

La gestion de l'eau d'irrigation par application de la théorie des jeux : cas de la région d'AL Haouz

Dahni S. ⁽¹⁾, Chadli O. ⁽¹⁾ et Elame F. ⁽²⁾

fouad.elame@inra.ma

1 : Faculté des Sciences Juridiques Economiques et Sociales, Université Ibn Zohr
Agadir.

2 : Institut National de la Recherche Agronomique, CRRA Agadir.

Résumé

Au Maroc, les ressources en eau sont limitées et sont dans la plupart des cas exposées à la surexploitation et à la dégradation par des individus avec leurs comportements non rationnel cherchant à maximiser leurs profits jusqu'à l'épuisement de la ressource. Cette situation de compétition pour l'accès à une ressource limitée va provoquer un conflit d'intérêt entre les différents individus usagers de cette ressource. Ce travail a été réalisé dans la zone d'El Haouz et dont l'objectif est d'identifier la meilleure stratégie de gestion de l'eau d'irrigation. La théorie de jeux a été appliquée au cas d'étude en se basant sur le dilemme du prisonnier vue que cette méthodologie est le cas typique des conflits d'intérêt autour de l'usage des ressources naturelles. Cette méthodologie a permis d'identifier les problèmes et proposer des solutions adaptées au cas d'étude. Il ressort que, malgré les difficultés rencontrées pour rapprocher les comportements des différents acteurs, la contractualisation semble être une bonne alternative pour atteindre l'objectif d'une gestion intégrée des eaux d'irrigation (Optimum de Pareto) tout en associant le bien-être social, économique et environnemental.

Mot clés : ressource en eau, surexploitation, conflit, dilemme du prisonnier, El Haouz.

Management of irrigation water by application of game theory: the case of AL Haouz region

Abstract

In Morocco, water resources are limited and in most cases exposed to over-exploitation and degradation by actors with their non-rational behavior seeking to maximize their own profits until the resource is depleted. This competition to access a limited resource will provoke a conflict of interest between the different actors using this resource. This work was carried out in the El Haouz area with the objective of proposing the most relevant strategy for a good management of irrigation water resource. The game theory has been applied to the case study based on the prisoner's dilemma, as this methodology is typical of conflicts of interest around the use of natural resources. This methodology has contributed to identify the problems and suggest solutions adapted to the case study. Despite the difficulties encountered in bringing together the behaviors of the various actors, contracting policy appears to be a good alternative to achieve the objective of an integrated management of irrigation water while associating social welfare, economic and environmental well-being.

Key words: water resource, overexploitation, conflict, prisoner's dilemma, El Haouz.

إدارة مياه الري من خلال تطبيق نظرية اللعبة: منطقة الحوز

دهني سارة، وائل الشاذلي، العم فؤاد

ملخص

الموارد المائية في المغرب هي موارد متجددة ومحدودة وتتعرض في معظم الحالات للاستغلال المفرط والتدهور من قبل الأفراد بسلوكهم غير العقلاني الساعين إلى زيادة أرباحهم حتى استنفاد الموارد المائية. سيؤدي هذا الوضع من التنافس على مورد محدود إلى تضارب في المصالح بين مختلف الأفراد الذين يستخدمون هذا المورد. تم تنفيذ هذا العمل في منطقة الحوز، وبالتحديد المحيط الجنوبي للقلعة، والذي يهدف إلى معرفة كيفية تلبية احتياجات مختلف مستخدمي مياه الري مع ضمان الإدارة الجيدة. من المورد. ويتضمن ذلك دراسة تأثير عاملين، تقني (شبكة توزيع المياه) وبشري (سلوك المتدخلين) وإيجاد حلول للرفاهية الجماعية واستدامة الموارد. تم تطبيق نظرية اللعبة على دراسة الحالة بناءً على "معضلة السجين" لأن هذه المنهجية نموذجية لتضارب المصالح حول استخدام الموارد المائية. مكنت هذه المنهجية من تحديد المشاكل واقتراح الحلول المناسبة لحالة الدراسة. يتضح أنه على الرغم من الصعوبات التي تكمن في الجمع بين سلوكيات الجهات الفاعلة المختلفة، يبدو أن التعاقد بديل جيد لتحقيق هدف الإدارة المتكاملة لمياه الري مع ربط الرفاه الاجتماعي والاقتصادي والبيئي.

كلمات مفتاح: مصادر المياه، الاستغلال الجائر، الصراع، معضلة السجين، منطقة الحوز.

Introduction et problématique

Parmi les plus grands défis qu'a connu l'humanité est celui du rapport entre l'Homme et la nature, lié aux problèmes de dégradation et de la destruction de l'environnement, plus précisément à la surexploitation et à l'épuisement des ressources en eau. L'eau est une source indispensable ; elle conditionne la santé, le bien-être, la productivité et les moyens d'existence de l'être humain. Elle est aussi essentielle pour assurer la viabilité des écosystèmes à long terme. Cependant, l'usage irrationnel de cette ressource engendre de graves problèmes sociaux et économiques en raison de sa rareté, de la variabilité des volumes disponibles et des dommages environnementaux.

Cette ressource commune est exploitée par plusieurs secteurs, le secteur agricole reste le plus demandeur en eau puisqu'il consomme plus de 70% de la consommation globale, essentiellement dans les pays en développement où l'agriculture demeure une activité majeure (Elame et al. 2016). C'est le cas du Maroc où ce secteur est le plus problématique pour la gestion des ressources en eau. En effet, la demande croissante du secteur agricole est de moins en moins satisfaite par l'usage des eaux de pluie et de surface, mais de plus en plus par des pompages des eaux souterraines ce qui se traduit souvent par un épuisement de la ressource. On est donc face à un acte de « vandalisme » vis-à-vis de cette ressource, un vandalisme lié au dommage environnemental causé par la surexploitation des ressources en eau par l'agriculture. De nos jours, malgré la modernisation et l'instauration de nouvelles techniques d'irrigation et tous les efforts et les réformes consentis par l'Etat, ce phénomène continue à exister et les comportements des agriculteurs vis-à-vis de la ressource demeurent inchangés, chacun cherche son intérêt individuel et à maximiser son propre profit.

La région d'Al Haouz est située dans le centre du Maroc à l'ouest, elle s'étend sur une superficie de 31.160 km² soit l'équivalent de 4,4% du territoire du pays, son relief est caractérisée par des plaines et plateaux intérieurs (Haouz, Bahira...) qui renferment de bonnes terres agricoles. Le secteur agricole de la région contribue de 7% du PIB agricole et en ce qui concerne les ressources en eau, la région dispose d'eau superficielle et souterraine assez importante (HCP, 2017). Les eaux pour l'irrigation sont réparties selon des périmètres chaque périmètre dépend d'un canal précis, cette répartition est l'une des réformes faite par l'Etat à fin d'assurer une bonne gestion de cette ressource tout en gardant un système d'irrigation gravitaire qui consiste à une irrigation traditionnelle selon des conduites à ciel ouvert. Ce système d'irrigation, mis en place par l'Etat Marocain, n'est pas réellement efficace vu le comportement des agriculteurs qui sont situés en dehors du périmètre d'irrigation et qui n'ont pas accès à ce système. De ce fait, ces agriculteurs cherchent à exploiter la ressource eau à travers des actes de vandalisme soit par une déviation forcée du réseau d'irrigation ou une déviation de la piste de circulation de l'eau, ce qui va entraîner une perturbation des tours d'eau et un gaspillage d'une grande quantité d'eau. On constate alors qu'il y a un conflit d'intérêt entre les agriculteurs qui sont dans le périmètre et ceux qui sont hors zone irriguée vis-à-vis d'une ressource renouvelable mais épuisable.

Dans cet article, nous allons essayer de répondre à la question suivante : Comment peut-on passer à un comportement rationnel assurant un intérêt collectif et une bonne gestion de contribuer à la conservation des ressources en eau dans cette région ?

Pour aborder cette problématique, nous allons, dans un premier temps, identifier les fondements théoriques de la théorie de jeux. Ensuite, nous allons appliquer la méthodologie adaptée à la région d'Al Haouz au Maroc comme étude de cas pour en fin conclure avec une alternative proposée comme solution au problème posé.

Revue de littérature

Profit individuel et l'utilisation des ressources communes : La tragédie des biens communs

Une ressource commune à accès libre est toujours exposée à la surexploitation et à la dégradation par des individus avec leurs comportements égoïstes cherchant à maximiser leurs profits jusqu'à l'épuisement de la ressource, c'est une situation de compétition pour l'accès à une ressource limitée ce qui va provoquer un conflit d'intérêt entre les différents individus intéressés par l'exploitation de cette ressource. La notion des biens communs et des ressources communes posent plusieurs débats à l'échelle de différents courants et pensées économiques, politiques et sociales (combes, 2016). Dans ce sens, on cite la théorie qui a marqué l'histoire de l'analyse des biens communs : la tragédie des biens communs. Cette expression provient d'un article de Garrett Hardin écrit en 1968 qui se base sur l'exemple des pâturages communs des terres communales que les bergers partagent pour leurs animaux. Cet article est vu comme une référence tant pour les économistes que pour les écologistes et a suscité plusieurs pistes de recherche. L'article traite l'incompatibilité existante entre la propriété commune et la durabilité des ressources. En effet, il soulève deux points importants, le premier s'illustre par la mise en scène d'un agrégat d'acteurs, individuels, intéressés à l'exploitation d'une ressource limitée, le deuxième problème posé est celui de la surpopulation qui conduit les individus à se reproduire sans frein, jusqu'à ruiner leurs moyens de subsistance. L'article fait l'objet d'un travail liant l'interventionnisme économique et la conservation des ressources qui doivent être gérées collectivement pour optimiser le fonctionnement de l'économie et de favoriser le bien-être social.

Typologie des biens en économie

Selon Samuelson (1954), la distinction entre les biens se fait sur la base de deux principes fondamentaux : le principe de la rivalité et celui d'exclusion. Le premier désigne que les agents économiques ne peuvent pas bénéficier simultanément de l'usage d'un bien ou autrement dit, la consommation de ce bien par un agent diminue sa disponibilité pour les autres consommateurs potentiels. Cependant, le deuxième signifie qu'il est possible d'empêcher ou d'exclure un agent économique de consommer ce bien, en citant comme exemple l'exclusion par le prix (Heltberg, 2002). A partir de ces deux principes, Ostrom et al. (1994) distinguent entre plusieurs types de biens :

- Biens publics : Cette catégorie englobe tous les biens dont lesquels l'exclusion est impossible et la consommation ne génère pas la diminution de leur disponibilité. Ce sont des biens non rivaux et non exclusifs.

- Biens privés : Cet ensemble regroupe tous les biens dont lesquels l'exclusion est possible et leur consommation provoque leur diminution. Contrairement aux biens publics, les biens privés sont rivaux et exclusifs.
- Biens communs : Ce genre de biens se caractérise par la rivalité et l'impossibilité d'exclusion. L'utilisation intensive de ces biens conduit à leur dégradation.

Notion des biens communs

On entend par biens communs tous les biens qui n'appartiennent à personne et que tout le monde possède le droit de les utiliser. Généralement, les biens communs désignent les éléments de l'environnement qu'on partage tous comme les forêts, l'air, les ressources halieutiques, etc. L'apport de Hardin dans son article « *La tragédie des biens communs* » a changé la vision vis-à-vis des biens communs et a reconsidéré les comportements concernant leur exploitation. Il a critiqué la politique de laisser faire dans les communs car celle-ci pourrait amener à leur dégradation et donc à la tragédie. Les résolutions de ce problème, proposées par Hardin, sont bornées par la privatisation et la nationalisation.

Un autre apport important concernant les biens communs et qui a été couronné par un prix Nobel en 2009 est celui d'Ostrom, grâce à son ouvrage intitulé « *La gouvernance des biens communs pour une nouvelle approche des ressources naturelles* » paru en 1990. Son essai est profondément basé sur la théorie des jeux, comme un outil de modélisation des problèmes liés aux biens communs, ainsi que sur une approche institutionnelle visant à gérer efficacement l'action collective et par conséquent, à encadrer dans des meilleures conditions le processus d'auto-organisation. Il faut noter que sa contribution a eu le privilège d'être la référence la plus importante dans la théorie des biens communs malgré la diversité des travaux empiriques menés sur cette approche.

Approche de gestion des ressources communes selon Ostrom

Dans son ouvrage « *Governing the Commons* » publié en 1990, Ostrom traite les questions relatives à la meilleure manière de gérer les ressources naturelles utilisées en commun par plusieurs individus. L'auteur remet en cause les solutions proposées par Garrett Hardin dans son article « *La tragédie des communs* ». Pour Ostrom ni l'Etat, ni le marché ne réussissent uniformément à permettre aux individus une utilisation productive à long terme des systèmes de ressources naturelles : les individus ont confié à des collectivités qui ne ressemblent ni à l'Etat, ni au marché le soin de gérer les ressources naturelles.

L'auteur a fait une description de trois modèles les plus fréquents et ceux qui recommandent des solutions étatiques ou de marché. Ensuite, l'auteur a fait une proposition d'alternatives théoriques et empiriques à ces modèles pour pouvoir illustrer la diversité des solutions qui vont au-delà des Etats et des marchés et évoque les différents modes de gestion établis par les communautés pour mieux gérer les ressources communes.

Approche méthodologique

Choix de la zone d'étude

La rareté, la variabilité des volumes disponibles et le manque de fiabilité des services et des dommages environnementaux sont les principaux facteurs générant de graves problèmes sociaux et économiques. Le secteur agricole reste le plus demandeur en eau et donc il est le plus touché par la pénurie d'eau qui s'aggrave de plus en plus au fil du temps. Dans ce contexte, il est nécessaire d'agir et prendre en considération tous les facteurs qui influencent négativement la ressource que ça soit de manière directe ou indirecte. Malgré sa rareté, on se trouve toujours face à des actes néfastes vis-à-vis de cette ressource qui mène à son épuisement surtout dans le cas des eaux destinées à l'irrigation où les facteurs naturels et humains se croisent. C'est le cas de la région d'Al Haouz où l'agriculture est l'activité principale des habitants ; le système d'irrigation adopté dans la région et les comportements irrationnels des agriculteurs mènent à une destruction de la ressource. Il faut donc trouver les bonnes méthodes de gestion de cette ressource et inciter les agriculteurs à penser à l'intérêt collectif pour assurer le bien-être de tous les usagers de cette ressource.

L'étude a été réalisée au niveau du périmètre Tassaout Aval couvrant une superficie brute d'environ 70.000 Hectare (ha) ; Elle est située entre la chaîne des Jbilet au Sud, l'Oum Er-Rbia au Nord, d'oued El Abid à l'Est, les terres situées à sa limite Ouest sont salées.

La superficie irriguée est de 44.000 ha ; Elle comporte deux unités hydrauliques distinctes :

- La zone située à l'amont du Canal T2 de 6.500 ha, bénéficiant des eaux des oueds Lakhdar et Tassaout régularisées par les barrages Hassan 1^{er} et Moulay Youssef (46 Mm³ / an),
- La zone située à l'Aval du Canal T2 de 37.500 ha, alimentée par le Canal T2 à partir des eaux de Bin El Ouidane (235 Mm³/an) (ORMVAH, 2011 ; MAPM-DREF, 2017).

Le canal T2 est un ouvrage qui a été prévu pour restituer les droits en eau de la TASSAOUT AVAL, qui ont été détournés par le biais du canal de rocade vers Marrakech. Ce canal, jouera le rôle de transporteur de ces droits depuis le barrage BIN ELOUIDANE par le biais du canal GM au niveau de la province de Beni Mellal, jusqu'à la province d'El Kelaa sur 93 km en traversant la province d'Azilal.

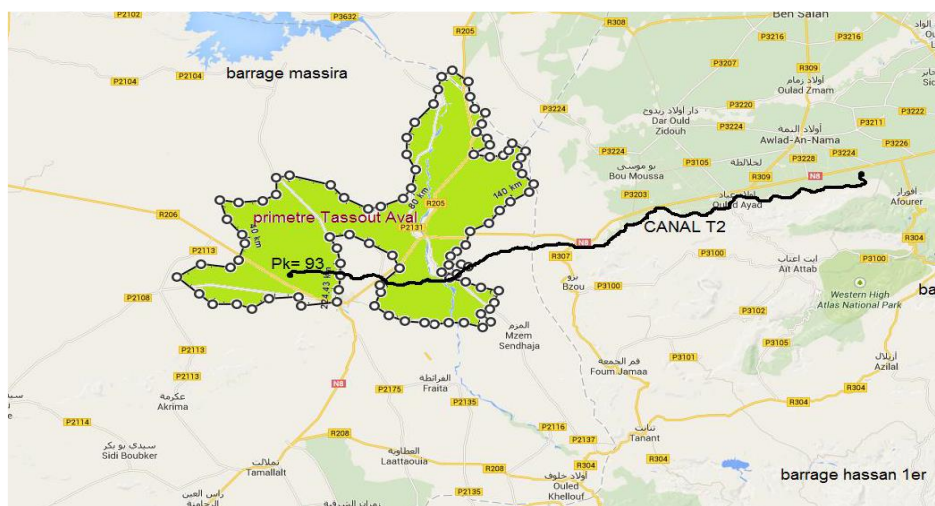


Figure 1 : Situation du périmètre de Tassaout (ORMVAH 2011)

Enquête et Constat

L'enquête a été réalisée dans la zone Sud El-Kelaa (CMV 413) qui est d'une superficie de 1500 Ha avec une linéaire des canaux d'irrigation de 39968,82 Km, composé de deux type de système de culture : agriculture Bour (150 agriculteurs) et agriculture irriguée (395 agriculteurs). L'échantillon choisit ne représente que les petits agriculteurs dont l'activité agricole est basée principalement sur la culture de l'olivier.

Le système d'irrigation adopté est le système gravitaire et donc l'écoulement de l'eau se fait selon une pente naturelle du sol. C'est l'une des techniques d'irrigation les plus anciennes. Ce système fait défaut car il est à l'origine de pertes d'eau importantes et de contestation sur la facturation. En effet, le réseau de distribution de l'eau d'irrigation à travers les canaux secondaires, au niveau du CMV413, est constitué d'unités appelées « *mesrefs* » de grandes tailles avec des longueurs importantes. En outre l'aménagement interne n'a pas été réalisé, ce qui constitue une contrainte au développement technique d'une irrigation efficiente.

Ajoutant à cela, la faiblesse des débits des bornes eu égard aux *meserfs* en terre : 250 bornes sur près de 400 présentent un débit inférieure à 20l/s. Leur faible densité est aussi à l'origine de désaccords entre les services de l'*Office Régional de Mise en Valeur Agricole* et les agriculteurs qui sont dans la zone irriguée vue que les volumes facturés sont pris en compte à la sortie des bornes alors que des pertes d'eau importantes sont constatés entre les bornes et l'entrée des exploitations.

De manière générale, chaque agriculteur ayant des terres irriguées a le droit de bénéficier d'un tour d'eau calculé par heure avec une dotation qui reste toujours insuffisante aux besoins des terres cultivées ce qui génère un rendement faible. Les agriculteurs des terres bours souffrent eux aussi de la rareté de l'eau. Il faut noter que ces agriculteurs ne bénéficient pas des tours d'eaux sachant que les *Saguías* passent devant leurs champs. Même si l'*Office Régional de Mise en Valeur Agricole* veille à une bonne gestion de la ressource et à une satisfaction des besoins en termes de quantité d'eau nécessaire pour la mise en culture, on constate que cette gestion n'est pas réellement efficace pour deux raisons principales :

- Une première liée au mode d'irrigation gravitaire qui semble inefficace (pertes d'eaux dont plusieurs facteurs sont responsables : humains, naturels) ;
- Une deuxième raison liée aux comportements des deux systèmes de culture vis-à-vis de la ressource ce qui engendre un conflit d'intérêt entre eux et donc un acte de vandalisme est présent.

Il s'agit d'une exploitation forcée de la ressource à travers des actes néfastes : une déviation forcée du réseau d'irrigation ce qui va entraîner une perturbation des tours d'eau et un gaspillage d'une grande quantité d'eau. Le conflit majeur est celui provoqué par les vols d'eaux par les agriculteurs qui sont hors périmètre irrigué, ce qui se traduit par des problèmes sociaux, des conflits relationnels entre agriculteurs à cause des perturbations des tours d'eau dans le périmètre irrigué et par des dégâts du matériel hydro-agricole. Des charges supplémentaires sont entreprises par l'Etat pour la maintenance.

Les agriculteurs des terres Bour procèdent à travers plusieurs méthodes pour voler l'eau d'irrigation. Ces méthodes peuvent être classées, par ordre d'importance en fonction des dégâts et des débits détournés :

1. Vol d'eau par Pompage : généralement constaté au niveau du canal T2 (2 à 5 m³/s) en utilisant des motos pompe de grandes puissances avec une ou plusieurs conduites, soit à la surface du sol ou enterrées et dissimulées avec soin sous la piste de circulation, en lien direct avec la lame d'eau dans le canal ;
2. Vol d'eau par destruction du réseau d'irrigation : les acteurs procèdent à l'attaque directe d'ouvrages d'art, des supports, des bagues ou du canal lui-même, en détournant totalement ou partiellement le débit en service variant entre 30 et 2000 l/s;
3. Vol d'eau par siphonage : un matériel approprié est utilisé pour ce genre d'opération en se procurant des conduites en plastique ou en fer, facile à transporter, qui se branche et se débranche à volonté dans le canal et moins cher en cas de confiscation ;
4. Vol d'eau par débordement : un batardeau est généralement placé en travers dans la section du canal en eau notamment au niveau du réseau d'irrigation dans les canaux portés à côtes élevées ;
5. Vol d'eau par détérioration du matériel hydromécanique : c'est l'une des pratiques les plus répandues et les plus faciles à commettre, l'état du matériel recenser (80 %) reflète l'impact néfaste auquel il est constamment assujettis ;
6. Vol d'eau par vol de vannettes pour module à masque : le renouvellement des vannettes pour module à masque est perpétuel, celles-ci disparaissent indéfiniment, d'où l'épuisement continu des stocks ;
7. Vol par détérioration de joint d'étanchéité : pour se procurer un faible débit continu pour de longue durée, les bergers et les usagers procèdent à l'arrachage du joint d'étanchéité situé au niveau des bagues, soit pour l'irrigation soit pour occasionner une prairie permanente pour l'alimentation du cheptel.

Tragédie des communs : dilemme du prisonnier

La théorie des jeux est un ensemble d'outils analytiques introduits en économie par Von Neumann et Morgenstern en 1944 dans un ouvrage intitulé « *Theory of Games and Economic Behavior* ». Sa vocation est de faciliter la compréhension des situations d'interaction entre des décideurs rationnels (Yildizoglu, 2003). L'objet de la théorie des jeux s'articule autour de l'analyse et la description de l'ensemble des relations existant entre les agents économiques sous forme des jeux stratégiques.

La tragédie des communs est illustrée par la théorie des jeux sous forme d'un jeu non coopératif qui aboutit à une situation sous-optimale, nommée « dilemme du prisonnier ». Ce terme renvoie à une situation dans laquelle deux joueurs auraient intérêt à coopérer pour arriver à un résultat qui maximise le bien-être collectif mais, en l'absence de communication, font des choix individuels ne permettant pas d'atteindre cet optimum. La situation du dilemme du prisonnier est la suivante :

Deux suspects, soupçonnés d'être complices d'un même forfait, sont interrogés par la police. Afin de les inciter à avouer, les policiers leur proposent séparément l'arrangement suivant :

- si l'un des deux prisonniers dénonce son complice et que l'autre se tait, le premier est remis en liberté (prime de délation) alors que le second se voit infliger la peine maximale (10 ans) ;
- si les deux se dénoncent mutuellement, ils seront condamnés à une peine plus légère compte tenu de leur coopération avec les autorités (5 ans chacun) ;
- si les deux se taisent, ils écotent chacun de 6 mois de prison, faute de preuves suffisantes.

La figure suivante présente les résultats de chaque joueur dans chacune des situations possibles. Le couple (X ; Y) indique le nombre d'années de prison encourues respectivement par les deux joueurs, notés A et B.

		Joueur A	
Joueur B		Dénoncer	se taire
	Dénoncer	(-5,-5) Equilibre de Nash	(0,-10)
	se taire	(-10,0)	(-0,5;-0,5) Optimum de Pareto

Figure 2 : Présentation du dilemme du prisonnier

La figure 2 représente deux situations caractéristiques : Celle de l'équilibre de Nash et celle de l'optimum de Pareto.

Un équilibre de Nash peut être défini comme « un choix de décision de tous les joueurs tel qu'aucun ne peut tirer avantage (ne peut augmenter sa fonction d'utilité) en changeant seul (unilatéralement) sa décision ». L'équilibre de Nash est souvent le résultat de jeux non-coopératifs. Dans cet exemple, l'équilibre de Nash est la dénonciation mutuelle avec le résultat (-5 ; -5).

Un optimum de Pareto est défini comme une situation dans laquelle « *il n'est pas possible d'améliorer la situation d'un individu – quel qu'il soit – sans détériorer la situation d'au moins un autre individu* » (Guerrien, 2002). Dans cet exemple, l'équilibre de Pareto est atteint si les deux joueurs se taisent (-0,5 ; -0,5). C'est la situation dans laquelle la perte collective (évaluée comme la somme des pertes individuelles) est minimale.

Le résultat du dilemme du prisonnier est un équilibre de Nash, dans ce cas la dénonciation. En effet, étant donné que les deux complices ne peuvent pas communiquer, chacun a intérêt à dénoncer l'autre. Les deux joueurs seront condamnés à 5 ans de prison chacun (contre 6 mois s'ils se taisent tous les deux). Les deux joueurs ne peuvent pas maximiser le bien-être collectif (et atteindre l'optimum de Pareto) faute de coopération. Le dilemme illustre une situation dans laquelle des décisions individuellement rationnelles aboutissent à une situation collective sous-optimale, du moins au sens de Pareto, c'est-à-dire une situation dans laquelle le bien-être collectif n'est pas maximisé. Il existe une situation meilleure pour au moins un individu mais qui n'est pas atteinte (Eber, 2013).

Résultats et discussions

Théorie des jeux comme outil pour la gestion des eaux d'irrigation : le cas d'Al Haouz.

Cette démonstration de la théorie de jeux sera faite sur le cas des eaux destinées à l'irrigation dans la zone d'El Haouz. Le processus de la tragédie des communs se traduit par l'augmentation du nombre des usagers (agriculteurs terres irriguées + agriculteurs terres bour) des *saguiyas* d'une manière individuelle et abusive, et par des actes néfastes (vols d'eau) qui conduisent à la baisse des dotations en eau nécessaires pour l'irrigation, à l'augmentation des coûts d'exploitation, à la diminution tendancielle des revenus des usagers et à la surexploitation de la ressource. Nous avons deux cas d'étude : soit que les prélèvements demeurent égaux à la recharge des *saguiyas* pour une période de temps donnée, soit que les prélèvements deviennent supérieurs à la recharge des *saguiyas*. Le débit et le volume diminueront au cours du temps et la ressource se raréfie. L'intérêt commun consisterait alors à restreindre les actes de vandalisme, mais aucun des deux agriculteurs type n'est certain que s'il fait cet effort, les autres feront de même. Comme il n'y a pas de garantie d'un effort collectif, aucun agriculteur n'a intérêt à être le premier (et peut-être le seul) à faire ses actes. Tous ont intérêt à bénéficier des eaux de la *saguiya* avant que la ressource ne soit totalement épuisée. Face aux tentatives de régulation, les usagers se comportent ainsi en « passagers clandestins », c'est-à-dire agissent de manière à obtenir les avantages de bénéficier des eaux de la *saguiya* sans avoir à fournir de contrepartie pour assurer sa préservation. Dans cette perspective, la dégradation voire la disparition de la ressource est inéluctable.

Il s'agit donc d'un cas de conflit d'intérêt entre deux catégories d'agriculteurs. On est dans une situation de surexploitation où chacun d'eux cherche à maximiser son profit sans être conscient du danger du vandalisme procuré. Cette situation peut être formalisée par un jeu du dilemme du prisonnier où les deux agriculteurs sont les joueurs avec une non-coopération, l'équilibre de Nash est assuré lorsque chacun d'eux choisit la stratégie qui maximise son profit avec la détérioration du profit de l'autre joueur. Cette situation peut-être modélisé sous la forme suivante :

- Forme stratégique du jeu (dilemme du prisonnier) : Le jeu est statique à information complète mais imparfaite.

- Il existe deux joueurs : $J=2=$ (Agri terres irriguées / Agri terres bours) $\rightarrow N=(1,2)$.

- Chaque joueur dispose de deux actions possibles :

Coopérer : C ou Ne pas coopérer : NC

$A = \{(C, C), (C, NC), (NC, C), (NC, NC)\}$ avec $A1=A2=(C, NC)$

- Le paiement de chaque agriculteur est donné par la dotation de volume d'eau avec une mesure de 3h/ ha avec un débit de 30l/s. Ainsi, le jeu étant symétrique (les joueurs se trouvent exactement dans la même situation) où on a les paiements suivants :

$U_j(C, C)=4$, $u_j(NC, NC) = 1$, $u_j(C, NC) = 0$ et $u_j(NC, C) = 5$, avec $j \in (1,2)$.

		Agriculteur 2	
		Coopérer	Ne pas coopérer
Agriculteur 1	Stratégies		
	Coopérer	4,4	0,5
	Ne pas coopérer	5,0	1,1

Figure 3 : Dilemme du prisonnier dans le cas de l'usage des eaux d'irrigation

Résultat de la matrice des paiements du dilemme du prisonnier :

On constate que l'équilibre de Nash est l'issue (NC ; NC). Pour chaque agriculteur rationnel, NC est la meilleure réponse à la stratégie choisie par l'autre joueur. Certes, chacun des joueurs va raisonner à telle sorte qu'il assure son intérêt individuel ce qui est tout à fait contraire au bien-être social et le bien-être de la ressource. La stratégie qui représente les meilleurs gains et qui domine toutes les autres stratégies est le choix (C ; C) ; en choisissant cette dernière on sera dans le cas d'un optimum de Pareto. Pour cela, il faudra établir une alternative permettant d'atteindre l'optimum de Pareto et d'assurer une bonne gestion de la ressource.

Les agriculteurs ont intérêt à maximiser leur profit sous la contrainte des coûts et des efforts des principaux acteurs et sans prendre en considération les conséquences résultantes. On est devant un problème à la fois économique et environnemental. Ce qui nécessite une gestion intégrée de la ressource. Par conséquent, une situation d'optimum exige que plusieurs mesures doivent être prises en compte et doit y avoir un contrôle par l'Etat comme étant un élément régulateur important.

Les eaux destinées à l'irrigation sont gérées et contrôlées par l'ORMVAH qui a toujours fourni des efforts pour lutter contre ce phénomène impérieux. Malgré les mesures prises par l'ORMVAH, il semble que le problème est toujours présent : L'Optimum n'est pas atténué ; ce qui nécessite une grande réflexion afin de trouver une autre alternative plus adéquate.

- Contractualisation

Il s'agit dans ce cas de créer une relation de contrepartie entre l'Etat et les deux types d'agriculteurs qui sera formalisée sous forme d'un contrat. Un contrat désigne une convention par laquelle une ou plusieurs personnes s'obligent, envers une ou plusieurs autres, à donner, à faire ou à ne pas faire quelque chose (Facchini, 2008).

L'Etat offre des avantages en faveur des deux agriculteurs satisfaisant leurs besoins en termes de dotation d'eau nécessaire pour leurs cultures, tout en imposant certaines pénalités pour toute personne ne respectant pas ce contrat. Le but de cette action est de changer leur vision vis-à-vis de la ressource, de les sensibiliser aux dangers de l'exploitation intensive et surtout de les rendre conscients de leurs actes destructifs qui influencent l'intérêt social et la ressource en elle-même. Cet accord doit être approuvé par les deux catégories d'agriculteurs (agriculteurs des terres bours et agriculteurs des terres irriguées), cela va instaurer un aspect de responsabilité, tout en leur offrant l'opportunité de défendre leurs intérêts et de réaliser une équité sociale, ce qui permettra ainsi de diminuer les dépenses de l'Etat en terme des coûts de maintenance.

Ce type d'accord semble être une bonne alternative pour atteindre l'objectif d'une gestion intégrée des eaux destinées à l'irrigation. L'élaboration du contrat entre les agriculteurs du Sud El-Kelaa s'articule sur cinq points incontournables à savoir :

- **Conflits** : Les vols d'eau ; perturbations des tours d'eaux dans le périmètre irrigué ; détérioration du matériel hydraulique ; conflits relationnels entre les agriculteurs.

- **Causes** : Epuisement des nappes phréatiques ; politique de protection minimum restant des nappes phréatiques établie par les agences des bassins hydrauliques, interdisant les creusements des fourrages ; existence des zones plantées nécessitant de l'eau pour être irriguées ;

- **Solutions** : Passage d'un système d'irrigation traditionnel provoquant une grande perte d'eau à un système d'irrigation moderne assurant une économie d'eau et donc une efficacité élevée, le système le plus approprié dans ce cas est celui de goutte-à-goutte ; accord des agriculteurs pour faire un remembrement de leurs terrains agricoles pour l'instauration d'un nouveau système beaucoup plus efficace ; octroi des privilèges en faveur des agriculteurs qui sont hors zone irriguée (creusement des fourrages et adoption d'un système d'irrigation goutte à goutte dans un cadre des subventions avec l'état ; passage vers des cultures qui valorisent mieux l'eau et qui assure un rendement élevé.

- **Incitations** : La Maximisation des profits des deux types d'agriculteurs avec moins de charges ; les agriculteurs terres bours peuvent finalement bénéficier d'une irrigation dans des conditions légales ainsi que, le bon moment pour le faire ; les agriculteurs terres irriguées vont recevoir la dotation totale qui leur a été destinée ; la maîtrise de la dose des dotations nécessaires, régulières et idéales pour chaque culture ; la

sensibilisation par l'office de mise en œuvre agricole ; la minimisation des charges de l'état en tout ce qui concerne la maintenance.

- **Sanctions** : Robustesse des sanctions ; mettre des sanctions dures (pénalités, prison,...) ; le respect du contrat par les deux parties va leur assurer une satisfaction de leurs besoins dans des conditions légales. D'un autre côté l'Etat va atteindre ses objectifs de productivité nationale, ainsi qu'une augmentation des exportations agricoles tout en économisant les ressources en eau disponibles avec un minimum de charges.

Conclusion

La gestion des ressources en eaux d'irrigation dans la région de l'Haouz connaît plusieurs problèmes liés, particulièrement, à la rareté de la ressource et aux comportements divergents des différents usagers (agriculteurs des terres irriguées et agriculteurs des terres bours). L'application de la théorie des jeux (dilemme du prisonnier) a permis d'identifier les problèmes et proposer des solutions adaptées au cas d'étude. La stratégie qui représente les meilleurs gains et qui domine toutes les autres stratégies est celle de l'optimum de Pareto. Malgré les difficultés rencontrées pour rapprocher les comportements des différents acteurs, certaines options sont envisageables pour se consentir sur un contrat selon le principe du bien-être collectif (gagnant-gagnant) sous l'assistance des pouvoirs publics. La contractualisation semble être une bonne alternative pour atteindre l'objectif d'une gestion intégrée des eaux destinées à l'irrigation tout en associant le bien-être social, économique et environnemental ; cette situation représente l'optimum de Pareto est donc une passation réussite de l'intérêt individuel vers un intérêt collectif.

Références Bibliographiques

- Combes J., Combes-Motel P. et Schwartz S. (2016). Un survol de la théorie des biens communs. *Revue d'économie du développement*, vol. 24(3). p. 55-83. <https://doi.org/10.3917/edd.303.0055>
- Eber N. (2013). *LA théorie des jeux*. Dunod, Paris ; ISBN 978-2-10-059175-6.
- Elame F., Doukkali R., Fadlaoui A. (2016). Modélisation économique de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau. *NewMedit*, 15 (3). Septembre 2016. p. 10-18.
- Facchini F. (2008). « Droits de propriété et gestion des conflits agriculture–environnement », dans Kirat T. et Torre A ; (Ed.) *Les territoires des conflits : origines, formes et évolutions des conflits d'usage des territoires*, Paris, L'Harmattan.
- Guerrien B. (2002). *Dictionnaire d'analyse économique*, La Découverte A. ORLEAN.
- Hardin G. (1968). *The Tragedy of the Commons*. Author(s): Source: *Science*, New Series. 162 (3859). p. 1243-1248. Published by: American Association for the Advancement of Science.
- Heltberg R. (2002). *Property Rights and Natural Resource Management in Developing Countries*, University of Copenhagen, Blackwell Publishers Ltd.
- HCP (2018). *Haut-Commissariat au plan. Monographie de la région de Marrakech Tensift Al Haouz*.
- MAPM-DREF (2017). *Reporting Dynamique Régionale des PAR 2015/16*.
- ORMVAH (2011). *Office régional de mise en valeur agricole. Rapport d'activité 2011*.
- Ostrom E., Gardner, R., and Walker J. (1994). *Rules, Games, and Common Pool Resources*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Ostrom E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Front Cover. Cambridge University Press, Political Science. ISBN-13: 978-0521405997.
- Ostrom E. (2010). *Gouvernance des Biens Communs pour une nouvelle approche des ressources naturelles*, traduction française, De Boeck, bruxelle. ISBN-10: 2804161412.
- Samuelson A. P. (1954). *The Pure Theory of Public Expenditure*. . *The Review of Economics and Statistics*. 36 (4).
- Yildizoglu M. (2003). *Introduction à la théorie des jeux*, Université Montesquieu Bordeaux IV. Collection Dunod, Eco Sup ISBN : 978-2-10-055837-7.