

## Un jeu de simulation pour préparer une gouvernance de l'eau : une expérience en Tunisie centrale

Marjorie Le Bars<sup>1</sup>  
Philippe Le Grusse<sup>2</sup>  
Laassad Albouchi<sup>3</sup>  
Jean-Christophe Poussin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IRD  
UMR G-eau  
361, rue Jean-François Breton  
BP 5095  
34196 Montpellier cedex 05  
France  
<Marjorie.Le-Bars@ird.fr>  
<Jean-Christophe.Poussin@ird.fr>

<sup>2</sup> CIHEAM-IAM  
UMR G-eau  
3191, route de Mende  
34093 Montpellier cedex 05  
France  
<legrusse@iamm.fr>

<sup>3</sup> École supérieure d'agriculture de Mograne  
1121 Zaghouan  
Tunisie  
<albouchi@hotmail.com>

### Résumé

Jusqu'aux années 2000 en Tunisie, les services de l'État géraient les ressources en eau sans aucune concertation avec les usagers. Localement, cette gestion était confiée aux commissariats régionaux de développement agricole (CRDA). Depuis, l'État tunisien a décidé d'impliquer les agriculteurs dans cette gestion locale. Il encourage le regroupement des agriculteurs au sein de groupements de développement agricole (GDA), interlocuteurs des CRDA pour la gestion de l'eau. Avec ce dispositif, le CRDA doit prendre en compte les demandes des agriculteurs, regroupés dans le GDA, et en retour, ces derniers doivent prendre conscience que la ressource est partagée et qu'il est dangereux de la surexploiter. Comment GDA et CRDA peuvent-ils construire cette gestion concertée ? Dans cet article, nous présentons un jeu de simulation, construit à la demande d'agents du CRDA de Kairouan pour réfléchir à une gestion concertée de la ressource en eau dans un petit bassin-versant typique de Tunisie centrale. Notre objectif était d'utiliser ce jeu pour sensibiliser, d'un côté, les agriculteurs au nécessaire partage de la ressource, notamment en période de pénurie, et aux risques engendrés par sa surexploitation, et, d'un autre côté, les agents du CRDA aux déterminants des usages de l'eau à l'origine des demandes. Ce jeu repose sur une représentation du fonctionnement hydrologique du bassin et des diverses exploitations agricoles qui exploitent la ressource en eau avec plusieurs modalités d'accès. Une séance de simulation a été organisée avec les agriculteurs du GDA concerné, mais sans les agents du CRDA, car de fortes tensions les opposaient. Cet échec partiel conforte la nécessité, dans les approches participatives fondées sur les jeux, d'entretenir la motivation des acteurs tout au long du processus.

**Mots clés :** approches participatives ; eau souterraine ; gouvernance ; simulation ; Tunisie.

**Thèmes :** eau ; méthodes et outils ; ressources naturelles et environnement.

### Abstract

#### A simulation game to prepare water governance: An experiment in Central Tunisia

Until the 2000s, water resources in Tunisia were managed solely by official services without consulting water users. At the local scale, Commissariats Régionaux de Développement Agricole (CRDA), representing the official services, managed water resources. Then, the Tunisian government decided to involve farmers in the local management of water resources by creating the Agricultural Development Association (GDA). At present, water resource management by the CRDA must take into account water demands from GDA farmer representatives, and farmers must become aware of water scarcity and resource sharing. How can the CRDA and GDA envisage cooperative water management? In this paper we present a simulation game requested by Kairouan CRDA agents for building cooperative management of the water resources in a typical small watershed of Central Tunisia. Our aim was to use this game to increase farmers' awareness of resource sharing, scarcity and overexploitation impacts, as well as CRDA agents' awareness of uses that determine the water demand. This game is based on a hydrological model of the watershed and an agro-economical model of farming systems that use the water resources for irrigation. A simulation game was played with concerned farmers in the GDA but without CRDA agents because of tensions between the groups. This partial failure

Pour citer cet article : Le Bars M, Le Grusse P, Albouchi L, Poussin JC, 2011. Un jeu de simulation pour préparer une gouvernance de l'eau : une expérience en Tunisie centrale. *Cah Agric* 20 : 105-11. doi : 10.1684/agr.2010.0463

shows that participative approaches with game supports rely upon maintaining agent motivation throughout the process.

**Key words:** governance; groundwater; participatory approaches; simulation; Tunisia.

**Subjects:** natural resources and environment; tools and methods; water.

Depuis les années 1990 et le congrès de Rio sur l'environnement, on observe un changement des politiques dans les domaines de l'environnement et notamment de la ressource en eau. La centralisation et l'interventionnisme de l'État, surveillant les usagers et les écartant de la gestion des ressources, sont remis en question.

La Tunisie a suivi ce mouvement. Jusqu'au début des années 2000, les services de l'État géraient les ressources en eau sans aucune concertation avec les usagers. Localement, cette gestion était le monopole des commissariats régionaux de développement agricole (CRDA), rassemblant les différents services du ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques dans chaque gouvernorat. Le CRDA était chargé de gérer les barrages et de maintenir le niveau des nappes. Mais, dans les zones où l'eau était en accès libre, cette tâche n'était pas simple et on observait une surexploitation des nappes (Le Goulven *et al.*, 2008). Depuis le début des années 2000, pour impliquer les agriculteurs, l'État tunisien encourage la création de groupements de développement agricole (GDA), interlocuteurs locaux des CRDA pour la gestion des ressources. D'un côté, le CRDA doit prendre en compte dorénavant les demandes en eau exprimées par le GDA représentant les usagers. De l'autre, les agriculteurs doivent prendre conscience que la ressource doit être partagée et qu'il est dangereux de la surexploiter. Mais comment GDA et CRDA peuvent-ils construire cette gestion concertée ? En 2005, un responsable du CRDA de Kairouan nous a demandé de développer un instrument pour sensibiliser ses agents à une gestion concertée avec les GDA, sensibiliser les membres du GDA aux risques engendrés par la surexploitation de la ressource, et établir une gouvernance.

Pour gérer la ressource, on utilise le plus souvent des modèles hydrologiques sans représenter ces usages et leur

évolution (Mahé *et al.*, 2005). À l'opposé, les économistes utilisent souvent la voie de l'optimisation pour rendre compte de ces usages (Thoyer *et al.*, 2001). Toutefois, la recherche d'une solution optimale qui maximise l'utilité collective a ses limites. Les approches fondées sur la simulation et la participation des acteurs constituent alors des alternatives (Affisco, 2000). Ces approches s'inspirent des jeux de rôles (d'Aquino *et al.*, 2003) ou des jeux de simulation (Mayer et De Jong, 2004). Pour la gestion des ressources, le Collectif ComMod (2006) utilise la combinaison entre des systèmes multi-agents (SMA) et des jeux de rôles. Ces jeux de rôles ont une portée sociale et sont généralement utilisés pour comprendre les interrelations entre acteurs autour d'une situation (Barreteau *et al.*, 2003). Quant aux jeux de simulation, tels qu'utilisés dans ce travail, ils visent à faire comprendre aux joueurs le fonctionnement technique et/ou économique d'un système qu'ils ont à gérer (Carton et Karstens, 2002). Les jeux de simulation combinent ainsi jeu de rôle et modèle de simulation classique (Le Bars et Le Grusse, 2008). Pour répondre à la demande du CRDA de Kairouan, nous avons construit un jeu de simulation – intitulé *AquaFej* – pour la gestion de l'eau dans le petit bassin-versant de l'oued El Fej. L'objectif de ce jeu était :

- de sensibiliser les agriculteurs au partage de la ressource en eau, aux risques engendrés par sa surexploitation et à la gestion collective de la pénurie ;
- de sensibiliser les agents du CRDA aux déterminants des usages agricoles de l'eau pour réfléchir à une gestion des retenues.

*AquaFej* repose sur une représentation du fonctionnement du bassin au plan de la ressource en eau et de ses usages agricoles, avec un modèle hydrologique construit sur la base des travaux d'un agent du CRDA et un modèle technico-économique des systèmes de

production agricoles qui repose sur une typologie des exploitations.

## Matériel et méthode

Le bassin de l'oued El Fej est situé dans le gouvernorat de Kairouan en Tunisie centrale (35° 45' N-9° 50' E) ; il est caractéristique des régions semi-arides (Le Goulven *et al.*, 2008). Un sous-bassin amont collecte les eaux de pluie, une (ou plusieurs) retenue(s) permet(tent) de stocker l'eau de surface, et les usages – exclusivement agricoles – de l'eau se concentrent dans la plaine aval de Rouissat où l'oued alimente une nappe et achève son cours dans une *sebkha*<sup>1</sup>. Les 267 agriculteurs qui exploitent cette plaine ont divers modes d'accès à l'eau et sont regroupés en GDA. Depuis 1974, la nappe a fortement baissé sous l'effet des pompages pour l'irrigation et du déficit de pluviosité (Béji, 1998). Cette surexploitation s'est accompagnée certaines années d'une invasion d'eau salée depuis la *sebkha*. Le stockage de l'eau est assuré par deux retenues (4 millions de m<sup>3</sup> au total). Le CRDA est chargé de gérer ces retenues et réalise des lâchers d'eau pour :

- entretenir un débit dans l'oued, exploité pour l'irrigation par des groupes motopompes ;
- recharger la nappe, exploitée par des puits et des forages, pour maintenir son niveau et éviter sa salinisation ;
- générer des crues artificielles utilisées pour l'irrigation par épandage (*figure 1*).

Le jeu de simulation *AquaFej* permet d'évaluer les conséquences économiques et environnementales de scénarios combinant niveaux initiaux des retenues et de la nappe, pluviométrie annuelle, gestion des lâchers d'eau, et usages agricoles.

<sup>1</sup> mot désignant une dépression salée dans les régions arides.

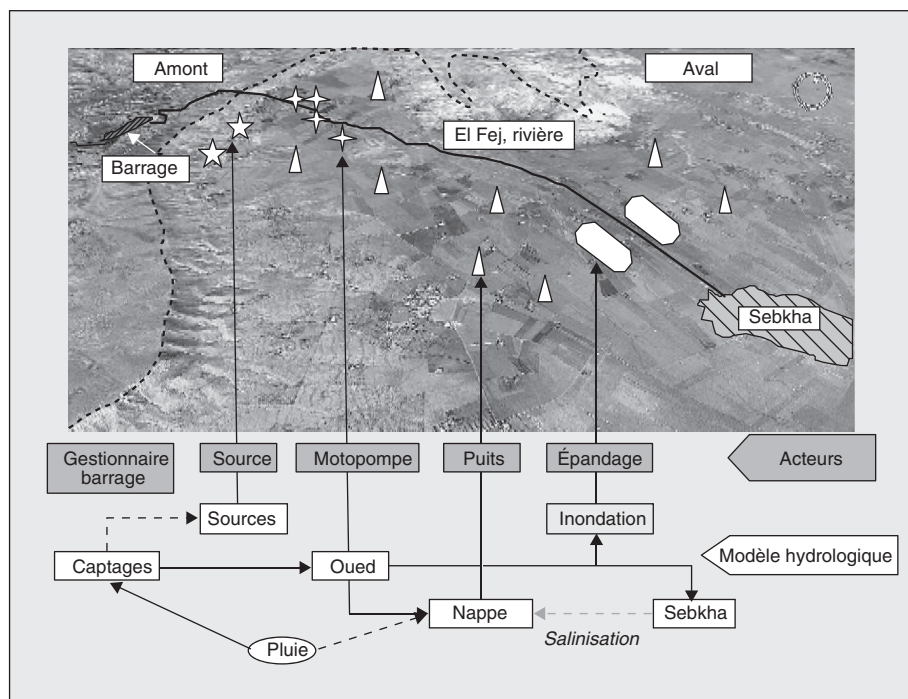


Figure 1. Image satellite de la zone d'étude avec les différents acteurs et le modèle hydrologique.

Figure 1. Satellite image of the Rouissat plain with actors and a hydrologic model.

## Représentation des usages agricoles et du fonctionnement hydrologique

La représentation des activités agricoles dans la plaine repose sur une typologie des exploitations agricoles et activités de production (Poussin *et al.*, 2008). Pour construire cette typologie,

nous avons réalisé une enquête sur un échantillon de 110 exploitations. La majorité des exploitations (40 %) a une taille inférieure à 10 hectares (*tableau 1*). Les céréales et les fourrages, destinés à l'élevage, dominent l'assolement (environ 70 % de la surface totale) (*tableau 2*). L'intensification s'effectue par le maraîchage (10 % de la surface totale) et les plantations d'olivier (10 % de la

Tableau 1. Répartition des exploitations de l'échantillon par classe de taille.

Table 1. Farming systems distribution.

Classe de taille (hectares)	Nb exploitants	%	SAU (ha)	%
0 à 10	44	40	285	12,6
11 à 20	29	26,4	419	18,6
21 à 40	26	23,6	698	30,9
41 à 75	9	8,2	515	22,8
> 75	2	1,8	340	15,1
Total	110	100	2 257	100

SAU : surface agricole utile.  
Source : calculé sur l'échantillon.

Tableau 2. Les surfaces des principales cultures dans la plaine de Rouissat

Table 2. Main crops areas in the Rouissat plain.

Culture	Surface (ha)	%
Céréales et fourrage	1 392	62
Maraîchage	229	10
Olivier	143	6
Autre	493	22
Total	2 257	100

surface totale). L'irrigation concerne en priorité le maraîchage, puis les céréales et les fourrages si de l'eau est disponible. La typologie des exploitations a été construite en fonction du mode d'accès à l'eau, de la taille et des activités de production. Nous avons distingué sept types (*tableau 3*) : les quatre premiers types accèdent à la nappe *via* des puits et forages, un type utilise des motopompes sur l'oued, un autre utilise des sources, et le dernier type pratique l'épandage de crue. Les exploitations de type « puits éloigné » (par rapport au barrage et à l'oued) sont plus rapidement concernées par la baisse de la nappe que celles de type « puits proche ». Les performances de chaque activité de production agricole ont également été caractérisées en termes de consommations – notamment d'eau – et de productions unitaires. La conduite des cultures peut être plus ou moins intensive. Les cultures irriguées ont ainsi des rendements et des consommations en eau plus ou moins forts selon leur conduite.

Les travaux de Béji (1998) ont permis de construire une représentation simplifiée du fonctionnement hydrologique du bassin. Un modèle calcule :  
– la recharge des retenues et de la nappe en fonction de la pluviométrie sur les deux sous-bassins ;  
– la recharge artificielle de la nappe et le débit dans l'oued engendrés par les lâchers d'eau.

Ce modèle permet ainsi d'établir le volume total d'eau disponible pour chaque mode d'accès à l'eau : *sources*, *motopompes* sur l'oued, *épandage* de crue de l'oued et *puits* sur nappe.

**Tableau 3. Les différents types d'exploitation, leur mode d'accès à l'eau, leur nombre et leur surface moyenne.**

Table 3. Main characteristics of the different farms types (water access, strength and average area).

Type d'exploitation	Mode d'accès à l'eau	Nombre	Surface (ha)
Puits proches 1	puits	50	7
Puits proches 2	puits	30	20
Puits éloignés 1	puits	80	7
Puits éloignés 2	puits	40	30
Source	source	2	50
Groupe motopompe	groupe motopompes	15	23
Épandage	épandage	50	13

## Le jeu de simulation AquaFej

Ce jeu met le gestionnaire de barrage et les agriculteurs en situation de gestion de lâchers d'eau du barrage. À partir de la pluviométrie hivernale, il établit la disponibilité de la ressource dans les retenues et la nappe. À partir de la décision des lâchers d'eau, il détermine les volumes d'eau disponibles pour chaque mode d'accès à la ressource. À partir des assolements choisis (cultures d'hiver et d'été), il évalue l'impact de l'irrigation sur l'état de la nappe et il calcule le revenu des exploitations selon le niveau des rendements et des prix. Ce jeu vise ainsi à rendre compte des conséquences des décisions prises par les joueurs, issues ou non de choix collectifs et de négociations.

AquaFej se joue à 8 groupes de joueurs : un *gestionnaire de barrage* et 7 groupes d'*agriculteurs irrigants* représentant chacun une exploitation type. Chaque groupe d'agriculteurs dispose d'une exploitation type caractérisée par une taille et un mode d'accès à l'eau. Le poids du groupe à l'échelle de la plaine correspond à l'effectif des exploitations de ce type dans le territoire (*tableau 3*). Les quatre premiers groupes irriguent par pompage dans la nappe *via* des *puits* et forages. Les groupes 1 et 2 sont *proches* des barrages, alors que les groupes 3 et 4 en sont *éloignés* (ils sont donc plus rapidement atteints par une baisse de la nappe). Les groupes 1 et 3 ont de petites exploitations (moins de 10 hectares), alors que les groupes 2 et 4 ont des exploitations plus grandes (10 à 20 hectares). Le groupe 5 irrigue depuis des *sources*, le groupe 6 irrigue à l'aide de *motopompes* puisant dans l'oued, et le groupe 7 pratique l'*épandage* de crue.

Le déroulement d'un tour de jeu suit plusieurs étapes (*figure 2*). À l'automne, chaque groupe de joueurs-agriculteurs détermine sa surface cultivée en hiver et la taille de ses troupeaux ovins et bovins. On considère que l'aléa climatique se résume à la quantité de pluie tombée pendant l'hiver, laquelle permet de remplir les retenues et de recharger la nappe. Au printemps, selon les niveaux des retenues et de la nappe, le joueur *gestionnaire de barrage* établit en concertation avec les joueurs *agriculteurs*, une politique de lâchers. Des « quotas » d'eau sont alors alloués aux

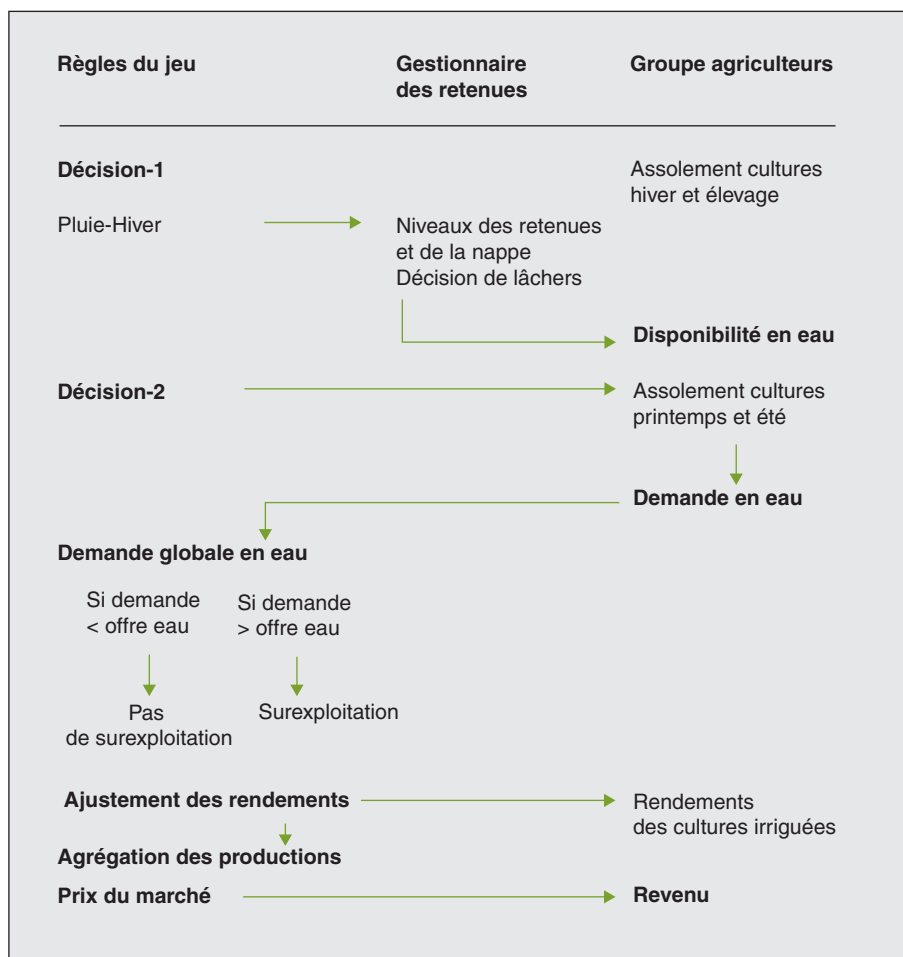


Figure 2. Les différentes étapes du jeu AquaFej.

Figure 2. Different stages of the AquaFej game.



Figure 3. Les agriculteurs pendant le jeu de simulation.

Figure 3. Farmers playing the AquaFej game.

sept groupes d'usagers. Cette politique de lâchers et ces quotas font l'objet de *négociations* entre les joueurs. Les joueurs *agriculteurs* décident ensuite des surfaces cultivées et irriguées, en respectant ou non les quotas qui leur ont été alloués. Les surfaces des cultures irriguées déterminent les besoins en eau de chaque exploitation type. Ces besoins sont agrégés à l'échelle du territoire et comparés aux ressources disponibles. En cas de surexploitation, les rendements sont ajustés en fonction du déficit hydrique et les joueurs discutent de l'établissement ou non d'une taxe de surexploitation. Les productions des exploitations types sont ensuite agrégées sur l'ensemble du territoire ; cela

permet d'ajuster les prix selon une loi offre-demande. Le revenu de chaque exploitation type peut ensuite être calculé sur la base de sa production et selon le niveau des prix agricoles.

On peut faire autant de tour de jeu que souhaité ; tout dépend de la disponibilité des joueurs. Multiplier les tours de jeu permet par exemple d'observer « l'apprentissage » des joueurs et l'évolution de la ressource en eau.

### Préparation de la séance de jeu avec les acteurs

La séance de jeu a eu lieu en 2008, alors que les agents du CRDA à l'origine de la demande avaient été

remplacés. Nous avons prévu une séance de jeu sur deux journées avec un représentant du gestionnaire du barrage (CRDA) et des représentants de chaque exploitation type. Mais au dire de l'Administration, mobiliser les agriculteurs plus d'une journée était impossible.

### Résultats : le déroulement de la séance de jeu

Une dizaine d'agriculteurs du GDA d'El Fej ont été invités à l'automne 2008 par le CRDA de Kairouan pour une séance de jeu (*figure 3*). Aucun lâcher d'eau n'avait eu lieu depuis 2006 et une forte tension existait entre GDA et CRDA. Pour les agents du CRDA, le remplissage insuffisant des retenues était la cause de cet absence de lâchers. Pourtant, le modèle hydrologique d'AquaFej montrait un remplissage correct avec la pluviométrie enregistrée en 2007-2008 – et donc la possibilité d'effectuer des lâchers – et l'observation directe du remplissage des retenues confirmait ce résultat simulé. Le jeu *AquaFej* – conçu autour de la gestion de ces lâchers – semblait alors inadapté pour rendre compte de la situation que vivaient les agriculteurs, et réaliser une séance réunissant GDA et CRDA était difficilement envisageable.

Tableau 4. Choix des assolements selon les deux scénarios avec ou sans lâchers d'eau.

Table 4. Cropping patterns chosen by farmer-players according to the water allocation.

Types d'exploitations	Surface (ha)	Scénario 1 : sans lâchers		Scénario 2 : avec lâchers	
		Cultures d'hiver (ha)		Cultures d'hiver (ha)	
		irriguée	pluviale	irriguée	pluviale
Puits proches 1	7	4		3,5	
Puits proches 2	20	7	5	4	4
Puits éloignés 1	7	4		4 (+)	
Puits éloignés 2	30	8	5	9	5
Source	50	8	35	5	38
Groupe motopompe	23		8	11	3
Épandage	13		7,5	3	5

Les signes (+) et (-) indiquent une conduite plus ou moins intensive.

Étant donné le peu de temps disponible pour les séances de jeu et les tensions entre acteurs, nous avons choisi de tester avec les agriculteurs seuls deux scénarios sous les mêmes conditions de pluviométrie hivernale (350 mm, correspondant à une pluviométrie moyenne), avec un seul tour de jeu pour chacun. Le scénario 1, sans lâcher d'eau permet d'exploiter 1,2 million de m<sup>3</sup> d'eau, dont la moitié disponible dans la nappe ; le scénario 2, avec des lâchers d'eau, permet d'exploiter 1,7 million de m<sup>3</sup> d'eau, dont les trois quarts dans la nappe.

Après une présentation du jeu et des modèles mobilisés, les agriculteurs ont commencé à jouer. Les choix d'assolement des différents groupes sont rassemblés dans le *tableau 4*. Lorsqu'il y a des lâchers d'eau, les groupes *motopompe* et *épandage* qui exploitent l'oued peuvent irriguer des céréales. En absence de lâcher, un faible débit demeure dans l'oued et permet au groupe *motopompe* de faire un peu de maraîchage irrigué. Le groupe *source*, quant à lui, a toujours de l'eau disponible. Mais le débit des sources étant lié au remplissage des retenues, cette disponibilité décroît lorsqu'il y a des lâchers. Il est donc logique que ce groupe réduise la surface irriguée dans le scénario 2. En absence de lâcher (scénario 1), les groupes qui disposent de puits maintiennent des cultures irriguées (maraîchage et céréales). Cela permet d'assurer la rentabilité des investissements (forage et matériels d'irrigation au goutte à goutte) même si cela conduit à surexploiter la nappe. En cas de lâchers, ils augmentent largement la surface irriguée, en accroissant et en intensifiant le maraîchage au détriment des céréales. Les agriculteurs ont montré un grand intérêt pour ce jeu et ont déclaré leur souhait de réfléchir à l'avenir avec cette approche par simulation.

Le lendemain, nous avons présenté le jeu ainsi que son déroulement de la veille avec les agriculteurs du GDA, aux agents du CRDA. Nous souhaitons que les agents du CRDA montrent le même intérêt que les agriculteurs afin qu'ils s'approprient le jeu et reproduisent des séances avec les agriculteurs des GDA. Malheureusement, les agents du CRDA n'ont pas montré beaucoup d'intérêt ni pour le jeu ni pour les modèles mobilisés.

## Discussion et conclusion

Les éléments qui constituent la base de notre jeu de simulation ont été validés lors des séances collectives avec les agriculteurs. Ces derniers ont rapidement accepté la représentation du système, c'est-à-dire les éléments du modèle hydrologique et les représentations des systèmes de production (nombres d'agriculteurs, types définis, cultures et marges proposées...). Au cours des discussions pendant la séance de jeu, il est apparu qu'un agriculteur « bien placé » avait installé une station de pompage dans les retenues pour irriguer ses cultures maraîchères. Pour les agriculteurs, c'est ce qui expliquait l'absence de lâchers depuis 2006 malgré le remplissage des retenues.

Les deux catégories d'acteurs ont montré deux comportements opposés vis-à-vis du jeu. D'un côté, les agriculteurs du GDA étaient très intéressés car ce jeu leur permettait de corriger en leur faveur le déséquilibre d'informations ; de l'autre, les agents du CRDA perdaient de leur pouvoir puisque le jeu proposait une gestion des retenues négociée avec les agriculteurs.

Kuper *et al.* (2009) soulignent qu'une meilleure gouvernance de l'eau nécessite d'associer les agriculteurs aux processus de coordination et/ou de négociation de manière à accroître leurs capacités d'adaptation face aux changements socio-économiques et environnementaux à l'échelle du système global à gérer. Dans le même esprit, ce jeu avait été conçu à la *demande d'agents de l'Administration* pour réfléchir aux modalités d'une gestion concertée de la ressource entre CRDA et GDA. Cette expérience démontre que la coopération des agents de l'Administration – qui peuvent changer sur le territoire – est indispensable à ce processus.

Une démarche fondée sur un jeu avec les acteurs nécessite un travail important et long, et la coopération de tous les acteurs. La motivation de certains d'entre eux, agriculteurs et/ou agents de l'Administration, tout au long du processus est un gage de succès (Imache *et al.*, 2009 ; Bouarfa *et al.*, 2011). Utiliser le jeu *AquaFej* pour préparer la mise en place d'une

nouvelle gouvernance suppose la mobilisation de tous les acteurs non seulement pendant la construction du jeu, mais surtout lors de son utilisation. En 2005, la motivation de certains agents du CRDA a permis de lancer la démarche ; leur démotivation en 2008 l'a empêché d'aboutir.

Cette démarche fondée sur un jeu de simulation est « lourde », puisque qu'elle nécessite la construction de modèles. Peut-être qu'une démarche fondée sur l'usage de jeux de rôles, plus légère, aurait été mieux adaptée à cette situation. En effet, le Collectif ComMod (2006) souligne que le jeu de rôle vise à révéler la dissymétrie d'information et à instaurer des relations entre les divers acteurs ayant des points de vue divergents, sans les confronter à une vision externe du fonctionnement de leur système, *via* des modèles très contextualisés. Néanmoins, quel que soit le type de jeu retenu, la démarche requiert une présence importante des concepteurs sur le terrain afin de maintenir le lien avec tous les acteurs et entretenir leur motivation.

Les approches participatives sont attractives pour la discussion entre acteurs (Castella *et al.*, 2005) mais sont étroitement liées au contexte et à la diversité des acteurs impliqués, et sont extrêmement aléatoires (Kooiman, 2003). Même quand on constate un succès, il est nécessaire de vérifier sa durabilité au-delà du projet de recherche, comme pour les recherches-actions (Fung, 2003 ; Pahl-Wostl, 2002). ■

---

### Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de deux projets européens du 6<sup>e</sup> Programme cadre de recherche et de développement technologique (PCRD) AquaStress coordonné en Tunisie par Zohra Lili Chabaane (Institut agronomique de Tunis, Inat) et Wademed coordonné en Tunisie par Mohamed Salah Bachta (Inat). Nous remercions les agriculteurs et agents du CRDA de Kairouan qui ont participé au jeu AquaFej.

---

### Références

Affisco JF, 2000. My experiences with simulation/gaming – 5 years further down the road. *Simulation & Gaming* 31 : 42-7.

- Barreteau O, le Page C, D'Aquino P, 2003. The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/3.html>.
- Béji R, 1998. Ressources en eau et hydrogéologie du système aquifère de Fej-Rouissat. Mémoire d'ingénieur, École supérieure des ingénieurs de l'équipement rural, Medjez Elbeb, Tunisie.
- Bouarfa S, Brunel L, Granier J, Mailhol JC, Morardet S, Ruelle P, 2011. Évaluation en partenariat des stratégies d'irrigation en cas de restriction des prélèvements dans la nappe de Beauce (France). *Cah Agric* 20 : 124-9. doi: 10.1684/agr.2010.0461.
- Carton L, Karstens S, 2002. The W4S game: exploring the future of consequences of water management. In : Mayer I, Veeneman W, eds. Games in a world of infrastructures. Simulation games for research, learning and intervention. Delft : Eburon.
- Castella JC, Tran Ngoc T, Boissau S, 2005. Participatory simulation of land-use changes in the Northern Mountains of Vietnam: The combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information system. *Ecology and Society* 10 : 27.
- Collectif ComMod, 2006. *Modélisation d'accompagnement. Modélisation et simulation multi-agents: applications aux sciences de l'homme et de la société*. Londres : Hermes sciences.
- d'Aquino P, Le Page C, Bousquet F, Bah A, 2003. Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: the selfcormas experiment in Senegal. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 6. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/10.html>.
- Fung A, 2003. Survey article: recipes for public spheres: eight institutional design choices and their consequences. *The Journal Of Political Philosophy* 11 : 338-67.
- Imache A, Dionnet M, Bouarfa S, Jamin JY, Hartani T, Kuper M, *et al.*, 2009. Scénariologie participative : une démarche d'apprentissage social pour appréhender l'avenir de l'agriculture irriguée dans la Mitidja (Algérie). *Cah Agric* 18 : 417-24. doi: 10.1684/agr.2009.0324.
- Kooiman J, 2003. *Governing as governance*. London : Sage Publications.
- 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 : 19.
- Le Bars M, Le Grusse P, 2008. Use of a decision support system and a simulation game to help collective decision-making in water management. *Computers and Electronics in Agriculture* 62 : 182-9.
- Le Goulven P, Leduc C, Bachta MS, Poussin JC, 2008. Sharing scarce resources in a Mediterranean river basin: Wadi Merguellil in Central Tunisia. In : Molle F, Wester P, eds. *River Basins: Trajectories, Societies, Environments*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series, 8. Colombo (Sri Lanka) ; Wallingford (Great Britain) : IMWI ; CABI editions.
- Mahé G, Paturel J, Servat E, Conway D, Dezetter A, 2005. The impact of land use change on soil water holding capacity and river flow modelling in the Nakambe River, Burkina-Faso. *Journal of Hydrology* 300 : 33-43.
- Mayer I, De Jong M, 2004. Combining GDSS and gaming for decision support. *Group Decision and Negotiation* 13 : 223-41.
- Pahl-Wostl C, 2002. Towards sustainability in the water sector – The importance of human actors and processes of social learning. *Aquatic Sciences* 64 : 394-411.
- Poussin JC, Imache A, Béji R, Le Grusse P, Ben Mihoub A, 2008. Exploring regional irrigation water demand using typologies of farms production units: an example from Tunisia Agricultural Water Management. *Agricultural Water Management* 95 : 973-83.
- Thoyer S, Morardet S, Rio P, Simon L, Goodhuc R, Rausser G, 2001. A bargaining model to simulate negotiations between water users. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 4 : 23.