technique du GDA ont révélé que les sessions du jeu organisées avec les agriculteurs n'ont aucune utilité et que le jeu de rôle doit être appliqué avec l'administration. Ils ont déclaré que les agriculteurs ne peuvent pas réellement se coordonner, surtout dans les quartiers les plus chargés, sachant que, dans le contexte actuel de post-révolution, le GDA n'a ni le pouvoir (en termes de légitimité) ni les moyens financiers pour les contrôler. Ils ont considéré aussi que le quartier choisi n'est pas représentatif et que le fait que les participants ont réussi à se coordonner dans le jeu ne signifie pas qu'ils peuvent le faire dans la réalité. Ils ont aussi affirmé que les agriculteurs doivent comprendre que la seule solution au problème actuel de pénurie d'eau est que l'administration augmente l'offre en eau et change ses règles de gestion.

7.3.2.4. Effets de la session du jeu organisée avec l'administration et le GDA

Alors qu'initialement le processus mettait l'accent sur les interactions entre les agriculteurs et le GDA, la volonté exprimée par ces deux acteurs d'intégrer l'administration dans le dialogue nous a mené à considérer la participation de l'administration au-delà de l'objectif d'appui des acteurs locaux et de viser à éveiller sa conscience de l'impact de certaines règles sur la capacité du GDA pour faire face à la pénurie actuelle d'eau. D'ailleurs, plusieurs propositions lors des ateliers précédents, formulées par le GDA et les agriculteurs, nécessitent l'intervention de l'administration. Cependant, dans la même dynamique de repousser aussi loin que possible la responsabilité du dysfonctionnement actuel du système dans 'le camp adverse', le CRDA signifie que la plupart des solutions proposées dans cet atelier sont de la prérogative du GDA et des agriculteurs. Les gestionnaires du CRDA ont suggéré que le GDA doit : (i) veiller au respect des règles de gestion à travers l'application de sanctions et (ii) il doit réorganiser les calendriers d'irrigation lorsqu'il y a un dysfonctionnement amenant à une coupure d'eau. Il doit aussi, en collaboration avec les agriculteurs, organiser les calendriers d'irrigation selon la superficie réelle de l'exploitation. Pour ce, les contrats d'abonnement au GDA doivent être réactualisés et les superficies déclarées doivent être vérifiées. En attribuant aussi la cause principale des pertes d'eau qui aggravent la situation de pénurie d'eau aux pratiques d'irrigation des agriculteurs, les gestionnaires du CRDA ont insisté sur la nécessité d'usage des techniques économes en eau par les agriculteurs qui doivent aussi se procurer de moyens de stockage de l'eau tel que les bassins afin d'alléger l'impact des coupures d'eau. Concernant leur rôle dans ce processus de résolution des problèmes, les participants du CRDA ont limité leur intervention à l'appui au GDA dans sa demande de changement des règles auprès de l'administration centrale.

Dans cet atelier notre objectif principal est de suivre comment les gestionnaires de l'eau du CRDA réagissent par rapport aux difficultés de l'irrigant et les contraintes du GDA pour les gérer. Alors que les gestionnaires clés de l'administration étaient tous présents dans cet atelier, le GDA n'a envoyé qu'un seul représentant. Le directeur technique, qui est parmi les membres du GDA qui ont le plus insisté sur la nécessité d'inclure l'administration dans le processus et a montré pendant les sessions précédentes son enthousiasme pour négocier avec elle ses règles de gestion et ses décisions imposées, s'est absenté. Durant le débriefing de cette session, les participants ont affirmé que la situation représentée dans le jeu est conforme à la réalité et que la participation des agriculteurs et du GDA dans ces sessions permettra d'améliorer leur compréhension du problème. L'un des responsables de la gestion des périmètres irrigués (GDA ou CRDA ?) s'est exprimé ainsi : *« c'est difficile d'arriver à réunir les agriculteurs et les gestionnaires sur la même table, de discuter et de négocier des solutions logiques et faisables. D'habitude ces réunions se transforment en débats sur les responsabilités et ça n'amène à rien au final »*. Un autre participant a déclaré : *« la participation des agriculteurs dans le jeu leur permettra de comprendre l'impact de leurs actions sur l'aggravation de la situation. On sait très bien que les quantités d'eau allouées face à la demande actuelle ne sont plus suffisantes, mais l'adoption de techniques économes en eau et d'autres solutions de stockage de l'eau peuvent alléger les impacts de la pénurie »*.

Les participants de l'administration ont déclaré qu'ils sont déjà conscients des origines et des impacts du problème de pénurie d'eau dans le système. La majorité ont montré leur empathie envers le GDA et ont exprimé que le jeu leur a permis de mieux comprendre les difficultés et les défis auxquels le GDA fait face, ainsi que l'impact de certaines décisions qui organisent la distribution de l'eau entre les différents périmètres. Cependant, ils ont expliqué que l'augmentation de l'offre en eau n'est pas possible vu la priorité donnée à l'eau potable, mais que l'Etat s'est mobilisé pour la résolution de ce

problème à travers des projets qui renforcent de canal de Medjerda Cap Bon et des ouvrages de stockage d'eau dédiés à l'eau potable ce qui permettra de diminuer la pression sur le canal. Cependant, la réalisation de ces projets prendra du temps et les agriculteurs et le GDA doivent coopérer pour trouver des solutions à court terme. Concernant le changement de règles de gestion, ils ont aussi expliqué que le tour d'eau entre les périmètres est bien organisé et, qu'avant la prise de cette décision, le GDA a été consulté et il l'a approuvé. Pour d'autres décisions revendiquées par le GDA tel que le changement des heures de pointe de consommation d'énergie électrique, il s'agit de décisions nationales appliquées dans tous les périmètres irrigués de la Tunisie et que le GDA ne peut pas changer. Par contre, le CRDA peut relayer la requête du GDA auprès des décideurs.

Pendant cet atelier, le représentant du GDA s'est exprimé sur le sujet de la maintenance du système qui a causé plusieurs fois un démarrage retardé de la campagne d'irrigation ainsi que des coupures d'eau pendant les mois de pointe. Même si on a expliqué dans les sessions du jeu qu'on a vérifié qu'il n'existe pas une inégalité dans la distribution de l'eau entre les périmètres, ce représentant a insisté encore sur la nécessité d'augmenter le quota d'eau alloué au périmètre de Zaouiet Jedidi et que la raison principale de la coupure régulière d'eau c'est le fait que l'administration favorise les périmètres en amont. Face à ces déclarations, les gestionnaires du CRDA ont admis que la maintenance du système doit être améliorée en particulier au niveau de la station de pompage. D'ailleurs, ils ont expliqué que c'est la seule action d'amélioration qu'ils ont le pouvoir de concrétiser. Cependant, ils ont démenti toute sorte d'iniquité entre les périmètres.

7.3.2.5. Effets de l'atelier multi-acteurs

Dans cet atelier toute l'équipe technique du GDA, les représentants de chacun des 6 quartiers qui ont participé dès le début dans ce processus et les gestionnaires des périmètres irrigués de l'administration étaient présents. Les solutions qui résultaient de chaque session du jeu de rôles ont été présentées par un membre de l'équipe technique du GDA. Les participants ont été invités par la suite à classer ces propositions selon leur priorité et acceptation discrètement. La nécessité de garantir le respect des règles de gestion des tours d'eau entre les agriculteurs est l'action sur laquelle la plupart des participants se sont mis d'accord, suivie par la réorganisation des règles de distribution de l'eau entre les agriculteurs et par la formation à l'adoption des techniques économes en eau.

La pertinence et la faisabilité aussi de ces actions proposées ont été classées par les participants et illustrées dans la figure 7.3. Bien que la plupart des participants aient sélectionné l'action relative au respect des calendriers d'irrigation par les agriculteurs comme l'action la plus efficace et la plus acceptée, elle a été classée comme une action presque non faisable. Par contre, réorganiser le tour d'eau entre les irrigants, assurer l'implication des agriculteurs à travers l'information et la vulgarisation étaient identifiés comme les actions les plus faisables et les plus pertinentes.

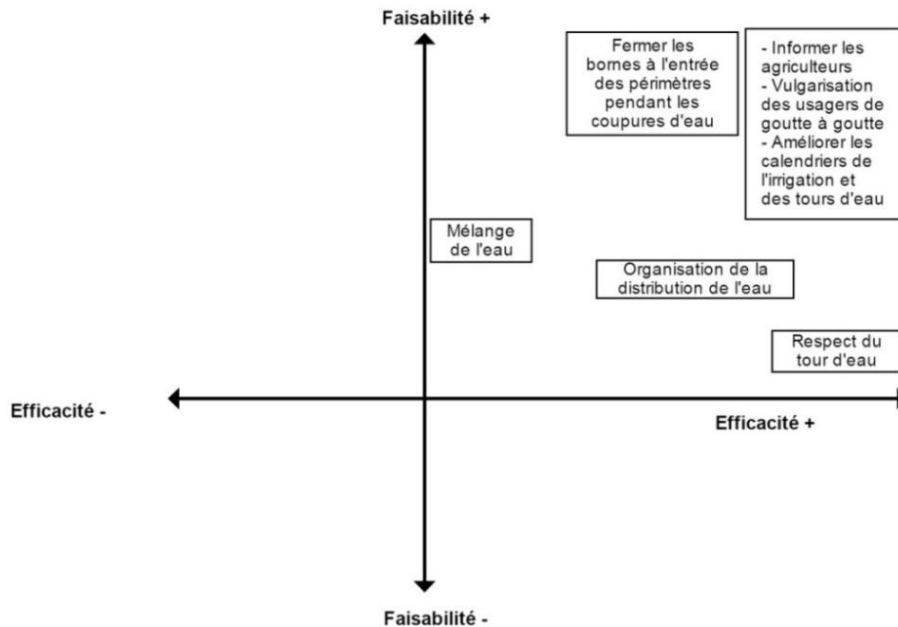


Figure 7.3 : Classification de la faisabilité et de la pertinence des solutions choisies par les participants

L'atelier a été clôturé par le choix d'un quartier dans lequel la réorganisation des tours d'eau entre les irrigants va être testée. Il s'agit du quartier 15 dont les représentants ont exprimé leur volonté de participer et de s'impliquer dans l'organisation du calendrier d'irrigation en collaboration avec l'équipe technique du GDA. Par ailleurs, Les agriculteurs du quartier 15, qui étaient impliqués dès le début dans ce processus, se sont chargés d'inviter le reste des exploitants de ce secteur et de leur clarifier l'objectif de ce processus et ses résultats accomplis à ce stade.

Résultats des observations et débriefing

Lors de cette réunion, les solutions proposées dans les différents ateliers du jeu ont été restituées et triées. Les acteurs ont exprimé par la suite leur avis à propos des solutions retenues ainsi que leur volonté à s'impliquer ou non dans leur concrétisation. Les gestionnaires de l'administration ont mis l'accent sur leur incapacité d'assurer une augmentation de l'offre en eau et que toutes les solutions techniques relatives à ce problème sont encore en phase d'étude. L'un de ces gestionnaires s'est adressé aux représentants des agriculteurs en s'exprimant ainsi : « d'autres périmètres en amont qui ont les mêmes conditions que vous ne souffrent pas de la pénurie. Si vous changez vos pratiques et vous optez pour des techniques plus économes en eau, la situation va changer ». Contrairement à la dernière session du jeu organisée avec l'administration et le GDA, les gestionnaires de l'administration ont démenti l'existence de problèmes de maintenance au niveau de la station de pompage ou les ouvrages qu'ils gèrent. Ils ont assuré aux agriculteurs qu'ils sont prêts pour le démarrage de la nouvelle campagne d'irrigation dès le mois d'avril. Ils ont expliqué aussi que pendant le tour d'eau de Zaouiet Jedidi, l'administration interdit l'accès des autres périmètres à l'eau. Ces déclarations ont été appuyées par le GDA. Contrairement à son discours dans les ateliers précédents surtout concernant le manque d'entretien de la part de l'administration, le directeur technique a déclaré : « On a confiance dans les paroles de l'administration, si ses représentants ont déclaré qu'il n'y aura aucun problème de maintenance et que l'accès à l'eau des différents périmètres est bien contrôlé, c'est que c'est vrai ». Les représentants des agriculteurs présents dans l'atelier ont proposé de commencer la révision des règles de gestion existantes et d'expérimenter la réorganisation des tours d'eau dans des quartiers pilotes. Face à la volonté d'amélioration, exprimée par les agriculteurs, le GDA a accepté de s'impliquer dans la suite de ce processus et de réorganiser

les règles et les calendriers d'irrigation de la prochaine campagne d'irrigation avec les parties prenantes. Il a affirmé que si cette expérience sera réussie au niveau des quartiers pilotes, il envisagera de l'appliquer dans le reste du périmètre. Le directeur technique a déclaré : « *on n'est pas vraiment convaincus de l'utilité de la révision des règles de gestion internes, mais on n'a pas le choix et on va accepter les propositions des irrigants et faire des compromis pour réussir cette expérience* ».

Résultats des enquêtes de suivi-évaluation des effets du processus conduites après une semaine de l'atelier multi acteur

Une semaine après cet atelier, un entretien ouvert a été conduit avec le directeur technique du GDA afin de comprendre les raisons du changement de son discours lors de l'atelier multi acteur et si le GDA compte réellement s'engager dans la réorganisation de la gestion interne de l'irrigation avec les agriculteurs. Le directeur technique a fortement contesté l'utilité de la participation des agriculteurs et de l'administration dans le jeu de rôles. Il a jugé que les solutions proposées par ces deux groupes d'acteurs ne peuvent pas être concrétisées puisque d'une part les agriculteurs ne peuvent jamais se mettre d'accord sans le contrôle du GDA, et d'autre part l'administration n'a jamais tenu ses promesses et n'arrête pas de déléguer toute la responsabilité au GDA. Il a ajouté que ces solutions signifient plus de travail pour le GDA qui est déjà dépassé par ses lourdes responsabilités et qui souffre non seulement du manque de moyens techniques mais aussi du personnel. Il s'est exprimé ainsi : « *on sait tous que l'état actuel du réseau et de la station de pompage ne permettra pas un démarrage de l'irrigation avant le mois de juin et que sans l'augmentation de l'offre en eau, il n'y aura aucune amélioration de la situation, mais on n'est que des simples fonctionnaires, comment on peut démentir les déclarations de l'administration ?* ». Cependant, il a révélé que le GDA en tant que représentant des agriculteurs doit prendre en compte leur volonté de changer la situation et que l'équipe technique du GDA va supporter les agriculteurs dans leurs décisions de réviser les règles de gestion interne du périmètre et de s'impliquer dans l'organisation des tours d'eau à l'intérieur des quartiers.

7.3.2.6. Effets des ateliers de réorganisation du tour d'eau entre les agriculteurs

Cette phase plus opérationnelle a été accomplie à travers deux ateliers dans lesquels les agriculteurs et l'équipe technique du GDA ont participé. Il s'agit d'une phase d'accompagnement plus technique sur la manière de réorganiser les règles de gestion intra-périmètre. Le premier atelier visait à accomplir deux objectifs. Le premier objectif est d'identifier avec les agriculteurs leurs besoins en eau réels en tenant compte de leurs accès à l'eau souterraine et de les comparer avec la capacité actuelle du réseau collectif d'irrigation. Cet objectif s'inscrit dans le cadre du processus de prise de conscience par les participants de l'incapacité du système actuel de satisfaire leurs besoins en eau. Le deuxième objectif est de se mettre d'accord sur les règles de gestion que les participants doivent appliquer ou plutôt que les agriculteurs doivent respecter sous l'arbitrage du GDA.

Effectivement, les agriculteurs du quartier 15 ont invité le reste des exploitants de ce secteur ou leurs représentants. Les grands exploitants étaient présents y inclus ceux qui ont recours uniquement à l'eau de la nappe même si ce processus s'intéressait en particulier aux irrigants à partir du réseau collectif. L'équipe technique du GDA a été aussi présente. Au début de l'atelier on a le schéma du quartier 15 (figure 7.4) et chaque agriculteur a identifié sa borne d'irrigation.

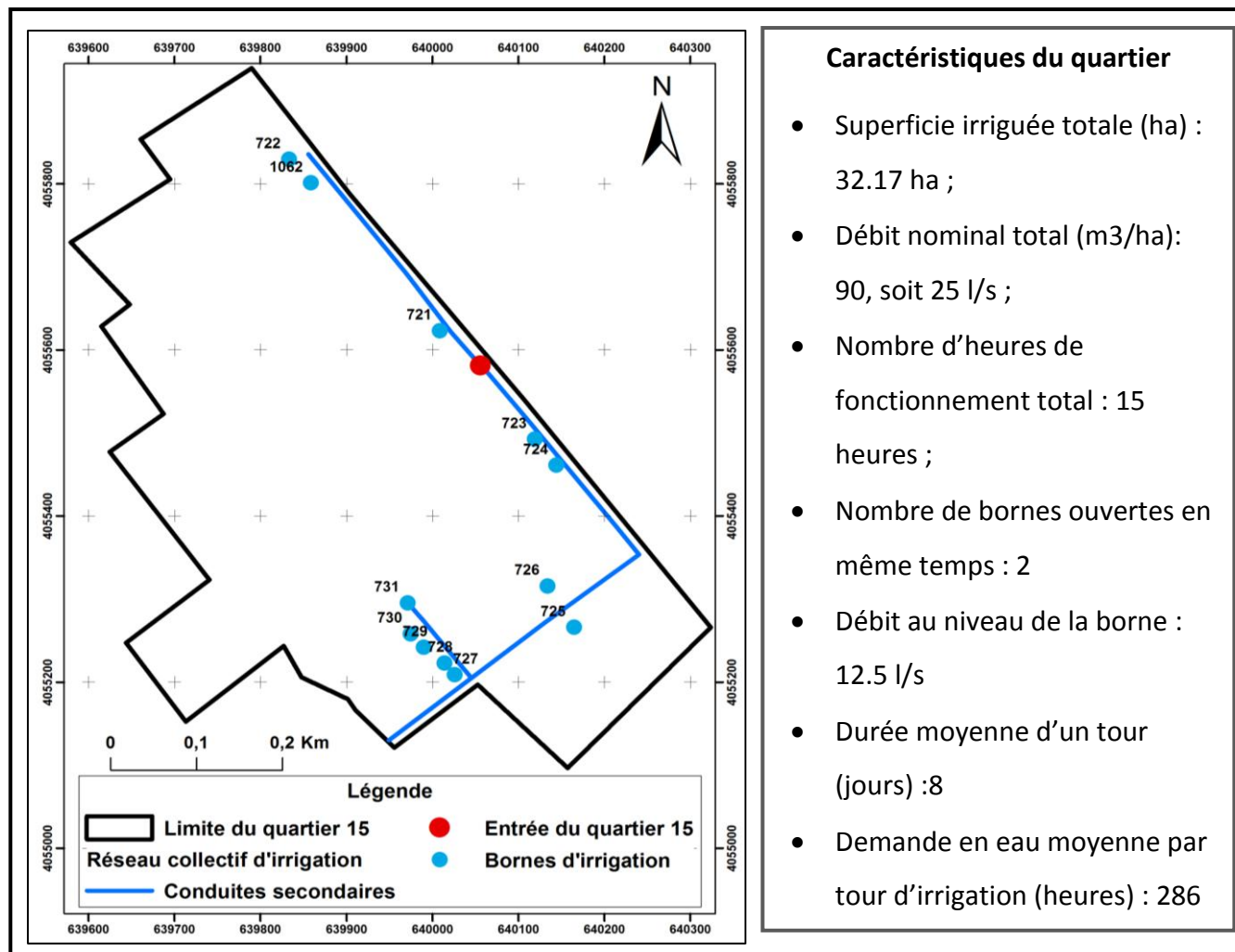


Figure 7.4: Présentation des caractéristiques du quartier hydraulique 15

Au cours de cette session, chaque agriculteur a déclaré sa superficie actuelle. Le tableau 7.2 illustre la différence entre les superficies déclarées auparavant au GDA, et les superficies déclarées pendant l'atelier, ainsi que les caractéristiques des différentes exploitations en termes d'accès à la nappe, technique d'irrigation et type d'offre à partir du réseau collectif.

Tableau 7.2 : Caractéristiques des exploitations agricoles du quartier 15

N° borne	Superficie collectée auprès du GDA	Superficie en 2015 (ha)	Accès à la nappe (nombre de puits exploités)	Technique d'irrigation	Type d'offre à partir du réseau
724	0,25	0,17	aucun accès	gravitaire	tour d'eau
727A	0,3	0,1	aucun accès	gravitaire	tour d'eau
728	0,3	0,3	aucun accès	gravitaire	tour d'eau
730 A	0,5	1,5	aucun accès	gravitaire	tour d'eau
1062	1,5	1,5	aucun accès	goutte à goutte	tour d'eau
723*	3	3	accès (1 puits profond)	gravitaire	à la demande
726*	3,85	3,85	accès (1 puits profond)	goutte à goutte	à la demande
722	3,25	4	accès (1 puits profond)	goutte à goutte	à la demande
725	1	0,75	accès (1 puits de surface)	goutte à goutte	à la demande
X	-	0,5	aucun accès	goutte à goutte	A la demande
721 et 731	16,5	16,5	accès (1 puits profond et 2 puits de surface)	goutte à goutte	à la demande

*Irrigation exclusivement à partir des puits profonds ; X : en cours d'attribution par le GDA

Le tableau ci-dessus montre que les superficies déclarées par les agriculteurs pendant l'atelier peuvent être : (i) supérieures aux superficies déclarées au GDA ; (ii) inférieures aux superficies déclarées ; (iii) les mêmes superficies. Il met aussi en évidence les différences de capacités des agriculteurs en termes d'accès à la nappe et de type d'offre à partir du réseau collectif d'irrigation. Les différences de techniques d'irrigation adoptées par les agriculteurs, qui sont constituées le critère principal qui identifie le type d'offre en eau de surface, aggravent le déséquilibre du quartier.

Les besoins en eau théoriques de chaque agriculteur ont été estimés et les besoins totaux ont été comparés à la capacité actuelle du réseau. Il s'avère que seulement 42 % des besoins de ce quartier peuvent être satisfaits à partir du réseau. On a repris l'estimation de la demande de chaque agriculteur en prenant en compte leur accès à la nappe et leurs techniques d'irrigation : chaque agriculteur a exprimé son besoin à partir du réseau et sa fréquence d'irrigation désirée (tableau 7.3). Cette demande en eau qu'on a appelé 'demande initiale' a été comparée aux besoins en eau théoriques. Les animateurs sont intervenus à ce niveau pour mettre l'accent sur les exploitations qui ont des demandes qui dépassent largement leurs besoins en eau.

Dans cet atelier, les agriculteurs se sont mis d'accord pour que ceux qui ont accès à une bonne qualité d'eau de nappe (principalement ceux qui exploitent des puits profonds) aient le droit seulement à une irrigation complémentaire à partir du réseau. On cite l'exemple de l'exploitant de la borne 722 ou des deux bornes 721 et 723 (qui appartiennent au même agriculteur) dont la demande en eau ne permet de satisfaire que 51 % et 41 % des besoins de leurs exploitations. Inversement, on remarque aussi que les exploitants des bornes 724, 727A et 728 ont demandé initialement des volumes d'eau qui dépassent largement les besoins en eau de leurs exploitations. Ces agriculteurs ont déclaré pendant l'atelier des superficies inférieures à celles qu'on a collecté auprès du GDA. Cependant leur demande en eau ne correspond pas à ces superficies actualisées. Après la discussion collective avec les animateurs de l'atelier et le reste des agriculteurs participants, ces agriculteurs ont accepté de diminuer leur demande.

Tableau 7.3 : Besoins en eau, capacité de l'offre en eau du réseau et demande en eau de chaque agriculteur du quartier 15

N° borne	Superficie en 2015 (ha)	Besoins en eau		Capacité d'offre en eau du réseau			Demande en eau				
		Besoins (h/t)	Besoins (m ³ /t)	Capacité (h/t)	Capacité (m ³ /t)	Taux de satisfaction des besoins (%)	Demande initiale (h/t)	Demande finale (h/t)	Fréquence (nombre d'irrigation par tour)	Taux de satisfaction initial des besoins (%)	Taux de satisfaction final des besoins (%)
Total	32,17	286	12868	120,0	5400	42 %	119,5	117		42 %	41 %
724	0,17	1,5	68	0,6	29	42 %	3	2	8	199 %	132 %
727A	0,1	0,9	40	0,4	17	42 %	2	1,5	8	225 %	169 %
728	0,3	2,7	120	1,1	50	42 %	4	3	8	150 %	113 %
730 A	1,5	13	600	5,6	252	42 %	7	7	4	53 %	53 %
1062	1,5	13	600	5,6	252	42 %	14	14	4	105 %	105 %
723*	3	267	1200	11,2	504	42 %	0	0		0 %	0%
726*	3,85	34	1540	14,4	646	42 %	0	0		0 %	0 %
722	4	36	1600	14,9	671	42 %	18	18	4	51 %	51 %
725	0,75	6,7	300	2,8	126	42 %	7	7	4	105 %	105 %
X	0,5	4,4	200	1,9	84	42 %	4,5	4,5	8	101 %	101 %
721 et 731	16,5	147	6600	61,5	2770	42 %	60	60	continu	41 %	41 %

*Irrigation exclusivement à partir des puits profonds ; X : en cours d'attribution par le GDA ; (h/t) : heures d'irrigation par tour d'eau ; (m³/t) : volume d'eau par tour d'eau.

Les décisions principales prises par les participants consistent à :

- (i) Organiser les calendriers d'irrigation selon les besoins en eau de chaque agriculteur plutôt que l'application de la règle prescrite par le GDA "premier arrivé premier servi" ;
- (ii) Réviser les modalités d'accès aux bornes d'irrigation: seulement deux agriculteurs peuvent irriguer en même temps dans le même quartier et un seul agriculteur peut irriguer en période de pointe de la consommation électrique;
- (iii) Les agriculteurs doivent signer un engagement pour s'assurer qu'ils vont tous respecter les règles collectives. En cas du non-respect de ces règles, des sanctions doivent être appliquées par le GDA. Le GDA doit assurer son rôle de contrôle de l'application de ces règles.

A la fin de la discussion, les participants ont été invités à participer à un deuxième atelier pour préparer le calendrier d'irrigation. Ils doivent se coordonner entre eux et, avec l'appui du GDA, pour inscrire le temps et la fréquence d'irrigation qu'ils ont sélectionnée lors du premier atelier. Le GDA a désigné un membre de l'équipe technique pour organiser ces heures d'irrigation dans le prochain atelier. Ce deuxième atelier s'est tenu une semaine après avec les mêmes participants, excepté les grands agriculteurs qui se sont absentés. Chaque agriculteur a choisi les jours pendant lesquels il veut irriguer ainsi que le nombre d'heures d'irrigation (figure 7.5). Les participants se sont mis d'accord aussi pour fixer le nombre des heures d'irrigation et des jours pour les agriculteurs absents. Cependant, au moment où les participants doivent concrètement se partager les heures d'irrigation, ils ne sont pas arrivés à un consensus et ont décidé que c'est le GDA qui doit prendre la responsabilité d'organiser le calendrier d'irrigation suivant les règles définies précédemment par les participants. Aussi, avant de passer à l'application du nouveau calendrier, les agriculteurs doivent se réunir avec le GDA pour le valider. Les participants ont aussi insisté sur le fait que les accords qui résultent de ces réunions devront être établis par écrit, et que chacun doit signer un accord d'engagement. En cas de non-respect de cet engagement, des sanctions doivent être appliquées.

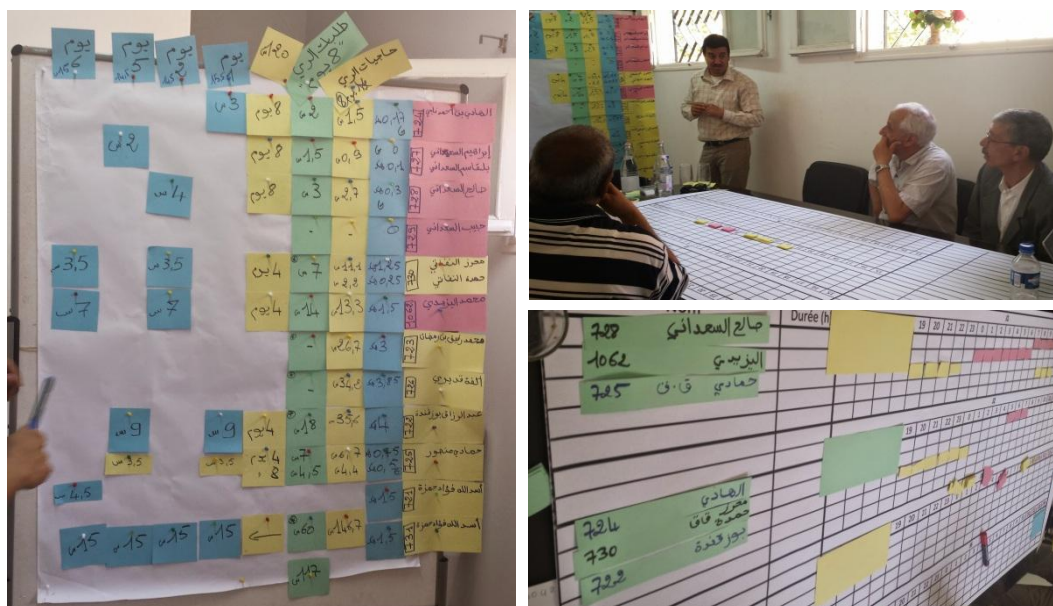


Figure 7.5: Réorganisation des tours d'eau entre les irrigants

Le tableau 7.4 représente les résultats du deuxième atelier, qui consistent principalement dans la détermination du calendrier d'arrosage, objet du consensus des participants.

Tableau 7.4 : Demande en eau de chaque agriculteur et coordination des heures d'irrigation par journée dans le quartier 15

N° borne	Superficie actualisée (ha)	Demande en eau			Tour d'eau (heures)			
		Demande finale (h/t)	Fréquence (nombre d'irrigation/t)	Demande finale (m ³ /t)	J1	J2	J5	J6
	32,17	117		5267	29,5	30,5	30	29,5
724	0,17	2	8	90		3		
727A	0,1	1,5	8	68				2
728	0,3	3	8	135	4			
730 A	1,5	7	4	315		3,5		3,5
1062	1,5	14	4	630	7		7	
723*	3	0		0				
726*	3,85	0		0				
722	4	18	4	810		9		9
725	0,75	7	4	315	3,5		3,5	
X	0,5	4,5	8	203			4,5	
721 et 731	16,5	60	continu	2700	15	15	15	15

*Irrigation exclusivement à partir des puits profonds

Afin de tenir compte du tour d'eau entre les périmètres irrigués de sauvegarde sud, le calendrier est établi seulement sur quatre jours d'irrigation. Faute de temps nécessaire pour assurer le suivi de cette intervention, on n'a pas été à même d'évaluer les résultats de l'application des nouvelles règles et du calendrier établi.

Résultats des observations

Lors du premier atelier, le discours qui a dominé au sein des participants, qui se sont montrés plus soudés, a été marqué par une volonté de renégociation des règles collectives de gestion, de la nécessité de s'impliquer dans la gestion de leur système et de restreindre le pouvoir du GDA au contrôle de l'application des règles sur lesquelles ils se sont mis d'accord au lieu de leur imposer sa manière de gérer. Pendant cette réunion, une confiance a été instaurée entre les agriculteurs qui ont manifesté leur disposition à faire des compromis et d'assurer l'équité de distribution de l'eau entre eux. Le GDA a montré sa volonté de coopération en mettant à notre disposition les données relatives à la gestion du tour d'eau de ce quartier et en attribuant la tâche d'organiser le calendrier d'irrigation avec les agriculteurs à un des membres de l'équipe technique.

Contrairement au premier atelier où tous les agriculteurs qui exploitent le réseau collectif étaient présents, tous les grands agriculteurs étaient absents dans la deuxième réunion. Au début, les participants ont décidé de continuer la planification des heures d'irrigation en déclarant que les absents doivent accepter les résultats de cette réunion. Cependant, un environnement chargé de tensions et du manque de confiance de leur capacité d'arriver à un accord se sont établis entre les participants. Ils ont considéré que les grands agriculteurs ont cherché à bloquer le processus vu que leur présence est indispensable pour formuler un accord final. L'un des agriculteurs s'est exprimé ainsi : « comment peut-on prendre une décision à la place de ces gens absents ? Et même si on le fait, qui peut garantir qu'ils vont respecter ces décisions ? je n'ai plus confiance en eux ». Un autre agriculteur a exprimé ses doutes sur la faisabilité de ces actions en cas de dysfonctionnement du système : « l'approvisionnement de l'eau n'est pas fiable dans notre zone, il y a toujours une coupure

ou un problème quelque part, comment on va organiser les tours d'eau dans ces cas ? Toutes ces règles ne seront plus valides ». Ces discussions se sont conclues par la nécessité de l'intervention d'un autre acteur qui peut prendre la décision à la place des participants et qui a la légitimité d'imposer cette décision à tous les agriculteurs y inclus ceux qui sont absents. Il s'agit selon les agriculteurs du GDA qui doit assumer son rôle de représentant de tous les irrigants, tout en conservant sa neutralité et la transparence de ses décisions. Cependant, au lieu de prendre seul ces décisions, des réunions doivent être organisées avec le GDA et les irrigants de chaque quartier pour se mettre d'accord sur ces décisions.

7.3.2.7. Evaluation ex-post du processus participatif

Une évaluation ex-post a été conduite auprès de deux membres de l'équipe technique du GDA, y inclus le directeur technique et trois gestionnaires qui appartiennent au CRDA.

A la question « *quelles sont vos attentes de ce processus ?* », le directeur technique du GDA a répondu qu'il s'attendait à ce que la participation du GDA dans ce processus lui permet de négocier avec l'administration la possibilité d'augmenter l'offre en eau, mais qu'il a compris par la suite que ce processus a permis de créer un environnement dans lequel tous les acteurs impliqués directement ou indirectement dans la gestion de l'eau d'irrigation s'exprimaient sur leurs problèmes. Les discussions qui résultaient étaient plutôt centrées sur la défaillance de la gestion interne du périmètre et les pratiques individuelles des agriculteurs. Le deuxième membre de l'équipe technique du GDA a expliqué que ses attentes de ce processus étaient d'éveiller la conscience des agriculteurs sur les impacts de leurs pratiques sur l'aggravation de la situation et surtout de changer la perception de l'administration sur la capacité de gestion du GDA et de la légitimité de ses décisions. Désormais, selon lui, l'attitude de l'administration n'a pas changé. Les deux gestionnaires de l'administration ont partagé l'avis qu'ils attendent au début de ce processus à savoir un appui purement technique à travers la réhabilitation du système irrigué, mais ils ont compris qu'il s'agit plutôt d'un processus qui appuyait les différents acteurs pour communiquer autour de leurs problèmes afin de les résoudre. L'un de ces gestionnaires s'est exprimé ainsi : « *il est rare d'arriver à rassembler tous les acteurs autour d'une même table, de discuter et d'arriver à produire collectivement des solutions qui sont acceptées par tous les participants* ». Le troisième gestionnaire de l'administration interviewé a expliqué qu'il a pensé que ce processus vise à améliorer l'efficacité de l'exploitation du réseau, mais il s'est rendu compte qu'il s'agissait plutôt d'un processus qui sert à favoriser l'instauration de la confiance entre les différents acteurs y inclus l'administration et le GDA. Cependant, il a mis en cause cet objectif en déclarant : « *personnellement, je pense que l'administration n'a jamais été loin des GDAs* ».

A la deuxième question : « *quels sont les impacts du processus ?* », les deux membres de l'équipe technique du GDA ont considéré que l'effet le plus important de ce processus est l'amélioration des relations entre les agriculteurs et le GDA. Ils ont déclaré que depuis l'apparition du problème de pénurie d'eau, il y a eu plusieurs protestations de la part des agriculteurs qui ont considéré que le GDA est le responsable de cette situation. Les tensions et le manque de confiance ont dominé la relation entre les agriculteurs et le GDA. Le directeur technique du GDA a affirmé que : « *à travers les sessions du jeu de rôles, les agriculteurs étaient capables de comprendre les difficultés auxquels les gestionnaires du GDA doivent faire face. Ce processus nous a permis d'acquérir leur confiance* ». Cependant, le deuxième interviewé du GDA a considéré qu'en termes de relations entre le CRDA et le GDA, il n'y a eu aucune amélioration et que le CRDA cherche à garder un régime de gestion centralisée en imposant ses décisions au GDA qui se retrouve souvent manipulé, écarté et mal informé de la part de l'administration. Il a considéré aussi que même la participation de

l'administration dans ce processus ne montre pas sa volonté d'être impliqué dans la résolution des problèmes du périmètre, mais plutôt c'est sa façon d'échapper à sa responsabilité. Il s'est exprimé ainsi : « L'administration a appuyé les résultats de ce processus parce que ça l'arrangeait, elle a rejeté toute la responsabilité sur le GDA et les agriculteurs en prétendant qu'elle n'a pas le pouvoir de changer les règles de distribution de l'eau entre les différents périmètres. Je ne pense pas qu'ils prennent au sérieux nos demandes ». Pendant les entretiens avec les gestionnaires des périmètres irrigués de l'administration, la plupart ont déclaré que le processus a permis d'améliorer les relations entre les agriculteurs et les gestionnaires. Selon eux, les agriculteurs sont devenus conscients de la situation actuelle de pénurie d'eau et des contraintes des gestionnaires à satisfaire leurs besoins. Ils ont aussi révélé que le GDA est devenu plus conscient de son rôle en tant que vrai gestionnaire du périmètre et de ses responsabilités envers les agriculteurs. Cependant, en termes d'amélioration des relations entre le GDA et le CRDA, deux interviewés de l'administration ont affirmé qu'ils maintenaient dès le début une bonne relation avec le GDA en particulier le directeur technique, mais que le processus a renforcé encore leur coopération. L'un de ces gestionnaires a exprimé l'inverse : « il y a toujours des tensions entre le GDA et le CRDA, mais ce processus a permis d'améliorer la communication entre les deux, d'apaiser les tensions et de trouver un terrain d'entente entre les différents acteurs ».

L'apprentissage a été renseigné à travers une simple question : « qu'est-ce que vous avez appris ? ». Les interviewés du GDA ont expliqué que la participation à ces ateliers a amélioré leurs capacités de communication avec les irrigants surtout dans des situations de conflits et de tension. Le directeur technique a déclaré : « *c'est très compliqué de communiquer avec l'agriculteur surtout s'il y a un problème ou une coupure d'eau. Convaincre un agriculteur qui n'a pas irrigué depuis des semaines qu'il n'y a pas d'autres choix que d'attendre, nécessite beaucoup d'habileté de notre part. La participation dans ces discussions nous a appris comment discuter avec l'agriculteur et lui transmettre l'information* ». Quant aux gestionnaires de l'administration, ils ont expliqué qu'ils ont auparavant fait plusieurs fois des efforts pour améliorer la communication avec le GDA autour des problèmes, sans arriver à un consensus. Selon eux, la participation dans ce processus leur a permis d'acquérir des compétences en termes de résolution des problèmes avec les différents acteurs. L'un de ces interviewés s'est exprimé ainsi : « *la communication avec les différents acteurs autour de la même table est une bonne tradition que le processus a permis d'instaurer et sa continuation est de notre responsabilité* ».

7.4. Discussion

7.4.1. Effets procéduraux du processus

7.4.1.1. Amélioration de la légitimité des actions collectives

Les résultats de ce travail montrent que l'utilisation de la représentation sociale des agriculteurs de la situation actuelle de pénurie d'eau permet d'amener ces acteurs locaux à s'engager collectivement dans un processus de résolution des problèmes. Le recours à cette représentation a permis à ce processus participatif de gagner de la légitimité auprès de ces acteurs et de garantir ainsi qu'ils vont s'engager dans l'application des actions qu'ils ont élaboré eux-mêmes. Ceci nous a permis d'éviter ce que Godard (1990) a qualifié de 'troubles de légitimité' dont souffrent la plupart des actions et de politiques de gestion et qui conduisent à des problèmes d'inefficacité ou d'inapplication. Par ailleurs, ces troubles de légitimité dont souffrent les actions formulées au nom du « bien commun » et d'« intérêt collectif », se manifestent dans le faible poids social des intérêts en question, face à des intérêts sociaux dont la légitimité est mieux constituée et mieux ancrée dans le tissu social (Godard,

1990). L'argument de base auquel on se réfère lors de la mobilisation de la représentation sociale des agriculteurs, est que seuls ces acteurs locaux peuvent avoir un intérêt à assurer l'équité d'accès et de distribution des ressources ainsi que sa préservation à long terme. Cependant, ceci n'est possible que s'ils partagent des intérêts communs et s'ils ont une capacité à définir et faire appliquer des règles d'accès et d'exploitation. Selon Lavigne et al. (2006), pour que ces règles soient légitimes et opératoires, elles doivent s'ancrer dans les modes locaux d'exploitation du système et s'appuyer sur des principes acceptés dans la zone afin de s'inscrire dans des représentations qui font sens aux acteurs locaux. Ainsi, l'usage de la représentation sociale des agriculteurs de la situation de la pénurie a permis de renforcer la légitimité du processus de leurs points de vue et leur a permis de s'engager dans un processus de négociation, de coordination d'actions et de production collective de solutions qu'ils ont défendues auprès des différents antagonistes.

Cependant, l'appréciation de l'efficacité d'un processus varie bien sûr selon la représentation de chaque acteur qui définit un système de légitimité de référence. Chaque système de légitimité implique une certaine représentation du système et de la situation, chacun définit un bien commun qui lui est propre et qui lui servira de repère dans son comportement ainsi que dans l'évaluation de la valeur et l'utilité d'un processus ou d'un instrument. Ce lien entre la légitimité d'un processus et les intérêts qu'une représentation donnée permet d'expliquer la posture du GDA qui a mis en question l'efficacité du processus et la légitimité de ses résultats. Ce dernier a considéré que ce processus a orienté les participants pour discuter principalement des règles collectives de gestion interne du périmètre, ce qui coïncide avec les intérêts de l'administration qui considère que le GDA et les agriculteurs doivent assumer seuls la responsabilité de l'état actuel du système et qu'avec une meilleure gestion de la part du GDA et une meilleure économie d'eau de la part des irrigants, les quantités d'eau disponibles sont suffisantes. Cette posture est encore justifiée par le fait que si le GDA accepte de s'engager dans le processus, s'il réussit à mettre en œuvre les actions co-construites avec les agriculteurs et que ces actions permettent réellement d'améliorer la situation, ceci ne serait qu'une mise en évidence de la pertinence du discours de l'administration, qui en absence de toute pression, va fuir tout changement de sa part de ses règles ou de l'augmentation des quantités d'eau allouées.

La participation a permis la mise en place d'un processus dynamique qui a abouti à une meilleure gestion de conflits

En confrontant des acteurs qui ont des appréhensions différentes de la situation dans un environnement qui leur permet de discuter et qui assure un accès équitable à l'information ainsi qu'à la parole, le processus a permis une meilleure gestion des conflits. Meirieu (1996) a qualifié le conflit dans ce cas par 'un conflit constructif'. Dans ce processus, on considère que la gestion des conflits n'est pas limitée à la production d'un consensus ou d'une compréhension mutuelle. Habermas (1984) a argumenté que dans une situation typique de surexploitation des ressources naturelles, les individus ne se comportent pas d'une manière rationnelle qui vise l'intérêt collectif. Ils mobilisent plutôt des modes stratégiques suivant leurs intérêts personnels, ce qui est dû probablement à l'absence d'institutions, des arrangements ou des informations fiables qui leur permettent de choisir des options de coopération plutôt que de conflits. De sa part, Leeuwis (2000) a considéré qu'on a besoin de développer des approches dans lesquelles la participation ne rejette pas la signification derrière les actions stratégiques et les conflits d'intérêt existants et de considérer le processus participatif comme un processus de négociation dans lequel les acteurs développent une nouvelle perception de la situation et peuvent arriver à des compromis ou des arrangements qui sont acceptés par les différentes parties prenantes. Parmi les compromis auxquels les acteurs ont abouti

lors de ce processus, on peut citer le fait que le GDA a accepté de réorganiser avec les agriculteurs la distribution de l'eau, en gardant en contrepartie le droit de contrôler l'application de ces règles de distribution. La participation des acteurs dans ce processus a favorisé la coopération entre eux au lieu des affrontements. Cette coopération a eu lieu à travers la communication : par exemple en expliquant la différence entre la capacité actuelle du réseau collectif et les besoins en eau du quartier hydraulique, les agriculteurs qui ont un accès à l'eau de la nappe ont accepté de réduire leur demande en eau à partir du réseau même si sa qualité est médiocre et d'opter pour des techniques de mélange d'eau. De telles actions, acceptées par les différents acteurs, ne sont pas le produit d'un calcul individuel orienté vers la satisfaction des intérêts personnels, mais plutôt d'une confrontation des points de vue et de situations, d'argumentation et de justification de la nécessité de telles actions dans un débat critique et ouvert. Les acteurs ont cherché à atteindre un accord ou un consensus sur une définition commune du problème de pénurie d'eau et d'identifier les responsabilités de chacun selon sa limite d'intervention, ce qui a servi de base pour coordonner leurs actions. C'est ce que Habermas (1970) a qualifié de processus d'action communicative et qu'il désigne comme fondamental pour résoudre les problèmes. Par ailleurs, Leeuwis (2000) a affirmé qu'un processus participatif va donner lieu à des négociations efficaces si les différents acteurs participants et qui maintiennent des perceptions divergentes, se trouvent dans un environnement où ils sont capables de communiquer. Un tel environnement favorable a été créé par le processus qu'on a mis en œuvre, qui a permis aux acteurs d'exprimer leurs perceptions, d'enrichir leurs compétences et savoirs et de peser sur le processus de résolution des problèmes et de développement de solutions.

7.4.1.2. Augmentation du pouvoir d'influence de certains acteurs représentant des intérêts peu organisés

L'augmentation des pouvoirs d'influence d'intérêts, traditionnellement peu organisés ou d'acteurs dits « faibles », a été abordée par Van den Hove (2000) qui a considéré qu'il existe une asymétrie évidente concernant le pouvoir d'influence des différents acteurs et que la participation doit permettre de réduire ce type d'asymétrie et de favoriser l'intégration de ces acteurs. Les agriculteurs qui sont généralement exclus de l'organisation des règles de gestion du périmètre et qui ont eu l'occasion (surtout depuis la révolution tunisienne) d'exprimer leurs problèmes, ont eu à travers la participation dans ce processus l'opportunité de s'engager dans un processus de résolution des problèmes dans lequel ils proposent des actions qu'ils jugent capables d'améliorer leur situation ou au moins d'assurer un partage équitable entre eux des conséquences de la pénurie d'eau actuelle. Les inégalités d'accès à l'eau entre les irrigants, ont été mises en évidence dans le jeu de rôles ce qui a permis à ces derniers de prendre une meilleure conscience de ces inégalités et de se mobiliser collectivement pour réclamer leurs droits à l'eau. Les interactions qui ont eu lieu dans ce processus, étaient à l'origine d'un apprentissage collectif qui a joué un rôle de renforcement de ces acteurs. Il s'agit de comprendre que faire une pression collectivement sur les autres leur permet d'aboutir à des compromis ou des consensus qu'ils ne peuvent pas accomplir individuellement. Cependant, la gestion des inégalités de pouvoir dans le processus participatif a été identifiée par Barnaud (2008) comme l'un des dilemmes des approches participatives. L'auteur a expliqué qu'il y a un risque de se glisser vers une démarche qui vise à défendre les intérêts de telle ou telle catégorie d'acteurs, mais que d'un autre côté, la neutralité vis-à-vis des jeux de pouvoir dans un processus d'interactions peut amener au renforcement des inégalités sociales existantes. Par rapport à ce dilemme, on opte pour le raisonnement d'Habermas (1970) qui a considéré que tenir compte des inégalités de pouvoir dans un processus de concertation, n'est pas une démarche en faveur d'un groupe d'acteurs mais plutôt une nécessité méthodologique qui vise une forme d'échange que l'auteur a appelé « une situation

idéale de parole », dans laquelle chaque acteur est doté de la même capacité à participer aux discussions (mêmes droits, mêmes informations, mêmes opportunités).

7.4.2. Effets substantifs

La participation des différents acteurs à ce processus a abouti à une pertinence dans le choix des actions à entreprendre de point de vue technique et social. Les règles collectives identifiées par les agriculteurs et le GDA permettraient de distribuer l'eau entre les différents usagers tenant compte des besoins théoriques de chaque exploitation. Rappelons qu'initialement, le GDA suivait la règle du 'premier arrivé premier servi' où la durée du tour d'eau n'est pas liée aux besoins mais plutôt à sa décision d'arrêter l'irrigation. Les règles produites lors de ce processus permettraient aussi de mieux organiser l'accès à l'eau ; le libre accès au réseau est désormais proscrit et une limite de deux agriculteurs qui irriguent en même temps doit être respectée. Ces solutions qui sont élaborées par les agriculteurs eux-mêmes, sont perçues comme légitimes et valides de leur point de vue. A la fin du processus, le GDA a accepté d'appliquer ces solutions même s'il a mis en question le processus lui-même. Les agriculteurs sont actuellement perçus par le GDA comme un groupe d'acteurs légitimes qui a le droit de s'impliquer dans la gestion du système. Van den Hove (2000) a affirmé que c'est à travers l'accroissement de la légitimité du processus, qu'on peut améliorer l'acceptabilité sociale des choix qui en résultent et de garantir leur durabilité.

7.4.3. Effets contextuels de la participation

Comprendre le contexte dans lequel s'inscrit le processus de résolution des problèmes est nécessaire afin d'évaluer les effets de la participation dans ce processus sur ce contexte. Le contexte de la gestion de l'eau d'irrigation dans le périmètre de Zaouiet Jedidi est marqué par l'abondance de stratégies individuelles et d'absence de toute forme apparente de coopération ou de coordination entre les agriculteurs. Par ailleurs, ces stratégies ont favorisé le manque de confiance entre eux. Alors que le GDA en tant qu'association des irrigants est supposé renforcer la coordination entre ces acteurs locaux, la légitimité de ses décisions sont plutôt mises en question par ces derniers qui le considèrent plutôt comme un acteur qui défend les intérêts des grands agriculteurs et dont les décisions manquent d'efficacité surtout pour faire face à la pénurie d'eau. Il est aussi perçu comme une structure qui demeure encore sous la tutelle étroite de l'administration et qui ne maintient pas un pouvoir réel de gestion. Ceci explique pourquoi la plupart des agriculteurs considèrent que l'administration est le premier responsable de la pénurie d'eau actuelle et la seule qui a le pouvoir d'améliorer la situation. Cette perception du rôle de l'administration dans le dysfonctionnement du système a été renforcée par le GDA à travers l'absence de révélation sur les raisons réelles de la crise actuelle. En effet, le GDA considère, d'une part, qu'il n'a pas besoin d'informer les agriculteurs, ni de leur donner l'opportunité de participer dans la gestion collective du système vu leur manque de capacité de coordination et d'organisation. D'autre part, il considère qu'il n'y aura aucune amélioration de la situation sans l'augmentation de l'offre en eau par l'Etat. La légitimité du GDA n'est pas mise en question uniquement par les agriculteurs mais aussi par l'administration dont les gestionnaires confessent sa faible performance et le rendent responsable de l'aggravation de la situation du périmètre.

7.4.3.1. Changement de perception des agriculteurs à travers l'apprentissage

L'accent est mis ici sur l'apprentissage collectif qui a eu lieu suite aux interactions entre les agriculteurs et le GDA durant les différentes étapes du processus participatif et aussi pendant la session du jeu en commun présentée dans le chapitre précédent.

Lors de l'atelier commun avec le GDA

A travers leur participation dans cet atelier en commun avec le GDA, les agriculteurs ont montré leur capacité à rechercher des solutions aux problèmes auxquels ils sont confrontés. Les solutions qu'ils ont produites collectivement sont légitimes de leurs points de vue, ce qui les a mobilisés à proposer de les appliquer réellement dans leur quartier et à les défendre auprès du GDA. Le jeu de rôle a réussi à exposer la diversité et la complexité des problèmes dans le système, ce qui a permis l'expression des jeux de pouvoirs qui existent réellement. Les agriculteurs les plus influents, notamment les grands agriculteurs qui grâce à leur pouvoir ont un meilleur accès au réseau collectif et arrivent donc à mieux s'adapter à la pénurie d'eau, ont essayé d'appuyer le GDA et de contenir l'action collective. La reconstruction des règles de distribution de l'eau entre les irrigants ne sert pas les intérêts des grands agriculteurs, qui gardent un *statu quo* et résistent aux changements. Cependant, la majorité des agriculteurs ont exercé une pression sur les grands agriculteurs ainsi que sur le GDA en revendiquant leur légitimité et la fiabilité de leurs propositions pour les obliger à respecter l'avis de la majorité et à accepter de s'engager dans la suite du processus.

Lors des ateliers de réorganisation du tour d'eau

Le premier atelier a été marqué par la présence de tous les agriculteurs qui étaient fidèles à leurs promesses d'assurer la participation de tous les irrigants du quartier. Les agriculteurs ont réussi pendant cette étape à planifier les règles et les besoins de chaque exploitation en cherchant des compromis, tel que le recours au mélange des eaux du réseau collectif et des eaux souterraines pour diminuer la pression sur le réseau et améliorer l'accès des individus qui n'ont pas de sources alternatives d'irrigation. Ils ont montré aussi leur appréhension des difficultés des grands exploitants et ont opté pour des tours d'eau organisés selon les besoins théoriques. L'interdiction du libre accès de certains usagers a été aussi parmi les décisions collectives les plus importantes dans cet atelier.

Cependant, l'absence des grands exploitants dans le deuxième atelier a bloqué la programmation détaillée des heures et journées d'irrigation qui étaient prévues lors du premier atelier. Ceci a amené à une perte de confiance entre les irrigants, une confiance qui a été renforcée lors de ce processus et qu'on a considérée auparavant parmi les effets les plus importants. L'absence de ces agriculteurs n'est qu'une expression très claire des jeux de pouvoirs dans ce processus. Les grands agriculteurs ont une meilleure capacité d'adaptation grâce aux règles actuelles et le changement de ces règles peut diminuer cette capacité ; leur absence visait à défendre leurs propres intérêts. Il s'agit de l'usage par les acteurs les plus influents du pouvoir de refus de la négociation ; leur présence était indispensable à la formulation d'un accord. Néanmoins, l'absence de ces grands irrigants n'a pas réussi à bloquer l'action collective du fait que les participants ont eu recours au GDA en l'appuyant dans ses prérogatives d'imposer les décisions collectives à tous les agriculteurs, notamment en lui laissant le soin de détailler les horaires d'irrigations. Ainsi, à la fin du processus le rôle du GDA comme gestionnaire du système a été renforcé et sa légitimité, contestée avant et pendant le processus, a été reconstruite.

7.4.3.2. Changement de perception du GDA à travers l'apprentissage

Lors de l'atelier de l'équipe technique du GDA

Même si les solutions élaborées dans la première session du jeu avec le GDA sont importantes de son point de vue, notre objectif principal était de préparer le GDA à la participation dans des ateliers communs avec les agriculteurs pour une résolution collective des problèmes. Lors de cette session, les membres de l'équipe technique du GDA ont validé le réalisme de la représentation du système et

ses problèmes et ils ont même affirmé qu'à travers leur participation, ils étaient capables de mieux comprendre l'impact des règles actuelles dans l'aggravation de la situation du périmètre. Cependant, ils ont fini par proposer des actions qui se trouvent dans le champ d'intervention du CRDA ou des agriculteurs et ils ont limité le rôle de leur institution à la vulgarisation. Ceci montre, qu'à ce stade du processus, la perception du GDA des origines de la pénurie d'eau et de la responsabilité de l'administration n'a pas encore changé.

Ces résultats n'empêchent pas que le GDA a été capable de bien simuler l'utilité du jeu comme un support de discussion et de négociation collective entre les différents acteurs. Cependant, il est passé outre l'usage qu'on a prévu pour un tel outil pour l'exploiter à son propre intérêt et à sa conception. La proposition du GDA d'utiliser le jeu avec les agriculteurs afin qu'ils puissent le soutenir dans ses requêtes auprès de l'administration relatives aux changements des règles de gestion inter-périmètres pour augmenter l'offre en eau en amont, n'est qu'une évidence d'apprentissage qui a eu lieu pendant cet atelier. Le GDA a été capable non seulement de reconnaître l'utilité du jeu, mais aussi de l'instrumenter et l'exploiter pour un objectif loin de ce qui a été prévu : exercer une pression sur l'administration et mobiliser les agriculteurs contre les règles actuelles de gestion de l'administration. Cette capacité d'appropriation d'un outil comme le jeu de rôles et du changement de son usage selon ses intérêts et ses objectifs est considérée par plusieurs auteurs comme une innovation (De Vaujany, 2006; Bédé et al., 2012). Agostinelli (2009) a argumenté que l'innovation trouve sa source dans le dépassement des usagers et dans la capacité de modifier un outil existant à partir des connaissances que l'on en a.

Lors de l'atelier commun avec les agriculteurs

Pendant la session du jeu commune au GDA et aux agriculteurs, ces derniers ont montré une capacité de comprendre les responsabilités de chaque groupe d'acteurs dans le dysfonctionnement actuel du système et de proposer des actions collectives d'amélioration de la gestion du système. La plupart des solutions proposées concernent la gestion interne du périmètre. Par ailleurs, les agriculteurs ont questionné durant cet atelier la légitimité des règles imposées par le GDA et l'équité de la distribution de l'eau. Ils ont demandé des justifications ainsi que des promesses de la part du GDA d'assurer la transparence dans le service de l'eau. Le développement de la capacité des agriculteurs dans la résolution collective de leurs problèmes a été accompagné d'une prise de conscience de leur capacité en tant que collectif d'exercer une pression sur le GDA afin de respecter leurs décisions et de la nécessité que ce dernier soit plus imputable envers eux qu'envers l'administration. Le GDA s'est retrouvé en position de défense et devenu réticent quant à l'application des résultats du processus participatif. Il a essayé de mettre en question la faisabilité de toute proposition d'action par les agriculteurs et a mis aussi en question la légitimité du processus. Par ailleurs, lors de l'évaluation de la session, il a mis en question l'utilité d'impliquer les agriculteurs dans ce processus. Insatisfait de la tournure qu'ont prise les résultats de cette session, le GDA a contesté la faisabilité des solutions proposée et a insisté sur la responsabilité de l'administration du dysfonctionnement actuel du système. Cependant, devant la persistance des agriculteurs, le GDA a cherché à rétablir sa légitimité auprès d'eux ; son discours est passé des affirmations telles que « ces solutions ne sont pas faisables/ vous n'êtes pas capables de réaliser de telles actions » à des déclarations du genre « *ces solutions ne sont faisables qu'avec l'appui du GDA* ».

Lors de l'atelier commun avec l'administration (CRDA)

La session du jeu organisée en commun avec l'administration a produit des solutions qui sont encore une autre fois différentes des attentes du GDA. A l'exception des solutions relatives à la

maintenance du réseau, que l'administration s'est engagée à soigner, les participants de l'administration ont suggéré des actions dont l'exécution est du sort du GDA et des agriculteurs. L'administration a même soutenu les résultats des sessions du jeu organisés en commun avec les agriculteurs et le GDA. En conséquence, le changement de posture du GDA vis-à-vis de l'utilité du processus a persisté; le jeu a été jugé inutile auprès de l'administration et l'engagement de cette dernière même dans l'amélioration de la maintenance du système a été mis en doute. L'appréhension de la conduite humaine sociale présuppose l'explication causale d'un rapport direct entre organisation sociale et organisation de l'expérience (Goffman, 1974). Le GDA, à travers des expériences précédentes d'échecs de communication avec le CRDA, considère qu'il n'y aura aucune contribution de la part de l'administration dans l'amélioration et que le CRDA appuyait ce processus uniquement parce que les résultats sont dans son intérêt et que ça l'arrange de déléguer toute la responsabilité au GDA au lieu de procéder à améliorer l'offre en eau en amont.

A ce stade de processus, la position du GDA semble bloquer la résolution collective des problèmes de gestion. A chaque étape du processus, il a changé d'attitude concernant l'utilité du processus et a mis en question sa légitimité dès que les résultats d'un atelier ne cadrent pas avec leurs attentes et ne servent pas leurs intérêts. Par 'intérêt', on ne se réfère pas forcément à leurs propres intérêts personnels, mais plutôt à leur propre définition de l'intérêt commun du système ou du 'bien commun'.

Lors de l'atelier multi-acteurs

Durant l'atelier multi-acteurs, c'est le discours de l'administration qui a changé. En présence des agriculteurs, l'administration s'est désengagée de toute responsabilité et l'a repoussé aussi loin que possible dans le camp du GDA. La nécessité d'améliorer la maintenance ou les règles de distribution de l'eau entre les périmètres dont le CRDA est le responsable a été réfutée. Seules les actions d'amélioration de la gestion interne du périmètre ont été retenues comme efficaces. Cette attitude a été justifiée devant les participants par le désengagement de l'Etat de la gestion des périmètres irrigués et par le fait que c'est le moment pour que le GDA soit plus efficace et autonome dans sa gestion. Paradoxalement, le GDA a appuyé le discours de l'administration et a montré son accord pour s'engager dans une co-construction de meilleures règles collectives avec les agriculteurs. L'appui du GDA au discours de l'administration doit être considéré en prenant en compte le contexte actuel de gestion de l'irrigation en Tunisie : malgré le transfert de la gestion aux associations, ces dernières demeurent encore dépendantes de l'administration qui garde encore son pouvoir de contrôle et de décision (Palluault et Romagny, 2009). Le GDA n'a pas la capacité de contredire le discours de l'administration. Le fait que le GDA a accepté lors de cet atelier de réorganiser le tour d'eau collectivement avec les agriculteurs est considéré comme une autre évidence d'apprentissage. En effet, face à la pression des agriculteurs pour que le GDA assume son rôle dans l'application des solutions produites collectivement pendant les divers ateliers, ce dernier a compris qu'il doit accepter leurs décisions.

7.4.3.3. Changement des relations entre les acteurs et amélioration de la confiance

Les résultats de ce processus montrent qu'il y a eu un changement des relations entre les différents acteurs. D'une part, ces changements concernent l'évolution des relations entre les différents agriculteurs. La participation a permis un passage d'une situation 'non-coopérative' entre les agriculteurs à une situation 'coopérative' dans laquelle les agriculteurs étaient capables de se réunir pour discuter et proposer des solutions innovantes à un problème en commun qui est la pénurie

d'eau. A travers le renforcement de la confiance entre les agriculteurs, ces derniers étaient capables de s'unir pour défendre les actions qu'ils ont proposées eux-mêmes et d'exercer une pression en tant que collectif sur le reste des d'acteurs et même sur des acteurs du même groupe qui ont privilégié leurs intérêts personnels. D'autre part, il y a eu un changement des relations entre les agriculteurs et les institutions (le GDA et l'administration). A travers la compréhension des origines de la pénurie d'eau et des difficultés des gestionnaires pour faire face à cette situation, il y a eu une empathie de la part des agriculteurs envers le GDA. Cependant, les agriculteurs sont devenus plus conscients de la responsabilité de chaque acteur, ce qui a amené à critiquer le rôle du GDA dans l'augmentation de l'iniquité entre les irrigants et le renforcement des acteurs qui ont plus de pouvoir. Ceci a permis de renforcer l'implication des agriculteurs dans la réflexion sur la gestion du périmètre en exigeant une organisation plus équitable et transparente des tours d'eau entre les irrigants.

7.4.3.4. Apprentissage social

L'importance de l'apprentissage social dans la gestion des ressources naturelles a été mis en évidence par plusieurs auteurs (Walters et Holling, 1990; Fazey et al., 2007). Ces auteurs ont argumenté que les acteurs impliqués dans la gestion des ressources naturelles peuvent apprendre et augmenter ainsi leur capacité d'adaptation à travers la participation dans les processus de prise de décision. Reed et al. (2010), à travers sa revue sur l'apprentissage social, a cherché à clarifier la définition souvent vague de ce concept. Afin d'identifier si ce processus a permis d'aboutir ou non à un apprentissage social, on a choisi de se référer à sa définition. Cet auteur a affirmé que pour considérer qu'il y a eu un apprentissage social, le processus doit (1) montrer qu'un changement de la compréhension a eu lieu ; (2) que ce changement va au-delà du changement individuel et devient situé dans des unités sociales plus larges ou des communautés de pratiques et (3) l'apprentissage doit se produire à travers des interactions sociales et soit effectué entre des acteurs d'un réseau social.

Les résultats de ce travail ont montré que le processus participatif a changé la perception des acteurs de la situation actuelle de pénurie d'eau et a amélioré leur capacité de résolution collective des problèmes. L'engagement du GDA et des agriculteurs à réorganiser les calendriers et les règles collectives de distribution de l'eau a été accompli. En plus, les agriculteurs qui ont participé dans le jeu de rôles ont invité le reste des irrigants du même quartier; ainsi tous les exploitants du même quartier ont participé et ont arrêté ensemble les règles de gestion. Les solutions collectives produites lors de ce processus participatif ont eu lieu à travers les interactions et la négociation entre les différents acteurs. Ainsi on peut valider que ce processus participatif a abouti à un apprentissage social. On conclut qu'il y a eu un apprentissage de la part des différentes parties prenantes en particulier les agriculteurs qui ont développé une capacité pour résoudre leurs problèmes et on suppose qu'ils ont acquis la capacité de résoudre les problèmes auxquels ils feront face au future.

7.5. Conclusion

La contribution principale de ce travail réside dans le développement d'une approche d'apprentissage dans le domaine de la gestion des ressources en eau qui a permis de changer la perception des acteurs locaux de la situation actuelle de la pénurie d'eau et d'amener à réfléchir sur la co-construction d'actions collectives pour l'amélioration de la qualité du service d'irrigation. Cette approche a permis aussi de s'affranchir des obstacles à l'émergence de l'action collective d'adaptation qui sont dus à la perception de certains acteurs qui n'ont pas un intérêt à changer les règles actuelles. A travers ce processus participatif, on estime que les différents acteurs (agriculteurs et GDA) ont acquis des techniques de négociation leur permettant de faire face aux problèmes de

gestion de l'eau dans ce périmètre. L'évaluation des évidences d'apprentissage et ses effets sur la perception des participants nous amènent à conclure que la compréhension du contexte social, dans lequel le processus de résolution des problèmes est ancré, est fondamentale et qu'il est nécessaire d'analyser au-delà des perceptions et discours apparents, les intérêts et les valeurs sous-jacents.

7.6. Références bibliographiques

- Abric J-C. 1994. Pratiques sociales et représentations. PUF PARIS.
- Agostinelli S. 2009. Comment penser la médiation inscrite dans les outils et leurs dispositifs? Distances et savoirs **7** (3):355-376.
- Argyris C, Schön DA. 1996. Organizational learning ii: Theory, method and practice. Addison Wesley, Reading, Massachusetts, USA.
- Armitage D, Berkes F, Dale A, Kocho-Schellenberg E, Patton E. 2011. Co-management and the co-production of knowledge: Learning to adapt in Canada's arctic. Global Environmental Change **21** (3):995-1004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.006>.
- Armitage D, Marschke M, Plummer R. 2008. Adaptive co-management and the paradox of learning. Global Environmental Change **18** (1):86-98.
- Armitage DR, Plummer R, Berkes F, Arthur RI, Charles AT, Davidson-Hunt IJ, Diduck AP, Doubleday NC, Johnson DS, Marschke M, McConney P, Pinkerton EW, Wollenberg EK. 2009. Adaptive co-management for social-ecological complexity. Frontiers in Ecology and the Environment **7** (2):95-102. DOI: <http://dx.doi.org/10.1890/070089>.
- Barnaud C. 2008. Equity, power games and legitimacy: Dilemmas of concerted management of renewable resources, Ed. Université de Nanterre – Paris X.
- Barnaud C. 2013. La participation, une légitimité en question. Natures Sciences Sociétés **21** (1):24-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/nss/2013062>.
- Barnaud C, Van Paassen A. 2013. Equity, power games, and legitimacy: Dilemmas of participatory natural resource management. Ecology and Society **18** (2). DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05459-180221>.
- Bédé D, Bédé S, Fiorello A, Maumon N. 2012. L'appropriation d'un outil de gestion de la qualité à travers le prisme de la légitimité: Le cas d'un institut d'administration des entreprises. Management & Avenir (4):83-106.
- Berkes F. 2009. Evolution of co-management: Role of knowledge generation, bridging organizations and social learning. Journal of Environmental Management **90** (5):1692-1702.
- Boltanski L, Thévenot L. 1991. De la justification. Les économies de la grandeur. NRF essais, Paris: Gallimard.
- Conley A, Moote MA. 2003. Evaluating collaborative natural resource management. Society & Natural Resources **16** (5):371-386. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/08941920309181>.
- d'Aquino P. 2002. Le territoire entre espace et pouvoir : Pour une planification territoriale ascendante. L'Espace géographique **31** (1):3-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.3917/eg.311.0003>.
- Daré WS. 2005. Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité: Indépendance ou correspondance? Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation. Thèse de doctorat ENGREF (AgroParisTech).
- De Vaujany FX. 2006. Pour une théorie de l'appropriation des outils de gestion: Vers un dépassement de l'opposition conception-usage. Management & Avenir (3):109-126.
- Diduck A, Sinclair AJ, Hostetler G, Fitzpatrick P. 2012. Transformative learning theory, public involvement, and natural resource and environmental management. Journal of Environmental Planning and Management **55** (10):1311-1330. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2011.645718>.
- Elsawah S, Guillaume JHA, Filatova T, Rook J, Jakeman AJ. 2015. A methodology for eliciting, representing, and analysing stakeholder knowledge for decision making on complex socio-ecological systems: From cognitive maps to agent-based models. Journal of Environmental Management **151**:500-516. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.11.028>.
- Etienne M. 2009. La modélisation d'accompagnement: Une démarche participative en appui au développement durable. Editions Quae, Paris, France.

Fazey I, Fazey JA, Fischer J, Sherren K, Warren J, Noss RF, Dovers SR. 2007. Adaptive capacity and learning to learn as leverage for social–ecological resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment* **5** (7):375-380.

Fazey I, J. A. Fazey, and D. M. A. Fazey. 2005. Learning more effectively from experience. *Ecology and Society* **10** (2)

Godard O. 1990. Environnement, modes de coordination et systèmes de légitimité : Analyse de la catégorie de patrimoine naturel. *Revue économique*:215-242.

Goffman E. 1974. *Frame analysis: An essay on the organization of experience*. Harvard University Press.

Habermas J. 1970. On systematically distorted communication. *Inquiry* **13** (1-4):205-218.

Habermas J. 1984. *The theory of communicative action, vol. 1, reason and the rationalization of society*, trans. Thomas McCarthy Boston: Beacon.

Jodelet D. 1994. *Les représentations sociales* Paris, PUF.

Jodelet D. 2003. *Les représentations sociales*. 7e éd Paris: PUF.

Kolkman MJ, Kok M, Van der Veen A. 2005. Mental model mapping as a new tool to analyse the use of information in decision-making in integrated water management. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* **30** (4–5):317-332. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2005.01.002>.

Lavigne D, Philippe K, Reagan R, Pierre-Michel, Damien T, Thi Thai B. 2006. *Organisations locales et services de proximité : L'expérience du projet dialogs en appui au développement économique et social de zones rurales du nord vietnam*. Consortium Dialogs/Gret, Hanoi:192 p.

Leeuwis C. 2000. Reconceptualizing participation for sustainable rural development: Towards a negotiation approach. *Development and change* **31** (5):931-959.

Meirieu P. 1996. *La pédagogie différenciée: Enfermement ou ouverture*. Bentolila, A(éd) *L'école: diversités et cohérence*, Paris, Nathan:109-149.

Neef A. 2005. *Participatory approaches for sustainable land use in southeast asia* : [papers international workshop participatory technology development and local knowledge for sustainable land use in southeast asia, chiang mai, thailand, 6-7 june 2001]. White Lotus Press, Bangkok.

Pahl-Wostl C, Tàbara D, Bouwen R, Craps M, Dewulf A, Mostert E, Ridder D, Taillieu T. 2008. The importance of social learning and culture for sustainable water management. *Ecological Economics* **64** (3):484-495. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.007>.

Palluault S, Romagny B. 2009. Nécessité et limites de la participation des usagers de l'eau agricole. in *Développement rural, environnement et enjeux territoriaux : Regards croisés oriental marocain et sud-est tunisien*. ed. by Bonte P, Elloumi M, Guillaume H and Mahdi M. Cérès, Tunis, pp 319-341.

Pelling M, High C, Dearing J, Smith D. 2008. Shadow spaces for social learning: A relational understanding of adaptive capacity to climate change within organisations. *Environment and Planning A* **40** (4):867-884. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/a39148>.

Pretty JN. 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development* **23** (8):1247-1263. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F).

Reed M, Evely AC, Cundill G, Fazey IRA, Glass J, Laing A, Newig J, Parrish B, Prell C, Raymond C, Stringer L. 2010. What is social learning? . *Ecology and Society* **15** (4).

Rein M, Schön D. 1996. Frame-critical policy analysis and frame-reflective policy practice. *Knowledge and Policy* **9** (1):85-104. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02832235>.

Ribot C. 2002. *La décentralisation démocratique des ressources naturelles*. Institutionnaliser la participation populaire Institut des Ressources mondiales World Resources Institute (WRI), Washington.

Röling NG, Jiggins J. 1998. The ecological knowledge system. in N G Röling and M A E Wagemakers (eds), *Facilitating Sustainable Agriculture: Participatory Learning and Adaptive Management in Times of Environmental Uncertainty* (Chapter 16):283-311.

Rowe G, Frewer LJ. 2004. Evaluating public-participation exercises: A research agenda. *Science, technology & human values* **29** (4):512-556.

Sanselme F. 2001. Entre sciences sociales et sens commun: La «ruralité» dans les maisons familiales rurales. *Économie rurale*:62-75.

- Thévenot L. 1989. Équilibre et rationalité dans un univers complexe. *Revue économique* 40, 147-198
- Van den Hove S. 2000. Approches participatives pour les problèmes d'environnement caractérisation, justification, et illustrations par le cas du changement climatique, Ed, p 253.
- Vermes C. 2015. Comment les individus évaluent l'engagement pour une cause légitime ? Colloque Science & You 2015 - Journées Hubert Curien, Ed, Nancy, France.
- Walker B, C. S Holling, S. R Carpenter, A Kinzig. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society* 9 (2):5.
- Walters CJ, Holling CS. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology* 71 (6):2060-2068.
- White R, A Fischer, H. P Hansen, R Varjopuro, J Young MA. 2005. Conflict management, participation, social learning and attitudes in biodiversity conservation. ALTERNet document WPR4-2005-03, Project no GOCECT-2003-505298.

Chapitre 8 : Conclusion générale

Nous nous sommes intéressés dans cette thèse à évaluer les modes de gestion des systèmes irrigués des agrumes dans le Cap Bon, en particulier au sein du GDA de Zaouiet Jedidi et d'accompagner les acteurs locaux en vue d'articuler les réflexions sur des solutions innovantes. Nous nous sommes intéressés à l'étude d'un système qui met en relief la complexité des problèmes de gestion des systèmes collectifs d'irrigation. Il s'agit d'un système multi-niveaux et multi-acteurs qui est soumis à une pénurie d'eau depuis plusieurs années.

Après un retour sur l'origine du questionnement et un diagnostic sur l'état des lieux, ce travail a débouché sur des apports de nature théorique et pratique et a permis d'identifier les perspectives de recherche futures associées à cette thèse.

8.1. Origine du questionnement et choix méthodologique

Les faibles performances des systèmes irrigués ont amené à des interventions d'amélioration de toutes sortes. Cependant, ces interventions ont rarement généré de réelles avancées pour des raisons diverses : (i) la complexité des problèmes de gestion des systèmes irrigués ; (ii) le manque de démarches d'évaluation basées sur une analyse globale de ces systèmes et (iii) la faible implication des acteurs locaux dans ces processus d'amélioration. Ceci nous a amené à poser la question suivante qui constitue le point de départ de cette thèse: dans quelle mesure une évaluation systémique et globale de la gestion de l'eau d'irrigation permet d'identifier les dysfonctionnements du système irrigué, d'analyser les relations complexes de causalité et d'identifier les modalités des interventions d'amélioration.

Cette question est particulièrement pertinente dans le contexte actuel des politiques de transfert de la gestion de l'irrigation. La décentralisation a généré, partout en Tunisie, des systèmes irrigués cogérés par les CRDA et les GDA que nous avons identifiés comme des systèmes multi-niveaux et multi-acteurs. Dans le cas particulier du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, la situation de pénurie d'eau a accru la complexité des problèmes de gestion et a exacerbé les tensions entre les différents usagers des ressources en eau.

Ainsi, nous avons fondé notre évaluation sur l'analyse des différents niveaux du système et leurs interactions et nous avons privilégié d'étudier comment les différents acteurs réagissent à une telle contrainte physique en termes de règles de gestion et de mécanismes de coordination qu'ils ont créés, qu'ils ont façonnés ou qu'ils ont parfois rejetés. Nous avons employé par la suite les résultats de cette évaluation dans la planification et l'accompagnement de la mise en œuvre d'une intervention d'amélioration de la gestion d'irrigation dans le cadre d'un projet de recherche action. Cette intervention vise à améliorer la capacité collective des acteurs locaux dans la résolution de leurs problèmes (GDA et agriculteurs). Il s'agit en particulier d'améliorer leur capacité d'adaptation à la pénurie d'eau. Pour ce faire, nous avons axé notre intervention sur un processus participatif des parties prenantes. Nous avons analysé par la suite les effets de la participation sur l'apprentissage et le renforcement de l'action collective. Dans ce travail de thèse, six chapitres ont été articulés de manière à construire une architecture argumentaire logique. Chaque chapitre porte un message spécifique et répond, entre autres, à un objectif spécifique qui découle de l'objectif principal de ce travail.

Nous avons structuré notre trame d'évaluation en deux étapes : (i) construction d'une vision globale du système afin de fixer les premières orientations de l'intervention et (ii) exploration plus

approfondie du niveau du système dans lequel on va planifier la mise en œuvre des actions d'amélioration. L'accompagnement des acteurs dans la mise œuvre des actions d'amélioration a été effectué aussi à travers deux étapes : (i) construction d'outils qui permettent d'appuyer le processus participatif à travers le renforcement des négociations et des interactions entre les différents acteurs et (ii) évaluation des effets de la mise en œuvre de ce processus sur l'évolution de la perception des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau.

Dans la première étape d'évaluation globale, nous avons mobilisé une démarche d'analyse systémique qui définit le système irrigué comme un ensemble hiérarchique de trois sous-systèmes : le sous-système opérant, le sous-système décisionnel et le sous-système d'information. Cette analyse est représentée dans les deux premiers chapitres. Nous avons analysé dans **le premier chapitre** le sous-système opérant. Il s'agit dans une première étape de comprendre les contraintes du système physique, qui sont centralisées dans le cas des périmètres des agrumes sud du Cap Bon et dans le cas particulier du périmètre irrigué de Zaouiet Jedidi, sur la pénurie d'eau. La qualification de la pénurie d'eau est substantielle afin de comprendre par la suite les origines des stratégies actuelles mises en œuvre par les gestionnaires ainsi que les agriculteurs (en termes de règles, mécanismes de coordination et pratiques individuelles qui existent dans le système). La question centrale de ce chapitre est : « est ce que la pénurie d'eau dans ce système est une pénurie induite par des facteurs naturels ou bien c'est une pénurie induite par les modes de gestion des ressources en eau? ». Pour répondre à cette question, nous avons mené d'une part une étude qualitative qui porte sur l'évolution des modes d'usage des ressources en eau, et d'autre part une étude quantitative qui analyse l'offre et la demande en eau. Dans **le deuxième chapitre**, nous avons examiné comment le sous-système décisionnel et le sous-système d'information réagissent à cette pénurie. L'objectif de ce chapitre est d'explicitier les différentes coordinations requises entre les acteurs impliqués dans la gestion aux différents niveaux du système. Nous avons analysé l'évolution des règles de gestion et les compromis mis en œuvre par les gestionnaires afin de faire face à la pénurie d'eau. Nous avons analysé par la suite les mécanismes de coordination qui existent entre les différents acteurs (CRDA, GDA et agriculteurs). Nous avons fini par l'identification de l'interface de gestion au niveau de laquelle une amélioration des processus de coordination est susceptible d'améliorer la gestion d'eau.

L'exploration plus profonde du niveau du système qu'on a choisi pour accompagner les acteurs locaux dans un processus d'amélioration de la gestion de l'eau a fait l'objet des deux chapitres 3 et 4. Dans **le troisième chapitre**, nous avons analysé comment les agriculteurs s'adaptent à la pénurie d'eau et nous avons déterminé dans quelle mesure les pratiques individuelles des agriculteurs peuvent affecter la gestion collective dans le PPI de Zaouiet Jedidi. Dans **le chapitre quatre**, nous avons procédé à une évaluation pour sonder le point de vue des agriculteurs sur la qualité du service de l'eau d'irrigation produite par le GDA de Zaouiet Jedidi. Cet outil d'évaluation peut nous orienter à réfléchir aux moyens qui peuvent appuyer l'association des irrigants dans l'amélioration de la gestion d'eau.

L'implication des acteurs locaux dans ce travail dépasse le stade de consultation. La démarche à considérer dans cette thèse est basée essentiellement sur l'amélioration de la capacité d'adaptation des agriculteurs. On retient le terme "amélioration" plutôt que "construction" de capacité d'adaptation, vu qu'on reconnaît que les acteurs impliqués dans la gestion de ce système ont développé des pratiques d'adaptation. Cependant l'efficacité de telles stratégies d'adaptation doivent être analysées. Cette partie a fait l'objet de deux chapitres. La planification de l'intervention d'amélioration de la gestion de l'eau au niveau du PPI de Zaouiet Jedidi a commencé par la mise en œuvre d'un jeu de rôles "AMIC'EAU" et de supports d'informations qui sont présentés dans **le**

chapitre 5. Ces outils servent de support pour dialogue entre les différents participants afin d'aboutir à des propositions d'actions d'amélioration. Le jeu de rôles est basé sur un simulateur de la gestion d'un quartier hydraulique du périmètre. Il montre l'impact des décisions individuelles des irrigants sur la gestion collective du système. Il est ainsi capable de montrer l'impact d'une amélioration de coordination sur la gestion de l'eau. **Le chapitre 6** a présenté les résultats d'évaluation des effets de l'intervention d'amélioration qui a été mise en œuvre. Il s'agit de déterminer dans quelle mesure les processus d'apprentissage qui résultent du processus participatif ont permis de changer les perceptions des différents acteurs et de renforcer ou bloquer l'action collective d'amélioration.

8.2. Principaux apports de la thèse

8.2.1. Résultats de l'évaluation de la gestion de l'eau au sein d'un système multi-niveaux multi-acteurs

Nous avons montré que la pénurie d'eau dans la zone de sauvegarde sud des agrumes du Cap et en particulier dans le PPI de Zaouiet Jedidi est une pénurie induite par les modes d'usage et de répartition des ressources en eau. La comparaison des besoins en eau d'irrigation avec l'offre en eau de surface montre que cette dernière est loin d'arriver à satisfaire la demande en eau climatique. Ceci met l'accent sur le rôle des ressources en eau souterraines dans la sécurisation d'une partie importante de la demande en eau agricole. Cependant, l'analyse de l'évolution de l'exploitation de la nappe a mis en évidence sa dégradation en termes de quantité et de qualité, ce qui va encore affaiblir la capacité du système étudié à faire face à la rareté des ressources en eau. Les modalités de répartition des eaux du Canal Medjerda Cap Bon, qui est une ressource en eau à multi-usages, suivent une politique qui donne la priorité à l'eau potable. En conséquence, les systèmes irrigués subissent les impacts de la variabilité des ressources en eau en amont. L'analyse de l'évolution de l'historique de l'usage de l'eau a montré que la situation actuelle est due en une partie à une mauvaise définition et application des règles encadrant l'accès, l'approvisionnement et les usages de l'eau.

L'analyse de l'impact de cette pénurie d'eau sur le système étudié a révélé l'absence d'une coordination efficace entre la SECADENORD et le CRDA quant à la planification des allocations annuelles et lors de la gestion quotidienne de la variabilité de l'offre en eau. Cependant, notre analyse a révélé que même s'il y a eu la mise en place d'un système de communication fonctionnel autour de la variabilité de l'offre en eau du canal ou des interruptions de l'approvisionnement en eau, le CRDA n'a pas la capacité d'améliorer la situation. Il n'a pas les moyens pour contrôler les prélèvements de la SONEDE, ni les marges de manœuvre pour faire face à la variabilité de l'offre ou pour alléger les impacts de la pénurie sur les périmètres irrigués. Ceci nous à dire qu'une amélioration des processus de coordination au niveau de cette interface doit être accompagnée par la mise en place d'une infrastructure qui permet au CRDA de gérer les impacts de la pénurie d'eau et d'augmenter ses marges de manœuvre.

Le diagnostic de la communication entre le CRDA et le GDA montre qu'il y a un déficit de coordination à ce niveau. A cause de l'incapacité du GDA à transmettre à avance sa demande en eau journalière au gestionnaire du CRDA, la dynamique de gestion du CRDA est basée uniquement sur une prédiction de cette demande et ne permet pas d'établir un système d'allocation d'eau à la demande. L'origine de cette défaillance, est l'incapacité du GDA de déterminer le nombre des agriculteurs qui irriguent en même temps pendant une journée déterminée malgré le système du tour d'eau existant entre les irrigants. Le GDA continue d'utiliser des règles de gestion qui ne sont

plus adaptées au contexte actuel de pénurie d'eau et, il a fini par perdre le contrôle sur l'accès des agriculteurs au réseau collectif. De sa part, le CRDA n'a initié aucun effort pour améliorer la communication avec le GDA. Même s'il y a eu un transfert de gestion aux associations qui nécessite des processus de coordination à multi-niveaux, on constate que la coordination entre le CRDA et les acteurs locaux reste hiérarchique et centralisée.

Il n'y a eu aucun changement des règles de gestion intra-périmètre face au changement du contexte actuel marqué par une pénurie d'eau. Les agriculteurs ne sont pas informés des dysfonctionnements du système, des changements et ne sont pas impliqués dans la coordination des tours d'irrigation entre eux, ce qui a abouti en conséquence au développement de pratiques de plus en plus individualisées. Par manque d'imputabilité envers les agriculteurs, le GDA n'a instauré aucun système de communication avec eux ; l'information est considérée uniquement comme une source de pressions sur le CRDA. Ainsi il y a souvent une distorsion des informations concernant les causes d'interruption du service d'irrigation.

Les résultats de notre analyse ont montré qu'il y a une communication fonctionnelle entre les acteurs de la même interface. Au sein du CRDA, le gestionnaire de la station de pompage et celui des périmètres irrigués ont mis en place un système de transfert d'informations de routine qui leur permettaient de maîtriser la programmation des irrigations.

Le diagnostic préliminaire des dysfonctionnements de chaque interface de ce système montre qu'au niveau de l'interface GDA-irrigants, le mode de gestion mis en vigueur est non fonctionnel car il est limité par des décisions et des règles inadaptées au contexte physique actuel de pénurie d'eau et au contexte institutionnel de politique de responsabilisation des agriculteurs et du renforcement de leurs capacités d'action collective.

Ainsi, on a choisi de procéder à une analyse plus approfondie des stratégies d'adaptation mises en œuvre dans le PPI de Zaouiet Jedidi. Nos résultats ont révélé que les agriculteurs, qui ont d'importants moyens financiers, ont amélioré leurs accès à l'eau en exploitant les eaux de la nappe à travers des puits profonds. De tels investissements ne sont pas à la portée des petits agriculteurs ; des crédits ou des subventions ne sont pas permis pour de telles installations illégales et la possibilité de creuser des puits profonds communs n'a jamais été considérée. Ainsi, la plupart des petites exploitations qui résultent du morcellement sont les plus vulnérables à la pénurie d'eau puisqu'elles n'ont pas un accès à des eaux souterraines de bonne qualité. Elles subissent l'allongement des tours d'eau et sont obligées de partager les bornes d'irrigation. D'autre part, le manque d'autorité pour assurer le contrôle de telles pratiques (puits illicites) et l'ambiguïté de la position du CRDA n'a fait qu'accentuer cette inégalité. Le GDA considère ces forages illicites comme une solution pour réduire la demande en eau et éviter les conflits avec les irrigants. De la même façon, les agriculteurs les considèrent comme un moyen légitime pour faire face à la pénurie d'eau. Alors que les risques de la surexploitation de la nappe profonde soient connus, les acteurs locaux ne semblent pas capables d'agir efficacement d'une manière coordonnée pour une gestion durable dans le contexte actuel de pénurie d'eau.

Les agriculteurs ont essayé aussi d'améliorer leur accès au réseau collectif à travers la conversion de leurs systèmes d'irrigation au goutte à goutte, ce qui leur permet d'irriguer à la demande ou à travers l'acquisition de terrains à proximité qui leurs permettent d'utiliser plus qu'une borne d'irrigation. L'introduction du goutte à goutte a amené à une augmentation inattendue de l'offre en eau quand les agriculteurs n'ont pas accès aux eaux souterraines et irriguent uniquement à partir du réseau collectif. Malgré les mécanismes d'incitation pour l'équipement des parcelles en goutte à goutte, les petits agriculteurs sont souvent réticents pour innover tant qu'ils ne sont pas capables d'avoir un

accès à la nappe et tant qu'ils n'ont pas une sécurité suffisante pour irriguer fréquemment. De surcroît, le coût d'acquisition des systèmes d'irrigation localisée est très élevé pour les petites exploitations comparativement aux exploitations de superficies importantes. La promotion du goutte à goutte, non seulement n'a pas assuré une économie d'eau, mais elle a engendré une augmentation des prélèvements du réseau collectif et a encouragé les agriculteurs à exploiter des puits profonds illicites. Le développement du goutte à goutte a encore le potentiel d'améliorer la productivité des systèmes de culture, mais ceci nécessite de nouvelles institutions et un support fort pour adapter la communauté locale à une telle innovation.

Les résultats de l'évaluation de la perception des agriculteurs de la qualité du service de l'irrigation valide le fait que le système de gestion actuel est dysfonctionnel. Le sondage d'opinion a révélé que la plupart des agriculteurs sont insatisfaits des indicateurs relatifs à la qualité du service d'irrigation, en particulier l'adéquation en eau et l'équité de distribution de l'eau. Par contre, le fonctionnement de l'association des irrigants est jugé plus satisfaisant. Les agriculteurs considèrent que l'augmentation de l'offre en amont par l'administration est la seule solution pour alléger cette situation de pénurie et que l'association des irrigants n'a pas la capacité d'intervenir efficacement. Les analyses de corrélation entre les différents indicateurs ont montré que selon les agriculteurs un bon service d'irrigation est celui : (1) qui fournit des quantités d'eau adéquates, (2) qui permet l'accès à une bonne qualité d'eau, (3) qui se caractérise par une bonne organisation de sa distribution (4) qui permet à l'utilisateur d'utiliser la technique qu'il souhaite, (5) où l'eau est disponible au moment où l'utilisateur en a besoin et (5) qui permet à l'irrigant d'accéder aux différentes informations concernant ce service (organisation, coupures et accidents...). Leur perception d'une bonne qualité du processus interne du GDA dépend (1) de l'organisation du tour d'eau, (2) la transmission de l'information à l'utilisateur, (3) de la capacité à fournir des quantités d'eau adéquates à ses abonnés et (4) de la possibilité d'utiliser la technique choisie par l'irrigant. Puisque l'augmentation de l'apport en eau nécessite l'intervention de l'administration en amont du système et s'inscrit dans le cadre des interventions à long terme, l'amélioration du passage de l'information à l'utilisateur et l'organisation du tour d'eau semble être plus pertinente et permettrait de mieux répondre aux besoins des irrigants. Vu que le GDA est responsable de la distribution de l'eau entre les usagers et de la communication des informations concernant la situation actuelle du système, on peut conclure que ce dernier doit renforcer son système de communication avec les agriculteurs et améliorer la programmation des irrigations entre ses abonnés. La forte corrélation entre l'adéquation et l'organisation du tour d'eau et l'adéquation et le passage de l'information confirme l'efficacité de cette proposition.

8.2.2. Résultats de l'accompagnement d'une intervention d'amélioration de la gestion de l'eau à travers le renforcement des interactions et des coordinations entre les acteurs

La complexité de la situation des systèmes collectifs marqués par une pluralité de logiques et de rationalités est plus importante quand la gestion de ces systèmes dépend de plusieurs interfaces. Un tel contexte nécessite d'amener une réflexion sur l'amélioration de la coordination à travers des processus d'accompagnement des acteurs locaux vers la résolution collective de leurs problèmes. Cette réflexibilité doit rendre visible les logiques derrière les postures des différents acteurs, dans la mesure où leur perception peut être à l'origine du blocage des actions d'adaptation et en supposant que le changement de cette perception peut renforcer l'action collective et développer la capacité des acteurs locaux à résoudre eux-mêmes leurs problèmes. L'implication des acteurs est encore plus pertinente s'ils sont associés dès le début dans la construction des outils participatifs tel que le modèle ou le jeu de rôles. Plutôt que de construire un modèle compliqué qui reproduit le même

système ou qui prédit son évolution future, on a opté pour l'exploitation d'un modèle qui représente un système similaire mais simplifié qui est composé des mêmes types d'acteurs, des mêmes contraintes et des mêmes dynamiques. Ce simulateur est basé essentiellement sur la perception des agriculteurs de la situation de pénurie d'eau dans leur périmètre. Cette simplification a permis l'immersion des participants dans ce monde virtuel, de comprendre la complexité et les origines des contraintes du système pour passer, ensuite, à un autre niveau d'interaction et de négociation matérialisé par le monde réel. La démarche a permis aux agriculteurs de proposer des actions d'amélioration de la qualité du service d'irrigation et d'identifier la responsabilité de chaque acteur. Devant l'incapacité de l'Etat d'augmenter aussitôt l'offre en eau, les participants ont opté pour une réflexion sur l'amélioration de la gestion des ressources disponibles. La démarche a permis aussi de valider les différentes stratégies d'adaptation des irrigants à la situation de pénurie d'eau, discutées dans le chapitre précédent.

Dans ce processus participatif, on a partagé nos connaissances scientifiques avec les différents acteurs. Même si les participants ne comprennent pas réellement les origines des problèmes actuels de gestion de l'eau dans le périmètre, ils ont des conceptions de causalité qu'ils ont construites à travers leurs expériences personnelles, les événements qu'ils ont considérés comme les causes principales du dysfonctionnement ou par les informations qu'ils ont acquises du GDA ou de l'administration. Dans ce processus, le mariage de l'expertise scientifique avec le savoir-faire local a eu comme effet de croiser les différents points de vue et de clarifier des situations ambiguës. Parmi les exemples les plus marquants, les agriculteurs ont appréhendé la relation entre la variation de la pression de l'eau et le nombre d'agriculteurs qui irriguent en même temps. Ils ont aussi identifié des calendriers d'irrigation plus appropriés et ils ont proposé des modèles alternatifs de coordination.

Le processus participatif a réussi non seulement à éliciter l'apprentissage individuel, mais les interactions créées grâce à ce processus ont facilité aussi l'apprentissage collectif. Les participants sont devenus conscients de l'interdépendance qui existe entre eux ; ils sont passés des discussions centrées auparavant sur des solutions relatives à l'augmentation de l'offre en amont à des propositions d'amélioration en aval. Ces dernières se trouvent dans le domaine d'application du GDA et des irrigants. Dans ce travail, on considère que les interactions ont renforcé l'action collective à travers deux processus : la négociation orientée vers les consensus et la négociation orientée vers les compromis. Pour le premier processus, les participants étaient capables de partager une vision commune des problèmes de gestion de l'eau et de proposer des solutions. Par contre, pour le deuxième processus, des conflits d'intérêts et des différences de distribution des pouvoirs ont été exposés. Les solutions collectives proposées sont en effet le résultat de pression de quelques agriculteurs, qui partagent les mêmes intérêts ou les mêmes contraintes, sur le reste des participants. On peut conclure que l'introduction progressive des connaissances techniques sur les origines des problèmes de gestion dans le périmètre et de la responsabilité de chaque acteur dans la situation actuelle a favorisé le processus d'apprentissage et a joué le rôle de déclencheur de dialogue et d'interactions entre les participants.

L'évaluation des effets de la participation des acteurs dans ce processus d'amélioration est un élément substantiel dans notre recherche. Les résultats de cette évaluation ont révélé que l'utilisation de la représentation sociale des agriculteurs de la situation actuelle de pénurie d'eau permet d'amener ces acteurs locaux à s'engager collectivement dans un processus de résolution des problèmes. Le recours à cette représentation a permis à ce processus participatif de gagner de la légitimité auprès de ces acteurs et de garantir ainsi qu'ils vont s'engager dans l'application des actions qu'ils ont eux-mêmes élaborés. Ce lien entre la légitimité d'un processus et les intérêts définis selon la représentation de chaque acteur permet d'expliquer la posture du GDA qui a mis en

question l'efficacité du processus et la légitimité de ses résultats. Ce dernier a considéré que ce processus a orienté les participants pour discuter principalement des règles collectives de gestion interne du périmètre, ce qui ne coïncide pas avec ses intérêts et ce qui peut expliquer ses essais successifs de blocage du processus.

Les interactions qui ont eu lieu dans ce processus, étaient à l'origine d'un apprentissage collectif qui a joué un rôle de renforcement de ces acteurs : il s'agit de comprendre que faire une pression collectivement sur les autres leur permet d'aboutir à des compromis ou des consensus qu'ils ne peuvent pas accomplir individuellement. Parmi les exemples les plus marquants de cet apprentissage, on cite la prise de conscience des petits agriculteurs des fortes inégalités d'accès à l'eau entre les irrigants. Ceci a permis à ces derniers de se mobiliser collectivement pour revendiquer leurs droits d'eau pendant les ateliers collectifs.

La participation des différents acteurs dans ce processus a abouti à une meilleure pertinence des actions du point de vue technique et des choix socialement plus acceptables. Ces solutions, qui sont élaborées par les agriculteurs eux-mêmes, sont perçues comme légitimes et valides de leur point de vue. La reconstruction de règles de distribution de l'eau entre les irrigants, qui visent à améliorer la satisfaction en eau des irrigants ou assurer au moins l'équité de distribution de l'eau entre eux, ne servait pas les intérêts des grands agriculteurs qui gardent un *statu quo* et résistent aux changements. Cependant, la majorité des agriculteurs participants ont défendu les solutions produites lors de cet atelier et ont exercé une pression sur les grands agriculteurs et le GDA en affirmant leur légitimité et la fiabilité de leurs discours.

Le GDA, en tant qu'association des irrigants supposée renforcer la coordination entre ces acteurs locaux, a vu la légitimité de ses décisions plutôt mises en question par ces derniers. Contrairement à notre objectif de l'implication du GDA dans ce processus afin d'éveiller sa conscience de la défaillance des règles actuelles de gestion, l'équipe technique s'est orientée vers la proposition d'actions qui se trouvent dans le champ d'intervention du CRDA ou des agriculteurs, et ils ont limité le rôle de leur institution à la vulgarisation. Ainsi, le GDA n'a proposé aucune modification de sa manière de gestion. Ceci montre à ce stade du processus, que la perception du GDA des origines de la pénurie d'eau n'a pas encore changé. Malgré la résistance continue du GDA à l'application des résultats des ateliers collectifs, il a fini par accepter la réorganisation du tour d'eau collectivement avec les agriculteurs. Le GDA a compris qu'entant que représentant des irrigants, il doit composer avec les décisions de ses adhérents.

Les résultats de ce processus montrent qu'il y a eu un changement des relations entre les différents acteurs. Entre les agriculteurs, la participation a permis un passage d'une attitude individualiste à une situation coopérative dans laquelle les agriculteurs étaient à même de discuter, réfléchir et de proposer collectivement des solutions différentes à un problème en commun. D'autre part, il y a eu un changement dans les relations entre les agriculteurs et les institutions (le GDA et le CRDA). A travers la compréhension des origines de la pénurie d'eau et des difficultés des gestionnaires pour faire face à cette situation, les agriculteurs ont éprouvé de l'empathie envers le GDA.

Cependant, les agriculteurs sont devenus plus conscients de la responsabilité de chaque acteur dans la situation, ce qui a amené à critiquer le rôle du GDA dans l'augmentation de l'iniquité entre les irrigants et le renforcement des acteurs qui ont plus de pouvoir.

La contribution principale de ce travail, c'est le développement d'une approche d'apprentissage dans le domaine de la gestion des ressources en eau qui a permis de changer la perception des acteurs locaux et de co-construire avec eux des actions collectives d'amélioration de la qualité du service d'irrigation. A travers ce processus participatif, on estime que les différents acteurs (agriculteurs et

GDA) se sont familiarisés aux techniques de négociation qui leur ont permis d'atténuer l'effet des contraintes dans la gestion de l'eau dans ce périmètre. L'évaluation des effets d'apprentissage sur la perception des participants nous amènent à conclure que la compréhension du contexte social dans lequel le processus de résolution des problèmes est ancré est fondamentale et qu'il est nécessaire d'analyser, au-delà des perceptions et discours apparents, les intérêts et les valeurs sous-jacents.

8.3. Quelques perspectives de recherche

La première perspective de recherche qui s'ouvre, suite à ces travaux de thèse réside dans l'enrichissement mutuel possible entre les démarches d'évaluation et celles de l'amélioration. Nous avons opté pour une analyse systémique centrée sur l'analyse des mécanismes de coordination entre les différents niveaux du système. Concernant le renforcement des interactions et des coordinations entre les différents acteurs, nous nous sommes focalisés sur l'interface GDA-agriculteurs comme le niveau le plus pertinent pour introduire des actions d'amélioration. Un travail futur pourrait élargir l'éventail des parties prenantes et les niveaux de prise de décision pour remonter aux interfaces SECADENORD-CRDA-SONEDE.

Il nous semble aussi que le suivi de l'application sur le terrain de la réorganisation du tour d'eau et de l'évaluation de son efficacité (aspect non achevé dans cette thèse, faute de temps) semble être une perspective intéressante à l'issue de cette thèse. Un tel suivi permettra d'évaluer les points de force et de faiblesse de la méthodologie de ce travail. Un retour sur les facteurs qui expliquent les difficultés de l'implémentation des actions d'amélioration permet d'améliorer ce travail et de tirer plus de leçons sur l'implémentation de telles interventions dans un contexte assez compliqué comme c'est le cas du PPI de Zaouiet Jedidi.

Dans notre travail, l'analyse des enjeux de gestion de l'eau a été centrée sur les enjeux relatifs à la gestion des eaux de surface. Cependant, les résultats de ce travail ont montré à plusieurs reprises l'impact de l'exploitation des eaux souterraines sur la gestion de l'eau de surface dans ce périmètre public irrigué. Le chapitre 4 a mis l'accent sur le recours à l'exploitation des eaux souterraines comme une stratégie principale pour faire face à la rareté de l'eau de surface et l'impact de la dégradation de sa qualité sur la gestion du réseau collectif d'irrigation. En ce sens, le chapitre 5 a montré la forte corrélation entre la perception des agriculteurs de la qualité du service de l'eau assurée par le GDA et la qualité de l'eau souterraine. Aussi, les chapitres 6 et 7 ont montré que les plans d'actions proposés par les agriculteurs ont intégré l'amélioration de la qualité de l'eau souterraine et une meilleure organisation dans son exploitation comme une solution pour améliorer la gestion actuelle du système. Ainsi, approfondir davantage les analyses relatives à l'usage des ressources en eau souterraines, pourrait améliorer la compréhension de la complexité des problèmes du système étudié. En ce sens, dans un contexte d'utilisation conjuguée de l'eau de surface et de l'eau souterraine, situer le service de l'eau de surface dans une vision plus intégrée du cycle de l'eau (qui prend en considération les interactions qui résultent des modes d'exploitation et gestion de ces deux ressources) permet d'aboutir à des interventions mieux adaptées au contexte.

ANNEXES

Annexe 1: Sondage d'opinion (indicateurs descriptifs, indicateurs relatifs à la qualité du service de l'eau, indicateurs relatifs à quelques aspects du processus interne du GDA)

Le sondage d'opinion est réparti en trois parties qui sont présentées dans les trois tableaux suivants.

Tableau 1 : Indicateurs descriptifs de la situation des agriculteurs

Indicateurs descriptifs de la situation des agriculteurs	
Situation personnelle	
Genre	<input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> F
Pluriactivité	<input type="checkbox"/> Agriculteur <input type="checkbox"/> Pluriactif
Qui irrigue	<input type="checkbox"/> Vous <input type="checkbox"/> un ouvrier permanent <input type="checkbox"/> autre
Localisation	
Le quartier	N° ... <input type="checkbox"/> 1 quartier <input type="checkbox"/> Plusieurs quartiers
Position dans le réseau	<input type="checkbox"/> En amont du quartier <input type="checkbox"/> au milieu du quartier <input type="checkbox"/> à l'aval du quartier
Relief	<input type="checkbox"/> Pente forte <input type="checkbox"/> Pente moyenne
Accès à l'eau	
Nombre d'usagers/borne	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 à 4 <input type="checkbox"/> sup à 4
Exploitant de	<input type="checkbox"/> Puits <input type="checkbox"/> Forage <input type="checkbox"/> Puits et un forage <input type="checkbox"/> rien
Utilisateur de	<input type="checkbox"/> Bassin <input type="checkbox"/> Bassin +pompe <input type="checkbox"/> Rien
Accès à la borne d'irrigation (accès à l'axe)	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
L'agriculteur est informé du	Tour d'eau entre les 4 GDA : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Tour d'eau entre les agriculteurs du même quartier : <input type="checkbox"/> Oui Non Heures de pointe de la STEG (de la station pompage): <input type="checkbox"/> Oui Non <input type="checkbox"/> Ces heures de pointe commencent à..... et finissent à
Disposez-vous d'un compteur fonctionnel ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Qualité de l'eau	
Analyse régulière de la salinité de l'eau du puits (chaque 1 ou 2 années)	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Mélange de l'eau du réseau et de la nappe	<input type="checkbox"/> Oui, dans le bassin <input type="checkbox"/> Oui, dans les conduites <input type="checkbox"/> Non
Il y a une remontée du niveau de l'eau de la nappe dans votre exploitation, (le cas échéant) : vous bénéficiez d'un système de drainage ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
L'agriculteur utilise des filtres pour améliorer la qualité de l'eau	<input type="checkbox"/> 2 filtres pour le GAG <input type="checkbox"/> 1 filtre pour le GAG <input type="checkbox"/> 1 filtre dans le bassin rien
Statut foncier	
Mode d'acquisition	<input type="checkbox"/> P <input type="checkbox"/> L <input type="checkbox"/> M
Superficie de l'exploitation	
Technique d'irrigation	<input type="checkbox"/> Irrigation gravitaire <input type="checkbox"/> Irrigation localisée
Participation au fonctionnement du GDA	<input type="checkbox"/> Adhérent (participe dans la vie collective) <input type="checkbox"/> Client

Tableau 2: Indicateurs relatifs à la qualité du service d'irrigation

Les agriculteurs ont accès à une eau de bonne qualité qui est distribuée équitablement selon les besoins des agriculteurs (IS)
L'eau d'irrigation est de bonne qualité (IS) <input type="checkbox"/> Salinité de l'eau à la borne <input type="checkbox"/> Salinité de la nappe <input type="checkbox"/> Colmatage des matériels d'irrigation ou de compteur <input type="checkbox"/> autre
Les quantités d'eau disponibles sont suffisantes pour satisfaire les besoins en eau des agriculteurs (adequacy) (IS) <input type="checkbox"/> Extension des superficies irriguées <input type="checkbox"/> Tour d'eau entre les 4 GD <input type="checkbox"/> Surexploitation de la nappe <input type="checkbox"/> autre
Les agriculteurs peuvent irriguer au moment où ils ont besoin (timeliness) (IS) <input type="checkbox"/> Accès à la borne d'irrigation (l'axe) <input type="checkbox"/> Tour d'eau <input type="checkbox"/> autre
Les conditions de livraison d'eau (débit, pression) sont facilement maîtrisées par l'utilisateur, et lui permettent d'utiliser la technique qu'il souhaite (tractability) (IS) <input type="checkbox"/> Variabilité de débit/pression de l'eau <input type="checkbox"/> autre
la distribution de l'eau est fiable et la date à laquelle l'agriculteur peut irriguer est prévisible (Fiability, predictability) (IS) <input type="checkbox"/> Tous les agriculteurs irriguent en même temps <input type="checkbox"/> Tour d'eau variable (date, durée) <input type="checkbox"/> Coût de main d'œuvre <input type="checkbox"/> Interruptions fréquentes du service d'eau lors de son tour <input type="checkbox"/> autre
La distribution de l'eau est équitable entre les usagers (equity) (IS) <input type="checkbox"/> Equité dans l'accès à la borne entre tous les usagers (GAG, gravitaire) <input type="checkbox"/> autre

Tableau 3: Indicateurs relatifs à la gestion interne par le GDA

l'organisation collective des agriculteurs favorise une gestion efficace du PI (IS)
Le GDA informe l'agriculteur du changement des conditions d'exploitation du réseau et des interruptions du service de l'eau à l'avance (IS)
Le tour d'eau organisé par le GDA est respecté et satisfait le besoin en eau des agriculteurs (IS)
Le comptage de l'eau est fonctionnel et favorise une bonne gestion des eaux du réseau d'irrigation (IS)
Le PI est en bon état et bénéficie d'une maintenance régulière (IS)
Le prix de l'eau est convenable et accepté par les agriculteurs (IS)

Annexe 2: Mesure des volumes moyens d'eau pompés à partir de la nappe durant la période de pointe

N° Agricu	Accès à la nappe	Superficie (ha)	Capacité du bassin (m ³)	Mesures de débit				Débit moyen (l/s)	Débit moyen (m ³ /h)	Durée irrigation (h)	Volume pompé par jour (m ³)	Volume pompé Pointe (m ³)	Volume pompé (m ³ /ha)
				N° mesure	Volume (l)	durée (s)	débit (l/s)						
1	1 P	8	108	1	30	3,16	9,49	8,60	31	5	154,8	13935	1742
				2	30	3,23	9,29						
				3	30	3,74	8,02						
				4	30	3,61	8,31						
				5	30	3,8	7,89						
2	1 F	6	147	1	30	3,54	8,47	8,52	30,66	10	306,6	27594	4599
				2	30	3,34	8,98						
				3	30	3,33	9,01						
				4	30	3,63	8,26						
				5	30	3,82	7,85						
3	1 P	3,75	57,6	1	200	39,45	5,07	5,06	18,20	4	72,8	6552	1747
				2	200	39,67	5,04						
4	1 P	8	216	1	30	8,1	3,70	3,66	13,19	5	65,9	5933	742
				2	30	8,23	3,65						
				3	30	8,34	3,60						
				4	30	8,1	3,70						
				5	30	8,19	3,66						
5	1 F	15	288	1	30	3,76	1	8,41	30,28	6	181,7	16350	5450
				2	30	3,38	2						
				3	30	3,56	3						
				4	30	3,42	4						
				5	30	3,75	5						
6	1 P	4	0	1	200	57,96	3,45	3,49	12,56	5	62,8	5654	1413
				2	200	57,96	3,45						
				3	200	57,96	3,45						
				4	200	57,96	3,45						
				5	200	57,96	3,45						

Annexe 3: Calcul du seuil de viabilité utilisé dans le jeu de rôles

Détermination des charges et des recettes de chaque classe d'agriculteur

A partir des entretiens avec les agriculteurs, on a déterminé une moyenne des charges annuelles pour chaque classe d'agriculteur. On a considéré ce calcul pour une exploitation de vergers d'agrumes. L'espacement entre les arbres est de 6/6. L'âge des arbres est de 50 ans.

(1) Concernant l'irrigation à partir du réseau collectif, le prix de 1 m³ d'eau est de 0,11 dinar. Les frais annuel d'abonnement au service du GDA sont la somme de la cotisation annuelle qui est de 20 dinars/ha et les frais annuels de compteurs qui sont de 20 dt/borne d'irrigation. Les charges relatives à l'irrigation à partir des eaux de surface sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Charges annuelles moyennes relatives à l'irrigation à partir du réseau collectif pour chaque joueur

Acteur	Superficie (ha)	Cotisation annuelle (dinars)	Frais compteur annuel (dinars)	Frais abonnement au service annuel (dinars)	Besoins en eau (m ³)	Charges fixes (dinars)	Charges variables pour 100% de satisfaction des besoins en eau des agrumes (dinars)
Joueur 1	0,6	12	20	32	3716	64	409
Joueur 2	0,5	10	20	30	3097	60	341
Joueur 3	0,3	6	20	26	1858	52	204
Joueur 4	0,5	10	20	30	3097	60	341
Joueur 5	1,25	25	40	65	6083	130	669
Joueur 6	17	340	40	380	82722	760	9099
Joueur 7	3,5	70	40	110	21679	220	2385
Joueur 8	1,25	25	40	65	6083	130	669

(2) Les charges relatives à l'irrigation à partir des eaux de la nappe souterraine pour chaque joueur sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Charges annuelles moyennes relatives à l'irrigation à partir de la nappe pour chaque joueur

Acteur	Superficie (ha)	Nombre de bassins	Nombre de puits	Coût de pompage annuel à partir d'un puits (dinars)	Coût de pompage annuel à partir du bassin (dinars)	Coût de pompage total (dinars)
Joueur 1	0,6	1	1P	90	45	135
Joueur 2	0,5	0	0	0	0	0
Joueur 3	0,3	0	0	0	0	0
Joueur 4	0,5	0	0	0	0	0
Joueur 5	1,25	1	1P	188	94	281
Joueur 6	17	1	1F	8500	1275	9775
Joueur 7	3,5	1	1P	525	263	788
Joueur 8	1,25	1	1F	188	94	281

(3) Les différentes pratiques agricoles ainsi que l'estimation de leurs charges sont présentées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Charges moyennes relatives aux pratiques agricoles pour chaque joueur (dinars/ha/an)

Charges annuelles (dinars/ha)								
Activité N° joueur/superficie (ha)	Joueur 1	Joueur 2	Joueur 3	Joueur 4	Joueur 5	Joueur 6	Joueur 7	Joueur 8
	0,6 ha	0,5 ha	0,3 ha	0,5 ha	1,25 ha	17 ha	3,5 ha	1,25 ha
Désherbage	114	95	57	95	237,5	3230	665	237,5
Fumier	750	625	375	625	1562,5	42500	8750	1562,5
Fertilisation	78	65	39	65	312,5	4250	875	312,5
Traitement phytosanitaire								
Major (acarier)	0	0	0	0	300	4080	840	300
Talstar (puceron)	0	0	0	0	0	7820	1610	0
Ultracide (cochenille)	0	0	0	0	0	3060	630	0
Taille des arbres	405	337,5	202,5	337,5	843,75	11475	2362,5	843,75
Entretien des conduites de goutte à goutte	0	0	0	0	168,75	2295	472,5	168,75
Coût de récolte	1008	840	504	840	4200	95200	19600	4200
Charges totales	2355	1962,5	1177,5	1962,5	7625	173910	35805	7625

(4) L'estimation des recettes pour chaque joueur est présentée dans le tableau 4.

Tableau 4 : Recettes annuelles pour chaque joueur (dinars)

Acteur	Superficie (ha)	Recettes annuelles (dinars)
Joueur 1	0,6	5354
Joueur 2	0,5	4462
Joueur 3	0,3	2677
Joueur 4	0,5	4462
Joueur 5	1,25	22309
Joueur 6	17	606798
Joueur 7	3,5	124929
Joueur 8	1,25	22309

(5) On a procédé au calcul des marges brutes de chaque joueur dans le tableau 5

Tableau 5 : Estimation des marges brutes (dinars) de chaque joueur

Acteur	Superficie (ha)	Charges fixes de l'irrigation à partir du réseau (dinars)	Charges variables de l'irrigation à partir du réseau (dinars)	Charges fixes de l'irrigation à partir de la nappe (dinars)	Charges fixes des pratiques agricoles (dinars)	Recettes (dinars)	Marges brutes (dinars)
Joueur 1	0,6	32	409	135	2355	5354	2423
Joueur 2	0,5	30	341	0	1963	4462	2129
Joueur 3	0,3	26	204	0	1178	2677	1270
Joueur 4	0,5	30	341	0	1963	4462	2129
Joueur 5	1,25	65	669	281	7625	22309	13669
Joueur 6	17	380	9099	9775	173910	606798	413634
Joueur 7	3,5	110	2385	788	35805	124929	85841
Joueur 8	1,25	65	669	281	7625	22309	13669

(6) Le calcul de l'indice ' $indice_i$ ' calculé suivant l'équation (1) du chapitre 5 est présenté dans le tableau 6.

Tableau 6 : Calcul de l'indice $indice_i$ utilisé pour estimer le seuil de viabilité de chaque joueur

Acteur	Taux de satisfaction des besoins en eau (%) Tb_k	% de quota d'eau =>	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1	<i>indice_i</i>		-2522	-2563	-2604	-2645	-2686	-2726	-1429	-131	899	1394	2424
2			-1993	-2027	-2061	-2095	-2129	-2163	-1081	0	858	1270	2129
3			-1204	-1224	-1244	-1265	-1285	-1306	-657	-8	507	754	1269
4			-1993	-2027	-2061	-2095	-2129	-2163	-1081	0	858	1270	2129
5			-7971	-8038	-8105	-8172	-8239	-8306	-2796	2715	7110	9274	13668
6			-184025	-184935	-185845	-186755	-187665	-188575	-37785	113004	233454	293224	413674
7			-36693	-36931	-37169	-37408	-37646	-37885	-6891	24103	48850	61104	85852
8			-7971	-8038	-8105	-8172	-8239	-8306	-2796	2715	7110	9274	13668
	Taux de production (%) Tp_j	% de production =>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	25%	50%	70%	80%	100%

(7) On a estimé aussi la productivité annuelle de l'eau pour chaque classe d'agriculteur (tableau 7). On a identifié la productivité de l'eau comme le rapport entre la marge brute et le volume d'eau d'irrigation apporté en période de pointe pour chaque classe d'agriculteur.

Tableau 7 : Productivité annuelle de l'eau pour chaque classe d'agriculteur.

	Grand agriculteur	Agriculteur moyen	Petit agriculteur
	Superficie>2 ha	0,5 ha < Superficie <2 ha	Superficie≤0,5 ha
Charge des pratiques agricoles (dinars/ha)	10230	6100	3925
Charge fixes et variable de l'eau (dinars/ha)	1123	876	864
Charges totales (dinars/ha)	11353	6976	4789
Recettes (dinars/ha)	35694	17847	8924
Marge brute (dinars/ha)	24341	10871	4135
Volume d'eau (m³/ha)	6600	4800	6383
Productivité de l'eau d'irrigation apportée en période de pointe (dinars/m³)	3,69	2,26	0,65

Annexe 4 : Exemple d'une fiche d'acteurs distribuée au début de la session du jeu

Fiche du joueur n°1

Nom : Salah

Ton rôle :

Tu es un petit agriculteur propriétaire de 0.5 ha de vergers d'agrumes. Tu travailles dans une usine de transformation d'agrumes de 19 h à 3 h du matin. Tu irrigues à partir d'une borne du réseau qui est commune avec ton voisin Salah.

Ton objectif : tu dois avoir 12 billes d'eau afin de réussir ta campagne agricole, mais tu dois avoir au minimum 10 billes d'eau afin d'assurer la viabilité de ton exploitation.

Tes ressources en eau :

- A partir de la nappe :
 - Tu as un puits de surface
 - Si tu vas irriguer à partir du puits, tu ne peux avoir qu'une seule bille verte pendant toute la campagne agricole (soit les six tours du jeu)
- A partir de la borne d'irrigation : Tu utilises une borne commune avec ton voisin Mohammed.

Ta technique d'irrigation : le gravitaire traditionnel (segua)

Ce que tu sais :

- Ta demande en eau ne doit pas dépasser 3 billes dans un tour du jeu
- Tu irrigues selon un tour d'eau organisé par le GDA
- Seul le GDA peut te donner accès à la borne d'irrigation
- Tu dois t'organiser avec ton voisin qui utilise la même borne pour les horaires d'irrigation
- Tu ne peux pas irriguer de 19 h jusqu'à 3 h du matin.