



Gestion durable des ressources en eau souterraine au Maroc et en Tunisie : quels apports de quelques expériences fonctionnelles pour réfléchir à des solutions locales ?

Zhour Bouzidi¹, Nicolas Faysse^{2,3}, Insaf Mekki⁴, Intissar Ferchichi⁴, Emeline Hassenforder^{2,3}, Jean-Daniel Rinaudo⁵

¹ Université Moulay Ismail, Meknès ; ² UMR G-Eau, Cirad, Montpellier ; ³ Institut National Agronomique de Tunis ; ⁴ Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, Tunis ; ⁵ UMR G-Eau, BRGM, Montpellier.

Contact : zhour_bouzidi@yahoo.fr

Résumé

Au Maroc et en Tunisie, la surexploitation des eaux souterraines s'accroît, dans un contexte de baisse de la pluviométrie et d'augmentation des usages. Après plusieurs années de mise en œuvre, l'approche réglementaire et celle cherchant à mobiliser toujours plus de nouvelles ressources en eau ont montré leurs limites. Pourtant au niveau international, certaines expériences ont montré qu'une gestion durable des ressources en eau souterraine est possible en dépit de multiples défis de mise en place. En revenant sur trois expériences fonctionnelles de gestion des eaux souterraines, le présent article vise à analyser dans quelle mesure celles-ci pourraient alimenter la réflexion sur des dispositifs de gestion des eaux souterraines au Maroc et en Tunisie. Nous considérons ces trois expériences comme emblématiques de trois différents types de gestion : i) une gestion des forages ; ii) une gestion des surfaces irriguées ; et iii) une gestion volumétrique. Ces trois expériences sont mises en œuvre sous une forme de cogestion fonctionnelle depuis plus de dix ans. Elles présentent un gradient en termes de faisabilité de mise en place allant d'un dispositif simple basé sur une gestion des forages, vers un système plus complexe autour d'une gestion volumétrique par les compteurs. Sans chercher à calquer un modèle précis, il est possible de s'inspirer de ces trois expériences pour réfléchir à des solutions adaptées au contexte maghrébin. L'article identifie différentes questions que des acteurs locaux ont à se poser pour réfléchir à la mise en place de dispositifs pilotes de gestion des eaux souterraines, et de possibles étapes pour organiser une réflexion sur les modèles de gestion que pourraient tester de tels dispositifs pilotes.

Mots clés : dispositifs pilotes, eaux souterraines, gestion durable, Maroc, Tunisie

Introduction

En 2023, les niveaux des nappes souterraines au Maroc et en Tunisie s'avèrent très préoccupants notamment du fait de plusieurs années consécutives de forte sécheresse. Au Maroc, les données de la Direction Nationale de la Météorologie (2023) indiquent qu'un déficit pluviométrique de 32% a été enregistré entre 2019 et 2022 par rapport à la moyenne. Ces quatre années constituent les quatre années consécutives les plus sèches depuis les années 1960. En Tunisie, les hivers de 2018 à 2022 ont tous eu une pluviométrie inférieure à la moyenne sur une longue période, avec une baisse de 10% à 60% (Météorologie Nationale, 2023). La baisse de la pluviométrie vient accentuer une situation de surexploitation due à la forte augmentation des prélèvements depuis plusieurs années. Cette augmentation, impulsée dans les années 1990 par le développement de nouvelles techniques de forage (Faysse et al., 2011), s'est renforcée ces dernières années du fait de l'essor de l'énergie solaire. Ainsi, dans la région de Kébili au sud de la Tunisie, environ 20 000 ha de palmeraies sont maintenant irrigués essentiellement grâce à cette énergie solaire (Mekki et al., 2021 et 2022).

Ces dynamiques ont conduit à une baisse générale des niveaux piézométriques et à une augmentation du nombre d'aquifères surexploités. Au Maroc, 50% des aquifères sont désormais surexploités (Kuper et al., 2016). En Tunisie, la Direction Générale des Ressources en Eau (2021a) évalue que, en 2020, 66 nappes superficielles étaient surexploitées, les prélèvements représentant 178% du volume renouvelable annuel moyen. Par ailleurs, environ 1/5ème des nappes profondes sont exploitées avec un taux de plus de 200% (Direction Générale des Ressources en Eau,

2021b). Une trentaine de nappes superficielles et profondes ont vu leur niveau moyen baisser de plus de 3m entre 2019 et 2020 (Direction Générale des Ressources en Eau, 2021c). Cette situation de crise risque, au-delà de l'épuisement des nappes, de compromettre le devenir d'une agriculture irriguée qui dépend des eaux souterraines et qui est devenue une composante centrale de l'économie agricole des deux pays. Dans plusieurs régions du Maroc, l'agriculture irriguée a déjà été fortement impactée par la surexploitation des eaux souterraines (Faysse et al., 2014 ; Ouassissou et al., 2019b).

Au niveau des deux pays, des mesures réglementaires ont été mises en place pour atténuer le risque d'épuisement des aquifères : la création de forage est soumise à autorisation, et dans certaines zones fragiles il n'est plus permis de forer pour l'irrigation. Cependant, ces mesures sont faiblement appliquées, notamment en raison des capacités d'intervention réduites des organisations chargées de la police de l'eau (Faysse et al., 2011 ; Elloumi, 2016 ; Del Vecchio et Barone, 2018).

Par ailleurs, il existe aussi un hiatus entre les objectifs de développement promus par les politiques agricoles (qui encouragent l'intensification et l'accroissement de la production, via la subvention des forages et du matériel d'irrigation) et ceux de la politique de conservation de la ressource en eau souterraine. Ceci limite la réflexion sur comment développer une économie agricole fondée sur l'usage durable des nappes (Faysse et al., 2011). En l'absence de politiques spécifiques, les inégalités se creusent entre les exploitations dotées de moyens qui leur permettent d'investir davantage pour avoir de l'eau en quantité suffisante (grâce à des puits profonds ou des capacités de stockage dans des bassins) et celles qui doivent adapter leurs

cultures à une moindre disponibilité en eau, se tourner vers l'agriculture pluviale ou encore chercher des sources de revenu alternatives à l'activité agricole (Ameur et al., 2018). En outre, la raréfaction de la ressource remet en cause l'usage agricole mobilisant des volumes d'eau conséquents par rapport à d'autres usages en particulier l'approvisionnement en eau potable qui devient problématique notamment en période de sécheresse.

A ces aspects quantitatifs, s'ajoutent d'autres défis environnementaux. La qualité de l'eau souterraine se dégrade, en particulier en termes de taux de nitrate, et ce souvent en lien avec une agriculture intensive (Amrani et al., 2019). Certaines zones humides voient leur alimentation décroître en lien avec la baisse du niveau des aquifères. Ces derniers défis, qui méritent une attention particulière, ne font pas l'objet du présent article.

Au Maroc et en Tunisie, la principale réponse des autorités à la surexploitation des aquifères consiste à développer de nouvelles ressources en eau pouvant être substituées aux prélèvements en nappe, (barrages ou des stations de dessalement). Mais la faisabilité technique et financière de tels projets est de plus en plus précaire. Par ailleurs, sans gestion de la demande, ces initiatives seules sont insuffisantes pour réduire les prélèvements sur les nappes et garantir une gestion durable de ces ressources. Au Maroc et en Tunisie, il y a ainsi un besoin de renouveler la réflexion sur les dispositifs possibles pour la gestion des prélèvements, qui permettent d'assurer un développement économique, notamment agricole, tout en assurant une gestion durable des aquifères.

La problématique de la surexploitation des eaux souterraines est devenue un enjeu majeur dans de très nombreux pays (Siebert et al., 2010). Certaines des difficultés présentes au Maghreb sont aussi présentes ailleurs. Ainsi, d'autres pays qui disposent pourtant de plus de

moyens pour faire respecter la réglementation sur les forages d'irrigation font aussi face à une difficulté de mise en œuvre de la police de l'eau (Montginoul et al., 2020 ; Holley et al., 2020). Cependant, il existe aussi au niveau international plusieurs expériences d'une gestion durable des ressources en eau souterraines (Molle et Closas, 2020 ; Rinaudo et al., 2020). Ces expériences mettent en évidence une diversité de dispositifs de gestion et d'organisation de leur gouvernance.

Pourtant, cette diversité d'expérience de gestion des eaux souterraines est encore souvent peu connue au Maroc et en Tunisie, notamment au niveau des acteurs institutionnels en charge de la gestion des ressources en eau souterraine. Dans cette perspective, le présent article vise à analyser dans quelle mesure certaines expériences fonctionnelles de gestion des eaux souterraines dans le monde pourraient alimenter la réflexion sur des dispositifs de gestion des eaux souterraines au Maroc et en Tunisie. Par « fonctionnelles » nous entendons ici des expériences de gestion qui : 1) fonctionnent depuis plus de 10 ans, 2) ont permis de stabiliser les niveaux piézométriques, et 3) sont reconnues par les principaux acteurs (usagers, institutionnels) de ces cas comme fonctionnant de façon satisfaisante.

L'article présente d'abord les principaux dispositifs en cours et envisagés au Maroc et en Tunisie. Puis il décrit trois expériences, chacune fondée sur une manière spécifique de maîtriser la demande agricole par (1) une gestion des surfaces irriguées (Espagne), (2) une gestion des volumes (France) et (3) une gestion des forages (Tunisie). L'article présente les dispositifs de gestion, leur gouvernance, et les étapes de leur mise en place. Puis, il discute comment de telles expériences pourraient inspirer des dispositifs pilotes qui pourraient fonctionner de façon « robuste » en Tunisie et

au Maroc, dans un contexte de contraintes importantes (faible organisation des usagers de l'eau, faible capacité de police de l'eau, etc.). Cet article est issu d'activités menées dans le cadre de trois projets : eGroundwater, Massire et C4S Groundwater (encadré 1).

Encadré 1: Présentation des 3 projets eGroundwater, Massire et C4S Groundwater

Le projet [eGroundwater](#) se propose de tester des systèmes d'information innovants permettant une gestion participative et durable des eaux souterraines. Ces systèmes concernent à la fois de nouveaux outils (par exemple l'utilisation d'images satellitaires) et aussi l'implication des usagers dans la collecte et la gestion des données (« science citoyenne »). Le projet [Massire](#) a pour objectif de renforcer les systèmes d'innovation agricole et rurale dans les zones oasiennes et arides du Maghreb, pour un développement plus durable. Les innovations concernées incluent de nouveaux mécanismes de gestion collective des ressources en eau et la réflexion sur des scénarios de préservation de ces ressources. Le projet [C4S Groundwater](#), qui fait partie de l'initiative [ClimBeR](#), a pour objectif d'accompagner la gouvernance participative des eaux souterraines dans les systèmes irrigués tunisiens pour co-construire des solutions intelligentes face aux enjeux climatiques et hydriques. Dans ce cadre, le projet a notamment constitué une base de données sur des cas de gouvernance participative des eaux souterraines. Il a aussi conçu des fiches résumant certains de ces dispositifs de gestion et un outil de simulation, pour permettre aux acteurs concernés de dialoguer sur différentes options de gestion possibles.

Dispositifs actuels et prévus de gestion des eaux souterraines au Maroc et en Tunisie

Au Maroc

Au Maroc, de nombreux forages fonctionnent sans autorisations, ni de creusement, ni de prélèvement, malgré l'obligation de déclaration introduite par la loi sur l'eau de 1995 et consolidée par la loi 36-15. Le manque de coopération entre les autorités locales, les agences de bassin hydraulique, l'autorité judiciaire et l'administration de l'agriculture ne permet pas d'appliquer la réglementation en vigueur (Del Vecchio, 2020).

Pourtant, dès les années 2000, le Maroc s'est donné pour objectif de mettre en place des une gestion concertée et contractuelle dans la perspective de limiter la surexploitation des eaux souterraines et de s'inscrire dans un nouveau paradigme de gestion de la demande (Ouassissou et al., 2019a). Ces dispositifs contractuels s'inscrivent plus largement dans les recommandations internationales en matière de gestion des eaux souterraines (Del Vecchio, 2020). L'idée est d'établir des accords entre les pouvoirs publics et les usagers de la ressource pour définir ensemble les règles de prélèvements dans les nappes et garantir leur équilibre quantitatif. Ce sont les agences de bassin hydraulique qui se chargent des processus de négociation et de signature des contrats de nappes. La loi sur l'eau de 2015 (36-15) formalise le statut de tels contrats de nappe et les a rendus opposables.

En 2007, une convention cadre fut ainsi signée entre acteurs institutionnels et usagers des eaux souterraines dans la région de Souss. Cette convention cadre contenait des éléments d'un contrat de nappe, même si ce terme

n'était pas encore utilisé à l'époque. Mais l'élan initial autour de cette initiative s'est vite essoufflé et le plan d'activités prévu n'a été mis en œuvre que très partiellement (Faysse et al., 2012). Par la suite, une circulaire interministérielle n°4775 bis du 15/11/2013, a été signée entre les trois ministères : l'intérieur, l'agriculture et l'énergie, mines, eau et environnement. Cette circulaire « recommande d'adopter un ensemble de mesures réglementaires, institutionnelles et techniques consensuelles sous forme d'un contrat de nappe impliquant les différents acteurs concernés pour une gestion durable de l'eau souterraine » (Ouassissou, 2021).

En 2022, un seul contrat de nappe est en pratique signé, pour la nappe de Meski - Boudnib (région d'Errachidia) et plusieurs autres sont en préparation dans la zone de Chtouka (région de Souss). En dépit d'objectifs ambitieux, la mise en place des contrats de nappe s'avère complexe. En 2023, il n'existe toujours pas de directive nationale décrivant les modalités concrètes de mise en œuvre.

Les contrats signés ou en phase de conception active, s'articulent de manière standard autour de quatre axes complémentaires : 1) mise en place de mesures de recharge artificielle des nappes, 2) prospection de ressources complémentaires, telles que l'importation d'eau de surface d'autres régions ou la recherche de nappes profondes, 3) application plus stricte de la réglementation, 4) et sensibilisation et recherche-développement. Face à la difficulté de mettre en place une gestion de la demande, ces contrats se structurent surtout autour d'une augmentation de la ressource en eau mobilisable, que ce soit par la construction de barrages, le dessalement ou la réutilisation des eaux usées traitées (Molle et Tanouti, 2017). Les agriculteurs qui pourront bénéficier de l'eau apportée grâce à ces nouvelles ressources non conventionnelles (dessalement) et/ou

superficielles mobilisées s'engageront à installer un compteur sur leurs forages et à respecter des quotas individuels qui leur seront alloués. Le paiement de la facture pour l'eau superficielle permettra d'assurer un financement pour le contrôle des compteurs. Aucun contrat de nappe n'émerge clairement dans les – nombreuses – zones où il n'est pas prévu de mobiliser de nouvelles ressources superficielles.

Il existe aussi dans la zone de Berrchid un projet de signer des contrats de concession pour la gestion des eaux souterraines, entre l'agence de bassin et deux associations d'irrigants. Ces associations auraient alors à gérer le respect par leurs membres de quotas d'irrigation, de l'ordre de 5000 m³/ha (Ouassissou et al., 2019a).

En Tunisie

Face à la dégradation continue des ressources en eau en général et des ressources souterraines en particulier, un ensemble d'instruments réglementaires a été mis en place. Les mesures de restriction et d'interdiction des prélèvements ont fait leur apparition bien avant le code des eaux de 1975 et ont été confirmées par ce dernier (Elloumi, 2016). Elles ont donné lieu au début des années 1980 à de nombreux décrets de création de périmètres de sauvegarde ou d'interdiction (où il est totalement interdit de forer).

L'instauration de périmètres de sauvegarde, où il est interdit de forer à plus de 50m, intervient lorsque « les conditions d'exploitation risquent de mettre en danger la conservation quantitative et qualitative des eaux » (code des eaux). Les périmètres d'interdiction sont une mesure encore plus extrême qui interdit toute nouvelle création ou tout approfondissement des ouvrages en place. Cette mesure est décidée pour les nappes dont la surexploitation est avérée et pour lesquelles des signes de

dégradation sont visibles. Une dernière mesure consiste à refuser l'électrification des forages qui n'ont pas d'autorisation.

Ces mesures n'ont pas eu l'effet attendu, en l'absence de contrôle strict. Une réflexion sur les dispositifs de gestion des eaux souterraines est en cours, notamment dans le cadre de la refonte du code des eaux engagée depuis plusieurs années.

Une mesure commune aux deux pays a été l'encouragement à l'adoption de techniques d'économie d'eau à la parcelle, notamment l'irrigation localisée. Mais cet équipement, qui devait selon les estimations des techniciens se traduire par une réduction de 20 à 30 % de la consommation d'eau, a conduit au contraire à une augmentation des prélèvements. En effet, dans un cadre où l'octroi de la subvention n'est pas conditionné par la limitation de la surface irriguée, de nombreux agriculteurs en ont profité pour étendre leurs superficies irriguées lorsque les conditions d'accès au foncier le leur permettaient (Molle et Tanouti, 2017).

Le Tableau 1 résume les principaux dispositifs présentés ci-dessus (voir Faysse et al., 2011 pour une présentation plus exhaustive des dispositifs mis en œuvre dans les années 2000, et encore en place en 2023, au Maghreb).

Méthode

Cette analyse repose sur une revue de littérature et des entretiens réalisés avec des responsables d'institutions en charge de la gestion des eaux souterraines au Maroc et en Tunisie. Les entretiens ont d'abord été effectués pour comprendre les dispositifs en cours et prévus de gestion des aquifères et leurs limites. Au Maroc, des entretiens ont été menés avec des responsables de la gestion des eaux souterraines au niveau du Ministère de l'Équipement, et avec différents membres de

l'Agence du Bassin Hydraulique du Sébou. En Tunisie, des entretiens ont été menés avec des responsables de la Direction Générale des Ressources en Eau du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche. Par ailleurs, un atelier pluri-acteurs sur la gestion des eaux souterraines a été organisé en décembre 2022 rassemblant 78 participants provenant des échelles locales à nationale (Hassenforder et al., 2022).

Tableau 1. Principaux dispositifs pour limiter la surexploitation des aquifères au Maroc et en Tunisie

Dispositif de gestion	Mise en œuvre		Mise en œuvre en pratique	Limites ou contraintes
	Maroc	Tunisie		
Contrôle des nouveaux forages et de l'approfondissement des forages existants	X	X	Limitée	Moyens limités pour les contrôles, faible poids politique des acteurs en charge de la police de l'eau
Appui à la reconversion vers l'irrigation localisée	X	X	Mise en œuvre, mais accompagnée d'une extension des superficies irriguées	L'octroi de la subvention n'est pas conditionné par la limitation de la surface irriguée ¹ . De plus, la condition d'installation d'un compteur est souvent ignorée ou s'il est là, aucun suivi est effectué.
Contrat de nappe	X		Limitée jusqu'à maintenant	Faible organisation des usagers de l'eau et en particulier des irrigants, manque de moyens pour organiser la concertation dans la durée
Mobilisation de nouvelles ressources en eau	X	X	Oui	Difficultés croissantes à trouver de nouvelles ressources en eau superficielles, coût des investissements, risque d'augmentation des superficies irriguées en absence de contrôle de la demande en eau

Dans un deuxième temps, une revue de littérature a permis d'identifier des cas fonctionnels au niveau international (sur la base notamment de différents inventaires de cas de gestion déjà existants, par exemple Molle et Closas, 2020). Parmi ces différents cas d'étude, certains sont apparus intéressants mais non adaptés au cas maghrébin. Par exemple, dans l'Etat du Gujarat en Inde, les forages agricoles sont alimentés par un réseau électrique spécifique. Un contrôle des pompes a été tenté par le contrôle de l'alimentation électrique (Kumar et al., 2022). Un tel dispositif ne serait pas pertinent au Maroc et en Tunisie, où les agriculteurs ont développé des moyens autonomes d'accéder à

l'énergie hors réseau électrique, que ce soit par l'utilisation d'essence, de bouteille de gaz, ou d'énergie solaire (Mekki et al., 2021 ; Raïs et al., 2016). Autre exemple : en Australie, des quotas ont été délivrés aux agriculteurs et un marché de quotas d'eau est mis en place (de Bonviller et al., 2020, Rinaudo et al., 2020). Cependant, en Tunisie et au Maroc, l'attribution de droits individuels d'accès à l'eau commercialisables est peu envisageable, tout au moins dans les années à venir, à la fois d'un point de vue pratique mais aussi d'un point de vue législatif.

La revue de littérature de cas internationaux a permis d'identifier trois cas emblématiques de gestion des eaux souterraines, qui

¹ Plus précisément, l'octroi de la subvention se base sur l'acquisition de l'autorisation du creusement. Mais implicitement la surface à irriguer est consignée dans l'autorisation du prélèvement dans laquelle on a le débit autorisé et la surface déclarée pour l'irrigation. Le problème réside dans le manque de contrôle par la suite par la police de l'eau

représentent trois manières de gérer la demande en eau agricole, et qui sont envisageables a priori dans différentes régions du Maghreb : une gestion des forages (cas de Bsissi en Tunisie), une gestion des surfaces irriguées (cas de la Mancha Orientale en Espagne) et une gestion des volumes (cas de la Beauce en France, Figure 1). Plus particulièrement, les articles suivants ont été

mobilisés : pour le cas de Bsissi (Chrii et al., 2023 ; Frija et al., 2016), pour le cas de la Mancha Orientale (Esteban et Albiac, 2012), et pour le cas de la Beauce (Verley, 2020 ; Bouarfa et al., 2011). Les auteurs du présent article ont eu aussi l'occasion de faire des entretiens avec les acteurs de l'eau et des observations dans chacun des trois cas.

Figure 1. Localisation des trois expériences de gestion des eaux souterraines présentées



Résultats

Une gestion des forages : le cas de Bsissi

La zone d'El Bsissi-Oued El Akarit est une plaine côtière localisée dans le gouvernorat de Gabès

dans le sud-est de la Tunisie. Il existe deux types d'aquifères dans la zone de Bsissi. La nappe phréatique, d'une épaisseur de 20 à 60 mètres, se renouvelle principalement par les eaux de pluie. La nappe profonde de la Jeffara, peu renouvelable, couvre une large zone dans le sud tunisien et en Lybie. Dans les années 1980, de nombreux agriculteurs s'étaient

installés dans la zone du fait du faible coût de la terre et de la facilité d'accès à la nappe.

Mais la multiplication des forages dans l'aquifère confiné de la Jeffara a généré un risque d'intrusion d'eau de mer dans l'aquifère. Face à ce risque, l'administration a défini en 1987 une zone d'interdiction couvrant toute la partie nord de Gabès. Cette interdiction n'a pas empêché le creusement de forages illicites et a attisé la tension entre les agriculteurs et l'administration qui a mis en place des dispositifs coercitifs pour limiter ces pratiques (saisie des foreuses, poursuites judiciaires, etc.). En 1998, des réunions de sensibilisation des agriculteurs au risque d'intrusion et à la nécessaire préservation des ressources en eau ont été organisées à l'initiative de la Direction des Ressources en Eau du Commissariat Régional de Développement Agricole (CRDA) de Gabès, qui est l'antenne régionale du Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche. Cette dernière a aussi réalisé un inventaire des puits et des forages qui tenait compte, au niveau de chaque exploitation, de l'adéquation entre la surface irriguée et le nombre de puits et de forages nécessaires. Dans certaines exploitations dont la superficie irriguée ne justifiait pas tous les forages présents, certains ouvrages ont été fermés. La Direction des Ressources en Eau a aussi impulsé en 2001 la création d'une association d'irrigants – formellement un Groupement de Développement Agricole (GDA) - spécifiquement pour gérer les eaux souterraines.

Le périmètre géré par ce GDA depuis 2001 s'étend sur une superficie de 5500 ha dont 3500 ha irrigués et 299 forages enregistrés. Le GDA a deux rôles principaux : surveiller les créations illicites de forages et donner un avis à l'administration locale lorsque des membres de l'association veulent modifier leur point de prélèvement (remplacement, électrification, approfondissement, ...). Le GDA est le seul

interlocuteur de l'administration. En effet, dans la région de Bsis, il n'est officiellement pas possible d'obtenir une autorisation pour forer des puits pour irriguer de nouvelles zones. Lorsqu'un agriculteur veut remplacer un forage qui s'est asséché, le GDA contrôle si le forage s'est effectivement asséché avant de donner un avis à la Direction des Ressources en Eau. La Direction des Ressources en Eau n'accepte de délivrer une autorisation pour le nouveau forage que si le GDA a fourni un avis positif.

L'accord autour de la création du GDA a permis aux agriculteurs de régulariser leurs forages et d'avoir accès aux subventions pour l'introduction du goutte-à-goutte et pour les plantations d'oliviers. La cotisation annuelle de chaque membre de l'association a été fixée à 50 dinars tunisiens (environ 13 euros). Néanmoins, moins de la moitié des adhérents s'acquittent de cette cotisation car les services rendus par l'association ne sont pas visibles au quotidien. De nombreux agriculteurs ne viennent payer que lorsqu'ils ont besoin d'être membres pour recevoir des subventions du CRDA de Gabès. En revanche, cette gestion associative perdure depuis 20 ans et a permis de prévenir l'épuisement des eaux souterraines. Le taux de rabattement de la nappe ne dépasse pas 1m à 1,5m sur l'ensemble des dix dernières années selon le président du GDA.

Une gestion des surfaces irriguées : l'expérience de la Mancha Orientale

La Mancha Orientale est un plateau de 700m d'altitude situé dans la région de Valence en Espagne, où l'irrigation est essentiellement assurée par les eaux souterraines. La région est caractérisée par un climat continental semi-aride, avec une pluviométrie moyenne d'environ 350 mm/an, variant entre 150 mm les années sèches et 750 mm les années humides. L'aquifère de La Mancha Orientale est le plus grand aquifère d'Espagne, couvrant

7300 kilomètres carrés, et l'un des plus grands aquifères du sud de l'Europe. Cette région a connu une augmentation des superficies irriguées de 20 000 à 100 000 hectares entre 1970 et 2000, principalement par le biais de la création de 25 000 puits et forages. L'extraction des eaux souterraines est aujourd'hui estimée à 500 millions de mètres cubes (hm^3) par an pour des ressources renouvelables estimées entre 280 et 330 hm^3 . Cela a entraîné une importante baisse des niveaux piézométriques, l'assèchement de nombreuses sources naturelles et la diminution du débit naturel du fleuve Júcar, ce qui a provoqué de graves conflits avec les utilisateurs d'eau situés en aval du bassin du Júcar.

En 1995, sous l'impulsion de l'administration, une association a été créée pour la gestion collective des ressources en eau souterraine, la régulation et le contrôle des prélèvements dans la perspective de parvenir à une exploitation durable de la ressource. L'association centrale des irrigants de la Mancha Orientale (dont le sigle est JCRMO en espagnol) compte 1502 membres (agriculteurs individuels et associations) et gère une superficie de 121 000 ha. La propriété moyenne des membres dépasse 60 ha. L'irrigation se fait par aspersion (fixe et mobile) sur plus de 80% des terres irriguées. L'association travaille en collaboration avec l'office d'agriculture du gouvernement régional, la confédération hydrographique du Júcar (l'équivalent d'une agence de bassin hydraulique marocaine), une université régionale et une société privée.

Pour chaque agriculteur, un quota d'eau utilisable a été calculé selon la superficie irrigable autorisée en 1997, avec une règle de 4 000 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Ainsi un agriculteur qui disposait de 6 ha irrigables autorisés en 1997 dispose depuis lors d'un droit à 24 000 m^3 par

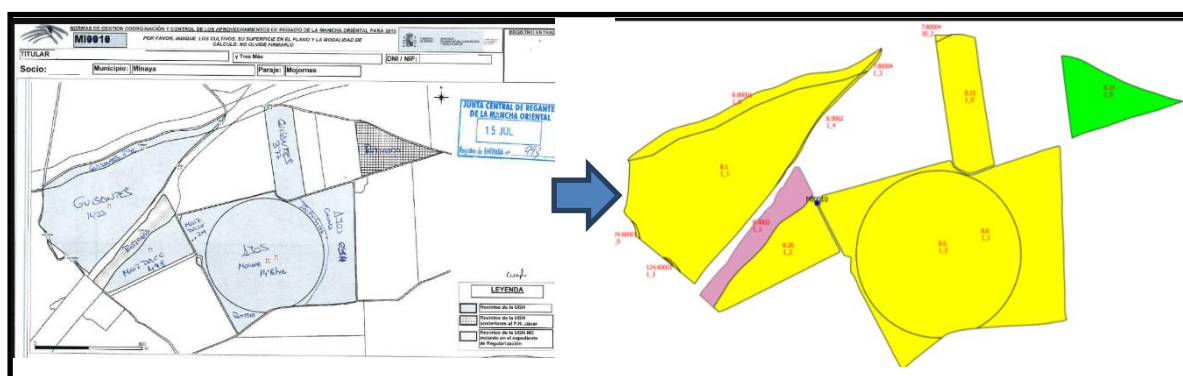
an. Les agriculteurs doivent déclarer un plan d'irrigation au printemps de chaque année, dans lequel ils déclarent les surfaces qu'ils prévoient pour chaque culture (cf. exemple dans la partie de gauche de la Figure 2). A chaque culture est associé un besoin en d'eau de référence, calculé par hectare. Les agriculteurs peuvent choisir les superficies des différentes cultures irriguées du moment que, selon le plan d'exploitation et les besoins en eau de référence, ils respectent le quota au niveau de l'ensemble de leur exploitation.

Le Tableau 2 montre quelques besoins en eau de référence, estimés selon des techniciens et en étudiant les pratiques des agriculteurs. Ce tableau montre aussi un exemple de deux options possibles de plan d'exploitation, pour un agriculteur qui aurait un quota annuel de 24 000 m^3 . Une fois que la JCRMO a tous les plans d'exploitation, elle contrôle les superficies plantées, grâce à l'observation par satellite (partie de droite de la Figure 2). Les agriculteurs qui le souhaitent peuvent installer un compteur : ils n'ont alors plus à fournir de plan d'exploitation, la JCRMO contrôle les volumes prélevés en relevant les compteurs. L'utilisation de la télédétection, combinée à d'autres techniques, a produit des résultats très positifs pour la gestion avec un degré de conformité de 99% des plans d'exploitation et de 100% de restitution des volumes extraits en excès en cas de non-conformité.

Tableau 2. Exemple de plans d'exploitation possibles pour un agriculteur disposant de 24000 m³/an dans le dispositif de gestion de la Mancha Orientale

Culture	Besoin en eau de référence à l'hectare	Plan d'exploitation	
		Option 1	Option 2
Ail	3000 m ³	5 ha => 15000 m ³	1 ha => 3000 m ³
Luzerne	8000 m ³	1 ha => 8000 m ³	3 ha => 18000 m ³
Safran	1000 m ³	1 ha => 1000 m ³	3 ha => 3000 m ³
Total		24000 m ³	24000 m ³

Figure 2. Exemple de plan de gestion présenté par un agriculteur à l'association de gestion des eaux souterraines de la Mancha Orientale (à gauche) et contrôle par l'association des superficies réellement plantées grâce à la télédétection (à droite)



Une gestion des volumes : le cas de la Beauce

La nappe de la Beauce constitue l'un des réservoirs souterrains les plus importants de France. Elle s'étend sur environ 10 000 km² entre la Seine et la Loire et compte environ 3 300 agriculteurs qui exploitent plus de 4 000 forages. En plus de l'usage agricole, la nappe est utilisée aussi pour les activités industrielles et pour l'alimentation en eau potable. Au début des années 1990, les sécheresses récurrentes et la surexploitation de la nappe ont abouti à une baisse remarquable des niveaux piézométriques enregistrant le plus bas niveau historique depuis 1900.

Les prélèvements agricoles, situés par le passé en général entre 100 et 300 hm³ par an en

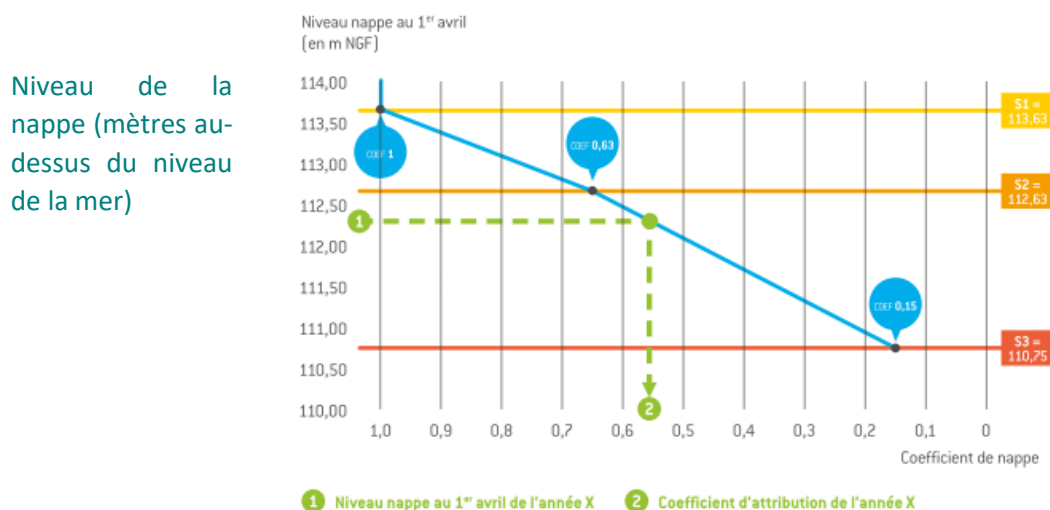
fonction du climat, ont atteint 450 hm³ au plus fort de la sécheresse des années 1990, entraînant non seulement une baisse du niveau de la nappe mais aussi le tarissement de nombreuses sources et de cours d'eau, et suscitant une forte réaction des associations de protection de la nature. Ce déficit hydrique a été à l'origine d'une concertation entre les professionnels agricoles et les représentants des services de l'Etat et les agences de l'eau, pour réfléchir à un mode de gestion adaptée de l'aquifère.

En 1994, conformément à une politique nationale, la mise en place des compteurs a été initiée pour introduire une gestion volumétrique des prélèvements agricoles pour l'irrigation. En 1999, chaque usager reçoit pour la première fois un volume individuel de référence, ou quota de prélèvement, qu'il est

tenu de respecter. Ces quotas sont alors fixés sur la base de l'usage moyen réalisé au cours d'une période historique de référence. Depuis 2014, le prélèvement agricole total est plafonné à 420 hm³, ce qui a nécessité de réduire les quotas individuels attribués en 1999. L'aquifère de la Beauce a été divisé en quatre secteurs, et ce volume de 420 hm³ a été distribué entre chacun des quatre secteurs. Dans chacun de ces secteurs, un niveau piézométrique objectif moyen a été défini, son

respect permettant d'éviter des impacts sur les cours d'eau dépendant de la nappe. Au début de chaque saison, le niveau réel moyen (estimé sur la base de mesures faites dans plusieurs forages) est comparé à ce niveau objectif afin de décider de la mise en place de restrictions, si le niveau est trop bas. Cette restriction prend alors la forme d'un coefficient de réduction des quotas individuels, appliqué à chaque usager en début de saison d'irrigation (Figure 3).

Figure 3. Courbe pour calculer le coefficient de réduction en fonction d'un niveau piézométrique moyen calculé dans un des secteurs (Cellule d'animation du SAGE Nappe de Beauce, 2016).



Au niveau d'une exploitation agricole de la Beauce, un quota de référence est déterminé en fonction de la situation géographique de l'irrigant, du type de terrain qu'il occupe et du nombre d'hectares à irriguer. Chaque année, l'agriculteur peut utiliser son quota individuel, qui est ajusté en tenant compte du coefficient de remplissage de la nappe dans le secteur où se trouve l'exploitation. Ainsi si un agriculteur dispose d'un quota de 800 m³/ha en année normale, l'application d'un coefficient de 90% lui permet d'utiliser 720 m³/ha cette année. Chaque agriculteur est autorisé à dépasser jusqu'à 20 % son quota durant une année à condition de prélever moins, de la même quantité, l'année suivante.

En termes de gouvernance, ces règles ont été officialisées dans le cadre d'un Schéma

d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de la Beauce, qui a été élaboré par une Commission Locale de l'Eau regroupant institutions publiques, collectivités locales et représentants des usagers.

Depuis la fin des années 2010, la gestion des prélèvements a été un peu plus décentralisée. L'état, qui était jusqu'à lors chargé de délivrer les autorisations de prélèvements et les quotas à chaque agriculteur, a demandé aux usagers de former des organisations d'usagers, appelées Organismes Uniques de Gestion Collective (OUGC). L'Etat alloue désormais une autorisation globale de prélèvement à ces OUGC qui sont ensuite chargés de définir leurs propres règles de partage entre leurs usagers (lesquelles restent souvent proportionnelles aux références historiques). Dans la Beauce, il

existe 10 OUGC (Rinaudo et al., 2020 ; Rouillard et al., 2020).

La mise en place d'une gestion volumétrique pour une gestion plus efficiente et durable de la nappe a pris près de 30 ans mais a permis un retour à l'équilibre de la nappe. Ce dispositif de

gestion a constitué une source d'inspiration au niveau national et son application a été systématisée en France avec la loi de 2006 (Rinaudo et al., 2020). Le Tableau 3 résume les caractéristiques des trois expériences de gestion des eaux souterraines présentées ci-dessus.

Tableau 3. Comparaison des trois expériences de gestion des eaux souterraines

	Bsissi	Mancha Orientale	Beauce
Type de gestion	Par les forages	Par les surfaces	Par les volumes
Organisation(s) d'agriculteurs impliquée(s)	Groupement de Développement Agricole (GDA) de Bsissi Oued el Akarit	Association centrale des irrigants de la Mancha Orientale (JCRMO)	10 Organismes Uniques de Gestion Collectives (OUGC)
Principale(s) institution(s) publique(s) impliquée(s) dans la gestion	Direction des Ressources en Eau de Gabès	Confédération hydrographique du Júcar	Regroupement de communes et Agences de l'eau
Nombre d'usagers agricoles	299 forages enregistrés	10 000 agriculteurs	3300 exploitations agricoles
Surface gérée	5 500 ha	121 000 ha	344 000 ha
Modalités	Interdiction de créer de nouveaux forages, régularisation des forages existants	Un quota fixe par exploitation (4 000 m ³ /ha/an), plan d'exploitation déclaré annuellement (choix des cultures et superficies irriguées)	Définition d'un volume annuel prélevable (quota) par exploitation. Ajustement de ce volume chaque année par le biais d'un coefficient défini dans chaque secteur en fonction du niveau de la nappe
Contrôle	Contrôle des forages par visites sur le terrain du GDA de Bsissi	Contrôle des surfaces irriguées par télédétection par la JCRMO	Contrôle des volumes prélevés par des compteurs, par l'Etat

Discussion

Des dispositifs qui permettent des choses différentes...mais plus ou moins complexes à mettre en œuvre

Les expériences présentées ci-dessus ne sont pas à prendre comme des modèles stables et

statiques, dont il suffirait d'assurer un « copier-coller » dans d'autres zones pour assurer une gestion réussie. En effet, il y a toujours des difficultés inhérentes à vouloir transposer telle quelle une expérience d'une situation à une autre (Molle, 2008 ; Olivier de Sardan, 2021). De plus, ces dispositifs ont souvent évolué par le passé et continueront probablement à évoluer dans le futur. Enfin, ces dispositifs, s'ils ont permis de limiter les prélèvements agricoles et s'ils font l'objet d'un accord entre

les différents acteurs au niveau local, présentent des fragilités. Ainsi, le fonctionnement du GDA de Bsissi se fonde sur le volontariat de ses dirigeants, ce qui fragilise ses activités. Les expériences présentées ci-dessus sont surtout intéressantes en tant que cas concrets pour élargir le champ des options possibles lors de discussions entre acteurs pour réfléchir à un dispositif de gestion des eaux souterraines adapté aux conditions locales.

Les trois expériences décrites ci-dessus présentent un gradient en termes de faisabilité de mise en place dans le contexte magrébin. L'expérience de Bsissi en Tunisie est la plus facile à mettre en place. Elle ne nécessite pas d'investissement en termes d'installation de compteurs volumétriques (cas de la Beauce) ou encore de techniques de télédétection pour le contrôle et le suivi des superficies plantées (cas de la Mancha Orientale). Cependant, le dispositif de gestion de Bsissi ne produit pas d'incitation à améliorer l'efficacité des pratiques d'irrigation. De plus, ce dispositif peut poser un problème d'équité associé au fait que chaque forage n'a pas le même débit. Cette question est peu évoquée à Bsissi mais pourrait poser problème dans d'autres zones.

L'expérience de la Mancha Orientale est plus complexe en termes de mise en place et de gestion que celle de Bsissi, mais elle permet une gestion différenciée, puisqu'il est possible d'attribuer un quota différent à chaque agriculteur. Cependant, le suivi par le biais du contrôle des superficies irriguées n'incite pas non plus les agriculteurs à une efficacité de l'irrigation. Contrairement aux deux autres expériences, l'expérience de la Beauce intègre réellement une incitation à l'efficacité de l'irrigation, puisque chaque agriculteur est incité à maximiser la valeur qu'il tire d'un volume d'eau limité.

Cependant, les compteurs représentent une option pour l'instant très fragile en Tunisie comme au Maroc. D'abord, les agriculteurs

sont souvent réticents à installer des outils qui symboliseraient l'ingérence de l'Etat dans leurs parcelles privées et l'imposition de restrictions sur une ressource jusque-là en accès libre. Ensuite, se pose la question des financements pour installer et organiser la maintenance de centaines voire de milliers de compteurs. Enfin, il y a la question des ressources humaines pour organiser la lecture des compteurs et le respect de leur utilisation. Pour toutes ces raisons, d'autres options (et entre autres de gestion « par les forages » ou « par les superficies ») sont à avoir en tête pour penser des dispositifs de gestion au Maroc et en Tunisie.

La question des nouveaux agriculteurs

Ces trois dispositifs fonctionnels de gestion des eaux souterraines convergent vers l'objectif de « sauvegarder l'existant », objectif sur lequel s'accordent les agents de l'administration et les agriculteurs que nous avons rencontrés au Maroc et en Tunisie. Cependant, en « figeant » la situation (quota d'eau, superficie, etc.) dans la poursuite de cet objectif acceptable pour les usagers déjà installés, se pose d'emblée, le risque de verrouillage pour de nouveaux arrivants (jeunes et investisseurs venus d'ailleurs) et du maintien, voire du renforcement des inégalités existantes (intergénérationnelles et autres). Il se pose alors la question de savoir comment ces droits ou ces attributions sont renégociés en fonction des évolutions sociales et économiques.

Dans le cas de la Beauce (comme dans de nombreux autres cas en France), tout le volume prévu pour le secteur agricole ayant été alloué, il n'est plus possible d'attribuer des volumes supplémentaires pour de nouveaux agriculteurs. En pratique, dans la Beauce, un nouvel arrivant ne peut s'installer qu'en achetant à un agriculteur qui prend sa retraite une ferme dans son intégralité (qui contient

presque systématiquement une partie irriguée). A l'issue de la vente (et bien que cela ne soit pas précisé dans la loi), l'état accepte systématiquement de transférer l'autorisation de prélèvements de l'ancien au nouveau propriétaire (on parle de « droit de présentation » du successeur). Concrètement le prix de vente de la ferme reflète le quota d'eau dont elle dispose. Cependant, il faut rappeler que l'allocation que reçoit chaque agriculteur est une autorisation administrative, pas un droit de propriété. Il peut être réduit ou supprimé sans compensation, si cela est dans l'intérêt général.²

En Espagne, dans le cas de la Mancha, il n'y a pas de possibilité d'accueillir des nouveaux arrivants. L'irrigation n'est possible que sur les terres qui ont été déclarées irriguées à une certaine date et qui ont reçu une dotation de 4000 m³/ha. Ces terres et le volume correspondant sont rattachés à un forage qui dispose d'un droit d'eau. Ce droit est privé si antérieur à 1985 et il s'agit d'une concession si postérieur. Un nouvel irriguant ne peut donc irriguer que s'il achète un droit (avec ou sans les terres).

En Tunisie, la très grande majorité des agriculteurs achètent ou louent une terre qui a déjà un forage régularisé et fonctionnel (cette situation peut être étendue au contexte marocain). Avant 2018, certains investisseurs originaires d'autres zones réussissaient à obtenir de nouvelles autorisations pour s'installer dans la zone de Bsis et faire un nouveau forage. Le CRDA était souple, au titre

du développement agricole, et du coup le GDA l'était aussi car de toute façon, il savait que le CRDA « passerait outre » le cas échéant.

Depuis 2018, le CRDA a presque complètement arrêté de donner des autorisations. Dans de rares cas, un agriculteur qui achète une terre non irriguée sera autorisé à établir un contrat avec un voisin qui a plusieurs forages, pour avoir une assurance de pouvoir utiliser le forage. Ce contrat est légalisé à la municipalité.

Des facteurs qui ont facilité la mise en œuvre des dispositifs de gestion des eaux souterraines

Différents facteurs ont facilité l'adhésion des agriculteurs aux dispositifs de gestion décrits ci-dessus. Il y a eu d'abord un **intérêt commun** confirmé de sécuriser l'accès à l'eau pour les usagers déjà installés et de limiter ou contrôler les nouveaux arrivants. Ensuite, il y a eu une **volonté étatique affirmée** de mise en place et d'appui à une gestion locale des eaux souterraines, associant des sanctions crédibles et des opportunités d'appui pour les agriculteurs qui intègrent le dispositif de gestion. C'est le cas notamment à Bsis en Tunisie où l'Etat a instauré et fait respecter une zone d'interdiction – avec par la suite le conditionnement de l'octroi des subventions liées à l'adhésion au GDA. Un autre facteur qui a facilité cette adhésion dans les trois cas est le fait qu'il y ait eu des **marges de flexibilité** permises et la possibilité d'évolution des règles de gestion (possibilité de dépasser son quota

² En France, les règles concernant les nouveaux venus peuvent être très différentes d'un OUGC à l'autre. Certains OUGC ont décidé de garder la porte ouverte aux nouveaux arrivants. Dans ce cas, ils acceptent de réduire l'allocation des usagers historiques lorsqu'un nouvel arrivant se présente. D'autres OUGC ont mis en place des règles qui leur permettent de « récupérer » les volumes qui ne sont pas réellement utilisés. Un agriculteur qui n'utilise pas, pendant plusieurs années successives, le

volume que l'OUGC lui a donné sur la base de sa référence historique, le perd. L'OUGC peut alors le réallouer à de nouveaux arrivants. L'OUGC du Marais Poitevin va plus loin : lorsqu'un agriculteur vend sa ferme, le repreneur ne reçoit que 80% du volume historique du vendeur. Les 20% restant constituent une réserve que l'OUGC peut utiliser pour installer de jeunes agriculteurs (Rouillard et Rinaudo, 2020).

dans la Beauce si un agriculteur décroît d'autant la quantité pompée l'année suivante, possibilité dans la Mancha Orientale de choisir une gestion par compteur plutôt que par surface, etc.).

Un **cadrage réglementaire** pertinent est aussi important. En France, les compteurs sont obligatoires depuis la loi de 1992 et la définition de niveaux piézométriques de référence à respecter sont aussi imposés par la loi. En Espagne, le principe de donner un volume par ha à chaque irrigant sur la base d'une surface de référence historique est aussi inscrit dans la loi. Au Maroc, le cadre légal des contrats de nappes est très ouvert et permet déjà de légaliser des dispositifs qui seraient co-construits au niveau local.

Finalement, les trois exemples identifiés sont des cas de **cogestion**, c'est-à-dire une gouvernance où les institutions publiques et des associations d'agriculteurs définissent ensemble les règles et se partagent les responsabilités quant à leur mise en œuvre. Ce n'était pas un critère a priori de sélection de ces exemples (les deux critères étant la réussite et le fait que cela soit envisageable dans le contexte maghrébin), mais cette participation des agriculteurs à la conception et la mise en œuvre de la gestion a certainement favorisé leur adhésion aux dispositifs de gestion.

De tels dispositifs de cogestion sont envisageables au Maroc et en Tunisie, sur de petits aquifères, comme c'est notamment le cas à Bsissi. Un dispositif de cogestion s'avèrerait bien plus difficile à mettre en œuvre

pour de grands aquifères en Tunisie et au Maroc (Saiss, Berrechid, Kairouan, Kebili), notamment du fait de l'absence d'organisation professionnelle agricole représentative à même de participer à la gestion de dispositifs sur de telles grandes régions irriguées. D'autres solutions peuvent être envisagées pour ces grands aquifères, par exemple la participation d'un ensemble d'organisations professionnelles agricoles, représentatives au niveau local, à la conception du dispositif et aux grandes décisions, tandis que la gestion en elle-même est assurée par les services étatiques. Ou bien, ces grands aquifères pourraient être divisés en différentes sous-zones, avec une association agricole partenaire de la gestion dans chaque sous-zone (comme c'est le cas notamment dans la Beauce).

Accompagner une discussion sur des dispositifs pilotes

Les trois projets de recherche en cours (eGroundwater, C4S, Massire) tentent d'accompagner une réflexion sur des dispositifs de gestion pilotes au Maroc et en Tunisie. La Figure 4 présente les résultats d'un atelier au Maroc en mars 2023. La discussion sur ce contenu s'est appuyée sur une présentation préliminaire des trois expériences présentées ci-dessus (certains agriculteurs marocains avaient aussi eu l'occasion de visiter le cas de la Mancha Orientale³). Lors de ces ateliers, les acteurs ont eu à discuter différents points, qui sont en fait à aborder de façon systématique.

³ https://www.youtube.com/watch?v=hUBA_53IFE

Figure 4. Scénario de gestion conçu lors d'un atelier au Maroc en mars 2023, dans le cadre du projet eGroundwater



De quoi discuter ?

Le premier point concerne la **mise en place du dispositif**. Il s'agit notamment de discuter des règles pour les puits et forages initialement non déclarés. Par exemple, une option est de décider de régulariser tous les forages y compris illégaux au début de mise en place du système de gestion et d'interdire les nouveaux creusements par la suite, sauf dérogation en cas d'assèchement. Le deuxième point concerne les **institutions**. Ainsi, en cas de mise en place d'une co-gestion, les acteurs doivent définir le partage des rôles entre association des usagers et services de l'Etat, et doivent préciser l'instance de dialogue entre les différentes organisations impliquées. Il faudra définir l'échelle la plus pertinente pour la constitution d'association d'agriculteurs, de façon à tenir compte des enjeux locaux d'alliances socio-politiques et des conflits locaux. Cela peut être l'échelle de la nappe, selon un découpage administratif, un découpage ethnique, etc. Par exemple dans le cadre de la concertation facilitée par le projet e-Groundwater dans la région du Séfrou au Maroc, les agriculteurs ont suggéré de créer

trois associations à l'échelle des trois communes rurales. La proposition faite est que ces associations assureront la gestion de l'irrigation au quotidien, tandis qu'une fédération à l'échelle de la nappe assurera le suivi, le contrôle et la coordination entre les trois associations.

Le troisième point concerne la **gestion du dispositif**. Les acteurs devront notamment discuter de possibles règles d'allocation des droits de prélèvements, en abordant la question en termes d'équité. Par exemple, il est possible de donner une priorité aux cultures pérennes par rapport aux cultures annuelles (pour protéger l'investissement). Aussi, se pose la question de l'équité entre petites et grandes exploitations, mais aussi entre agriculteurs déjà installés et nouveaux arrivants.

Le dernier point à discuter concerne les **ressources financières et matérielles** pour faire fonctionner de façon durable le dispositif. En particulier, les dispositifs de co-gestion ne peuvent fonctionner durablement que si les associations d'irrigants qui prennent des responsabilités dans la gestion assurent aussi un financement pérenne de leurs activités⁴.

Comment organiser la discussion ?

Dans le projet eGroundwater et le projet C4S, un accompagnement à la réflexion sur de possibles dispositifs de gestion avec les acteurs locaux inclut les étapes suivantes. Une première étape vise à réaliser un **état des lieux partagé**. Il s'agit de cartographier les acteurs concernés, d'identifier des leaders (parmi les usagers et dans l'administration) prêts à porter cette démarche, puis de mobiliser ces acteurs. Il s'agit aussi de faire un état des lieux de la situation (et partager ces données) : état de la nappe, nombre d'usagers, nombre de forages, etc.

Cet état des lieux partagé pourra s'appuyer sur la mise à disposition par l'administration des données hydrogéologiques, et par les usagers d'informations sur les niveaux piézométriques, leur plan de cultures et les superficies irriguées. Dans de nombreuses situations, l'information fait défaut et sa production est nécessaire pour une meilleure connaissance de l'état des aquifères et de leur évolution. Les enquêtes menées par les trois projets montrent le besoin ressenti par les acteurs locaux en matière d'hydrogéologie, de climatologie, mais aussi de processus de création d'association, etc. Au Maroc des géo-portails ont été créés par les agences de bassin hydraulique pour améliorer la connaissance des aquifères mais ils doivent

être opérationnalisés pour les rendre accessibles au public.

L'implication de projets de recherche interdisciplinaire s'avère ainsi prometteuse en matière de production de connaissance, de facilitation du dialogue entre parties prenantes et d'animation de la réflexion des acteurs autour des enseignements à tirer des expériences réussies, de scénarios de gestion possibles et de mises en débat des enjeux d'équité et de gouvernance. L'implication de la recherche peut aussi appuyer une démarche de co-construction et de partage des savoirs. Par exemple dans le cadre du projet eGroundwater, des ateliers d'hydrogéologie participative ont été organisés pour alimenter un débat entre le savoir scientifique et les savoirs locaux. Cet état des lieux va permettre de construire avec les acteurs une vision partagée du problème (de dégradation et/ou de surexploitation de la nappe) et de l'objectif à atteindre.

Dans une deuxième étape, les participants au processus sont invités à **définir des valeurs et des principes partagés**, qui peuvent être inscrits dans une charte. Différentes options de gestion peuvent ensuite être présentées (par exemple, les trois expériences ci-dessus ou d'autres). Les acteurs pourront alors discuter, voire simuler, la faisabilité et de l'efficacité de **différents scénarios de gestion**. Les participants vont identifier les tâches à accomplir et les responsabilités des différents acteurs pour ces tâches : qui va mettre en œuvre les différentes tâches, qui va faire le contrôle, comment le dispositif va être financé, quelles sont les relations et le partage des tâches avec les autres acteurs. Enfin, il s'agira de définir quelles données vont être collectées et partagées, à quelle fréquence, comment et

⁴ Au Maroc, les agences ont la possibilité de restituer 20% de la redevance d'eau à des associations d'irrigants. Ce cadre légal est intéressant, reste à voir, dans un contexte où cette

redevance n'est en pratique quasiment jamais perçue, si un tel outil permettrait effectivement de financer ce type de dispositif.

par qui, y compris sur le long terme, quelles sont les informations clés pour la prise de décision (par exemple, en termes de niveau piézométrique).

Les trois expériences ci-dessus montrent que, si elles ont permis de limiter la surexploitation de la nappe et d'assurer un retour relatif à l'équilibre de l'aquifère, le processus de réflexion, de négociation et de tests de règle a souvent été long. Il est ainsi important d'identifier des ressources humaines capables d'accompagner un tel processus sur plusieurs années.

Conclusion

Les trois expériences présentées montrent qu'une gestion fonctionnelle de la ressource en eau souterraine impliquant l'ensemble des acteurs et permettant de sauvegarder les aquifères est possible en dépit des multiples entraves : informalité des usages, enjeux d'équité, invisibilité de la ressource et logiques minières de l'exploitation de l'aquifère, etc.

Au Maroc et en Tunisie, il serait pertinent de tester, sur des cas pilotes, des dispositifs de gestion. Ces dispositifs pourraient d'une part assurer à la fois une gestion durable des eaux souterraines et un développement agricole. Pour cela, de tels dispositifs gagneront à inclure d'autres aspects que la gestion de l'aquifère en elle-même. Ainsi, il existe de grandes marges de manœuvre pour l'amélioration des pratiques d'irrigation, permettant ainsi prélever moins dans la nappe sans pour autant diminuer les rendements et les revenus⁵. Les formations dispensées auprès des agriculteurs ont souvent donné peu de résultats, parfois par manque d'intérêt dans un contexte où l'eau n'était pas rare, parfois par manque d'équipement (malgré la possibilité accrue

d'estimer des besoins en eau d'irrigation sur la base de données climatiques, il manque souvent aux agriculteurs familiaux la possibilité de contrôler l'humidité des sols).

Ces dispositifs pourraient aussi s'adapter aux contextes locaux, à la fois en termes de règles définies et en termes du processus de conception. Ainsi, au Maroc, dans le cadre du projet eGroundwater, les agriculteurs ont souhaité que la gestion formalisée qui pourrait émerger dans le cadre d'un contrat de nappe ne vienne pas fragiliser les anciennes pratiques de solidarité : si un agriculteur a un quota annuel volumétrique à respecter, comment faire en sorte qu'il puisse aussi, ponctuellement, aider un voisin dont le forage s'est asséché ? Les agriculteurs engagés dans le processus de concertation dans le projet eGroundwater ont aussi souhaité que l'ensemble du dispositif de gestion soit discuté avec les institutions publiques, et que l'engagement de chacun sur un tel dispositif soit détaillé et officialisé, avant sa mise en œuvre.

Ces dispositifs pilotes pourraient par la suite permettre d'identifier des pistes pour la construction d'un cadre réglementaire qui permette mieux de relier objectifs à court terme de développement agricole et ceux à long terme de préservation de la ressource. Par exemple, les subventions au goutte-à-goutte pourraient être plus systématiquement liées à un engagement à une amélioration des pratiques d'irrigation, à condition bien sûr de fournir l'appui nécessaire pour une telle amélioration des pratiques.

⁵ Bien sûr, si les agriculteurs irriguent trop par rapport aux besoins des plantes, une partie de l'eau apportée en trop retourne dans la nappe. Si la

fraction d'eau qui retourne dans la nappe varie beaucoup d'un aquifère à l'autre, elle est souvent minoritaire.

Références

- Ameur F, Kuper M, Dugué P, 2018. [L'exploitation des eaux souterraines dans le Saiss: la course que certains abandonnent](#). *Alternatives Rurales*, 6.
- Amrani S, Hinaje S, Gharmane Y, 2019. [Application des méthodes paramétriques \(DRASTIC et SI\) pour l'étude de la vulnérabilité à la pollution potentielle par les nitrates de la nappe d'eau superficielle de Timahdite-Almis Guigou \(Moyen Atlas, Maroc\)](#). *Revue des Sciences de l'Eau*, 32(3), 237-252.
- 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 \(France\)](#). *Cahiers Agricultures* 20(1-2) : 124-129.
- Cellule d'animation du SAGE Nappe de Beauce, 2016. [La gestion de l'irrigation sur la nappe de la Beauce](#). Syndicat de Pays Beauce Gâtinais en Pithiverais, Pithiviers.
- Chrii S, Hassenforder E, Ghoudi R, Faysse N, 2023. *Une expérience de suivi communautaire des forages : l'association des agriculteurs de Bsissi en Tunisie*. eGroundwater Working paper. <https://egroundwater.com/fr/working-papers/>
- De Bonviller S, Wheeler SA, Zuo A, 2020. [The dynamics of groundwater markets: Price leadership and groundwater demand elasticity in the Murrumbidgee, Australia](#). *Agricultural Water Management* 239: 106204.
- Del Vecchio K, 2020. [Gestion des eaux souterraines au Maroc : entre priorités du développement agricole et préoccupations environnementales](#). Note du Costea.
- Del Vecchio K, Barone S, 2018. [Has Morocco's groundwater policy changed? Lessons from the institutional approach](#). *Water alternatives* 11(3) : 638-662.
- Direction Nationale de la Météorologie, 2023. [Maroc, état du Climat en 2022](#). Casablanca, Maroc.
- Direction Générale des Ressources en Eau, 2021a. *Annuaire de l'exploitation des nappes phréatiques*. Tunis, Tunisie.
- Direction Générale des Ressources en Eau, 2021b. *Annuaire de l'exploitation des nappes profondes*. Tunis, Tunisie.
- Direction Générale des Ressources en Eau, 2021b. *Annuaire piézométrique de la Tunisie 2020*. Tunis, Tunisie.
- Elloumi M, 2016. [La gouvernance des eaux souterraines en Tunisie](#). IWMI Project Report No. 7, "Groundwater governance in the Arab World". Colombo: International Water Management Institute.
- Esteban E, Albiac J, 2012. [The problem of sustainable groundwater management: the case of La Mancha aquifers, Spain](#). *Hydrogeology journal* 20(5): 851.
- Faysse N, Hartani T, Frija F, 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 Banque Africaine de Développement*.
- Faysse N, El Amrani M, El Aydi S, Lahlou A, 2012. [Formulation and implementation of policies to deal with groundwater overuse in Morocco: which supporting coalitions?](#) *Irrigation and drainage* 61 : 126-134.
- Faysse N, Errahj M, Imache A, Kemmoun H, Labbaci T, 2014. [Paving the way for social learning when governance is weak: Supporting dialogue between stakeholders to face a groundwater crisis in Morocco](#). *Society & Natural Resources* 27(3) : 249-264.
- 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.

Hassenforder E, Braiki H, Faysse N, Chrii S, Habaieb H, Chabaane ZL, 2022. [Initiatives pour une gestion locale concertée des eaux souterraines. Expériences et opportunités en Tunisie et ailleurs](#). Compte rendu de l'atelier du 13 décembre 2022, Tunis.

Holley C, Mutongwizo T, Pucci S, Castilla-Rho J, Sinclair D, 2020. Groundwater regulation, compliance and enforcement: insights on regulators, regulated actors and frameworks in New South Wales, Australia. In Rinaudo et al (eds) *Sustainable Groundwater Management. A Comparative Analysis of French and Australian Policies and Implications to Other Countries*. Springer edition, pp. 411-433.

Kumar MD, Bassi N, Verma MS, 2022. Direct delivery of electricity subsidy to farmers in Punjab: will it help conserve groundwater? *International Journal of Water Resources Development* 38(2): 306-321.

Kuper M, Faysse N, Hammani A, Hartani T, Marlet S, Hamamouche M F, Ameur F, 2016. [Liberation or anarchy? The Janus nature of groundwater use on North Africa's new irrigation frontiers](#). In eds. Jakeman T, Barreteau O, Hunt R, Rinaudo JD, Ross A. *Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges*, pp. 583-615. Springer Editions.

Mekki I, Ferchichi I, Taouajouti N, Faysse N, Zairi A, 2022. [Oasis extension trajectories in Kebili territory, Southern Tunisia: drivers of development and actors' discourse](#). *New Medit*, special issue: 85-101.

Mekki I, Ferchichi I, Taouajouti N, Faysse N, Zairi A, 2021. [Analyse de l'extension des palmeraies oasiennes et de son impact sur les ressources en eau souterraine dans la région de Kébili, sud-ouest de la Tunisie](#). *Annales de l'INRGREF* 22 : 123-14.

Météorologie Nationale de Tunisie (2023). [Bulletin climatique de l'hiver 2022-2023](#). Tunis, Tunisie.

Molle F, Closas A, 2020. [Comanagement of groundwater: A review](#). *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 7.1: e1394.

Molle F, Tanouti O, 2017. [La micro-irrigation et les ressources en eau au Maroc: un coûtéux malentendu](#). *Alternatives Rurales* 5.

Molle, F. (2008). [Nirvana concepts, narratives and policy models: Insights from the water sector](#). *Water Alternatives* 1(1) : 131-156.

Olivier de Sardan JP, 2021. *La Revanche des contextes : Des mésaventures de l'ingénierie sociale en Afrique et au-delà*. Karthala Editions.

Montginoul M, Rinaudo JD, Alcouffe C, 2020. [Compliance and enforcement: the Achilles heel of French water policy](#). In: Rinaudo, Holley, Montginoul & Barnett (eds). *Sustainable groundwater management: a comparative analysis of French and Australian policies and implications to other countries*, 435-459.

Ouassissou R, Kuper M, Hammani A, El Amrani M, 2019a. [Le contrat de gestion participative pourrait-il résoudre la crise de gouvernance des eaux souterraines ? Cas de la nappe de Berrechid au Maroc](#). *Alternatives Rurales* 7.

Ouassissou R, Kuper M, Dugué P, El Amrani M, Hammani A, Ameur F. 2019b. [Rivalités et arrangements coopératifs pour l'accès à l'eau souterraine dans la plaine de Berrechid au Maroc](#). *Cahiers Agricultures* 28: 4.

Raïs I, Faysse N, Lejars C, 2016. [Impacts d'un changement de politiques énergétiques sur les exploitations irriguées: éclairage sur la base d'un échantillon d'exploitations dans le Saiss \(Maroc\)](#). *Alternatives Rurales* 4.

Rinaudo JD, Holley C, Barnett S, Montginoul M (Eds.), 2020. *Sustainable Groundwater Management: A Comparative Analysis of French and Australian Policies and Implications to Other Countries* (Vol. 24). Springer Nature.

Rinaudo JD, 2020. Groundwater Policy in France: From Private to Collective Management. In: Rinaudo JD, Holley C, Barnett, S, Montginoul M (eds) [Sustainable Groundwater Management. A Comparative Analysis of French and Australian Policies and Implications to Other Countries \(Vol. 24\)](#). Springer Nature. *Global Issues in Water Policy*, vol 24. Springer, Cham.

Rouillard J, Rinaudo JD, 2020. [From State to user-based water allocations: an empirical analysis of institutions developed by](#)

[agricultural user associations in France.](#)
Agricultural Water Management 239(1):
106269.

Siebert S, Burke J, Faures JM, Frenken K,
Hoogeveen J, Döll P, Portmann FT, 2010.
[Groundwater use for irrigation—a global
inventory.](#) *Hydrology and earth system
sciences*, 14(10), 1863-1880.

Verley F, 2020. Lessons from Twenty Years of
Local Volumetric Groundwater Management:
The Case of the Beauce Aquifer, Central France.
In: Rinaudo JD, Holley C, Barnett S, Montginoul
M (Eds.), 2020. *Sustainable Groundwater
Management: A Comparative Analysis of
French and Australian Policies and Implications
to Other Countries* (Vol. 24). Springer Nature.

التدبير المستدام لموارد المياه الجوفية في المغرب وتونس: ما هي إسهامات بعض التجارب سارية المفعول للتفكير في الحلول المحلية؟

ملخص

يعرف المغرب وتونس، تزايداً ملحوظاً في الاستغلال المفرط للمياه الجوفية، في سياق انخفاض هطول الأمطار وزيادة الاستعمالات المتعددة. هذا وقد أبانت المقاربة النظامية التي تسعى إلى خلق وإتاحة موارد جديدة حدودها بعد عدة سنوات من التنفيذ. ومع ذلك أظهرت بعض التجارب، على المستوى الدولي، أن التدبير المستدام لموارد المياه الجوفية ممكن على الرغم من تعدد التحديات. يهدف هذا المقال، من خلال دراسة ثلاث تجارب عملية لتدبير المياه الجوفية، إلى تحليل إلى أي مدى يمكن لهذه التجارب أن تلهم التفكير في أنظمة تدبير المياه الجوفية في المغرب وتونس. تعبر هذه التجارب الثلاث عن ثلاثة أشكال مختلفة من التدبير: (1) تدبير الآبار؛ (2) تدبير المساحات المسقية؛ و (3) تدبير حجم المياه المستعملة. وتجسد هذه التجارب الثلاث شكلاً من أشكال التدبير المشترك السارية المفعول منذ أزيد من عشر سنوات. تقدم هذه التجارب الثلاث تدرجاً من حيث جدوى التنفيذ بدءاً من نظام بسيط يعتمد على تدبير الآبار، إلى نظام أكثر تعقيداً يعتمد على تدبير الإستهلاك باستعمال العداد. وبعيداً عن أية محاولة استنساخ نموذج محدد، من الممكن استخلاص الإلهام من هذه التجارب الثلاث للتفكير في حلول تتلاءم مع السياق المغربي. يحدد المقال الأسئلة المختلفة التي يمكن للفاعلين المحليين طرحها في سياق التفكير في وضع آليات ريادية لتدبير المياه الجوفية وكذا الخطوات الممكنة لتنظيم التفكير في النماذج التدييرية التي يمكن اختبارها من خلال هذه الآليات الريادية.

الكلمات المفتاحية: الآليات الريادية، المياه الجوفية، التدبير المستدام، المغرب، تونس

Sustainable management of groundwater resources in Morocco and Tunisia: how existing cases of functional groundwater management can help thinking about local solutions?

Summary

In Morocco and Tunisia, the over-exploitation of groundwater is increasing, against a backdrop of decreasing rainfall and rising demand for water. After several years of implementation, the regulatory approach and that seeking to mobilise ever more new water resources have shown their limits. However, a number of cases at international level demonstrate that sustainable management of groundwater resources is possible despite the many challenges involved. This article takes as a basis three cases of functional groundwater management. It analyses how these cases could provide “food for thought” to think about groundwater management systems in Morocco and Tunisia. The three cases are emblematic of three different types of management: i) borehole management; ii) management of irrigated areas; and iii) volumetric management. These three cases have been implemented in the form of co-management between farmers and public administrations for over ten years. They present a gradient in terms of feasibility, ranging from a simple system based on borehole management to a more complex system based on volumetric management using water meters. Without seeking to copy a specific model, it is possible to draw inspiration from these three cases to consider solutions adapted to the North African context. The article identifies a number of questions that local actors need to address when designing pilot schemes for groundwater governance, and possible steps for organising a debate on the management models that could be tested in such systems.

Keywords: groundwater, Morocco, pilot schemes, sustainable management, Tunisia