

## **Mains basses sur l'eau ? Une analyse quantitative des inégalités d'accès à l'eau souterraine et de leur évolution dans le Moyen Atlas au Maroc**

Boubekri Fatima Zahrae <sup>1,2</sup>, Rinaudo Jean-Daniel <sup>2,3</sup>, Nejjari Abdelouahab <sup>4</sup>, Bouzidi Zhou <sup>4</sup>, Kchikech Zakia <sup>4</sup>, Kajji Abdallah <sup>5</sup> et Faysse Nicolas<sup>2,6</sup>

(1) AgroParistech, Paris, France;

(2) UMR G-EAU, Montpellier, France

(3) BRGM, Montpellier France

(4) Université Moulay Ismail, Meknes, Maroc

(5) Institut National de Recherche Agronomique, Meknes, Maroc.

(6) CIRAD, Montpellier, France

Auteur de correspondance : fatimazahraeboubekri@gmail.com

### **Résumé.**

Au Maroc, le développement spectaculaire de l'usage de l'eau souterraine pour l'irrigation a permis une prospérité économique dans de nombreuses zones rurales. Il s'est aussi accompagné d'une forte augmentation de l'hétérogénéité entre exploitations agricoles. La baisse des niveaux de nappe dans de nombreuses régions accentue la concurrence pour l'accès à l'eau entre divers types d'exploitation. Cette baisse interroge la responsabilité des usagers dans leur diversité, et en particulier, les grandes exploitations capitalistes sont de plus en plus incriminées. L'article présente une analyse de l'évolution des inégalités de prélèvement d'eau d'irrigation sur le plateau de Ribat El Kheir, situé dans le Moyen Atlas au Maroc. Dans ce territoire, une grande diversité d'exploitations, allant de la petite exploitation familiale à la firme multinationale, a développé une agriculture intensive fondée sur la mobilisation des eaux souterraines. Le calcul du coefficient de Gini d'inégalité des prélèvements montre une inégalité forte en termes de prélèvements mais dans l'ensemble relativement stable depuis l'installation des grandes exploitations dans les années 2000, malgré le fort accroissement des superficies plantées. Cette analyse des inégalités d'accès à l'eau pourrait nourrir un dialogue entre acteurs locaux sur les critères d'équité dans l'allocation de la ressource en eau, et sur comment mettre en place une gestion à la fois durable et équitable de cette ressource.

32890 caractères espaces compris

**Mots clés :** indice de Gini, inégalités ; eau souterraine ; Maroc ; surexploitation

## **Strangleholds on water? A quantitative analysis of inequalities in access to groundwater and their evolution in Morocco**

### **Abstract.**

In Morocco, the spectacular growth in the use of groundwater for irrigation has brought economic prosperity to many rural areas. It has also been accompanied by a sharp increase in heterogeneity between farms. The drop in groundwater levels in many regions led to increased competition for access to water between different types of farm. This decline calls into question the responsibility of users in all their diversity, and in particular, the large capitalist farms are increasingly incriminated. This article presents an analysis of the evolution of inequalities in amounts of water pumped for irrigation on the Ribat El Kheir plateau, located in the Middle Atlas Region in Morocco. In this area, a

wide range of farms, from small-scale family farms to multinational firms, developed intensive agriculture based on groundwater use. The Gini coefficient relative to the amounts of water pumped shows a high level of inequality, but it has remained relatively stable since the arrival of large-scale investor-owned farms in the 2000s, despite the major increase in areas planted with fruit trees. This analysis of inequalities in access to water could provide a basis for dialogue between local stakeholders on the criteria for equity in the allocation of water resources and on how to achieve sustainable and equitable management of water resources.

**Keywords:** inequalities; Gini coefficient; groundwater: Morocco; overexploitation

**Classification JEL:** Q15, Q25; Q56

## 1. Introduction

Au Maroc, comme dans de nombreux pays semi-arides où l'agriculture dépend fortement de l'irrigation, la diffusion des technologies de forage et de pompage a permis à des centaines de milliers de petites exploitations agricoles non desservies par des réseaux collectifs de se développer grâce au recours à l'exploitation des eaux souterraines (Kuper et al, 2016). L'accès à cette ressource a permis d'initier de nouvelles techniques et pratiques culturelles, de développer de nouvelles cultures et d'accéder à des marchés rémunérateurs. En moins d'une génération, l'eau du sous-sol a permis à de nombreux ménages agricoles de passer d'une activité de subsistance basée sur la céréaliculture et l'élevage extensif à une production centrée sur les fruits et légumes, bien intégrée au marché, mécanisée et de plus en plus performante techniquement et économiquement. Grâce à l'eau souterraine, ces petites exploitations se sont aussi souvent étendues en surface, mettant en culture d'anciennes zones de parcours.

Au Maroc, ce nouvel or bleu a également attiré des investisseurs qui, encouragés par une politique économique favorable (notamment le Plan Maroc vert initié en 2008), ont acheté ou loué des terrains privés, ou obtenu en concession des terres publiques ou collectives (Mahdi, 2014). Dans ces zones, le profil socio-économique des agriculteurs s'est diversifié, conduisant à une cohabitation d'agriculteurs familiaux d'origine locale disposant de capacités d'investissement variable, des investisseurs originaires des zones urbaines proches, et des sociétés d'investissement agricole nationales ou internationales.

Cette concurrence pour l'accès à l'eau souterraine semble avoir accentué les inégalités entre petites exploitations familiales et investisseurs et entre agriculteurs originaires de la zone et investisseurs allochtones (Ameur et al, 2017a, 2017b ; Elder, 2022). En effet, la surexploitation des nappes et la baisse de leur niveau ont augmenté le coût d'accès à cette ressource, excluant parfois les exploitations les plus fragiles économiquement. Les premiers puits creusés à la main, qui permettaient initialement d'accéder à l'eau souterraine à quelques mètres, ont dû être approfondis jusqu'à atteindre 50 à 60m, profondeur au-delà de laquelle le creusement manuel est trop dangereux. Les nappes continuant de baisser, les agriculteurs qui le pouvaient ont creusé des forages allant jusqu'à plusieurs centaines de mètres dans plusieurs régions du Maroc, telles que le Souss, le Tadla et le Sais. Pour faire face à la hausse des coûts énergétiques de pompage, ceux qui le pouvaient se sont récemment équipés de panneaux solaires et de pompes électriques, mais tous n'ont pas eu les moyens de suivre la baisse de la nappe (Ameur et al, 2017b). Enfin, pour faire face aux épisodes de sécheresse, les mieux dotés ont construit des retenues qui leur permettent de stocker de l'eau pompée en hiver, évitant ainsi le risque de pénurie en cas de tarissement de leurs forages.

Ces évolutions ont contribué à concentrer la ressource en eau dans les mains des entreprises les plus solides économiquement, laissant au bord du chemin les plus fragiles. Ce constat est source de tensions croissantes entre les populations d'origine locale et les investisseurs accusés de faire main basse sur une ressource commune (Houdret, 2012). Or, il n'existe pas de données objectives permettant d'une part, de mesurer l'évolution des inégalités d'accès à l'eau souterraine et d'autre part, de décrire qui sont les gagnants et les perdants. Il est en effet fort possible que les investisseurs ne soient pas les seuls gagnants et que l'appropriation progressive de la ressource ait aussi bénéficié aux exploitations locales les plus dynamiques.

Cet article vise à éclairer ce débat à travers une analyse quantitative des inégalités d'accès à l'eau souterraine dans un cas d'étude situé dans le Moyen Atlas. La méthode déployée consiste à analyser la distribution de l'utilisation de l'eau souterraine et son évolution entre 2004, 2014 et 2022. Cette distribution est caractérisée sous forme d'une courbe de Lorenz et d'un calcul de l'indice de Gini. L'analyse repose sur un important travail de terrain ayant permis de cartographier plus de 8000 parcelles (2800 ha) appartenant à près de 800 agriculteurs, de caractériser pour chacune les cultures pratiquées et d'estimer les consommations en eau souterraine associées.

Après une brève présentation du contexte historique et socio-économique de la zone d'étude (section 2), l'article présente la méthode et les données utilisées (section 3) puis les résultats obtenus (section 4) avant de conclure.

## **2. Cas d'étude : le plateau de Ribat El Kheir**

L'étude a été réalisée dans une petite zone agricole du Moyen Atlas central marocain, située au Nord de Fès (Faysse et al, 2018). Il s'agit d'une zone de cause calcaire d'environ 70 km<sup>2</sup>, situé à 1000 mètres d'altitude, à cheval sur trois communes rurales (Aïn Timguenay, Oulad M'Koudou et Ighezrane) et la commune urbaine de Khibat-el-Kheir (Figure 1). Le plateau est occupé par des populations d'origine arabe installées au XVI<sup>ème</sup> siècle, qui cohabitent avec des populations berbères. Jusqu'à la fin des années 1980, les populations locales vivaient principalement de l'élevage sur des terres de parcours, complété par une petite production céréalière en sec et des cultures maraichères, arrosées grâce à un système de canaux traditionnels alimenté par quatre principales sources.

Ce plateau karstique abrite une nappe d'eau souterraine libre, contenue dans des formations géologiques de roches calcaires et dolomitiques. Cette nappe est annuellement rechargée par les précipitations et elle se vidange naturellement par des flux souterrains et par des sources. Son épaisseur peut atteindre une centaine de mètres par endroit, constituant un important réservoir d'eau en termes de volume. L'aquifère est structuré par un ensemble de failles délimitant des compartiments hydrogéologiques hétérogènes en termes d'accessibilité et de disponibilité de la ressource.

Les premiers puits sont creusés après-guerre par des colons français qui plantent des vergers de pommiers. A l'indépendance, les terres qu'ils cultivaient ont été reprises par l'Etat et gérées par une société publique, la SODEA. Ces premières exploitations sont rejointes, dans les années 1980, par une poignée de notables locaux qui creusent des puits et installent des vergers sur des terres autrefois cultivées en céréales, notamment lors de la série d'années très sèches qu'a connu le Maroc entre 1980 et 1985. Le mouvement va s'accélérer dans les années 1990 : encouragés par un marché porteur et accompagnés par quelques leaders locaux, de jeunes agriculteurs ayant repris l'exploitation familiale se lancent dans l'arboriculture qui leur

ouvre des perspectives d'avenir, tant du point de vue économique que social (Kchikech et al, soumis).

Ce mouvement a continué dans les années 2000, d'une part du fait de la mise en place progressive de filières de production et de commercialisation, et notamment d'export, autour des cultures produites dans ces nouvelles zones irriguées. D'autre part, l'Etat a progressivement mis en place un ensemble de dispositifs d'aide à l'investissement. Au niveau des parcelles, des subventions sont octroyées pour l'installation des vergers, pour les équipements d'irrigation, pour la réalisation de puits, de forages, et de bassins. Par ailleurs, l'Etat finance aussi des projets de transformation et la commercialisation, et notamment des projets de coopératives agricoles (Faysse et Thomas, 2016). Ces différentes subventions sont structurées à partir de 2008 dans le cadre du Plan Maroc Vert (Faysse, 2015), qui conduit à une très forte augmentation des subventions dans le domaine agricole pour une décennie.

Sur le plateau de Ribat El Kheir comme dans d'autres régions du Maroc, les terres de parcours ont fait l'objet de gigantesques travaux d'épierrage et de mise en valeur partout où l'eau souterraine est présente (Faysse et al, 2018 ; Kchikech et al, soumis). Des centaines de puits sont creusés et le plateau se couvre d'arbres fruitiers. Mais le Plan Maroc Vert s'efforce également d'attirer des capitaux extérieurs dans le secteur agricole, notamment grâce à de nombreuses subventions et des mesures de défiscalisation des investissements agricoles. On assiste alors à l'installation de nouvelles exploitations de très grandes tailles, financées par des notables autochtones ou allochtones, qui en délèguent le plus souvent la gestion à des gérants. Deux très grandes sociétés, l'une nationale, l'autre internationale, s'installent aussi en prenant en location à des prix très accessibles et à longue durée (pouvant aller jusqu'à 99 ans) les terres de l'état, autrefois gérées par la SODEA.

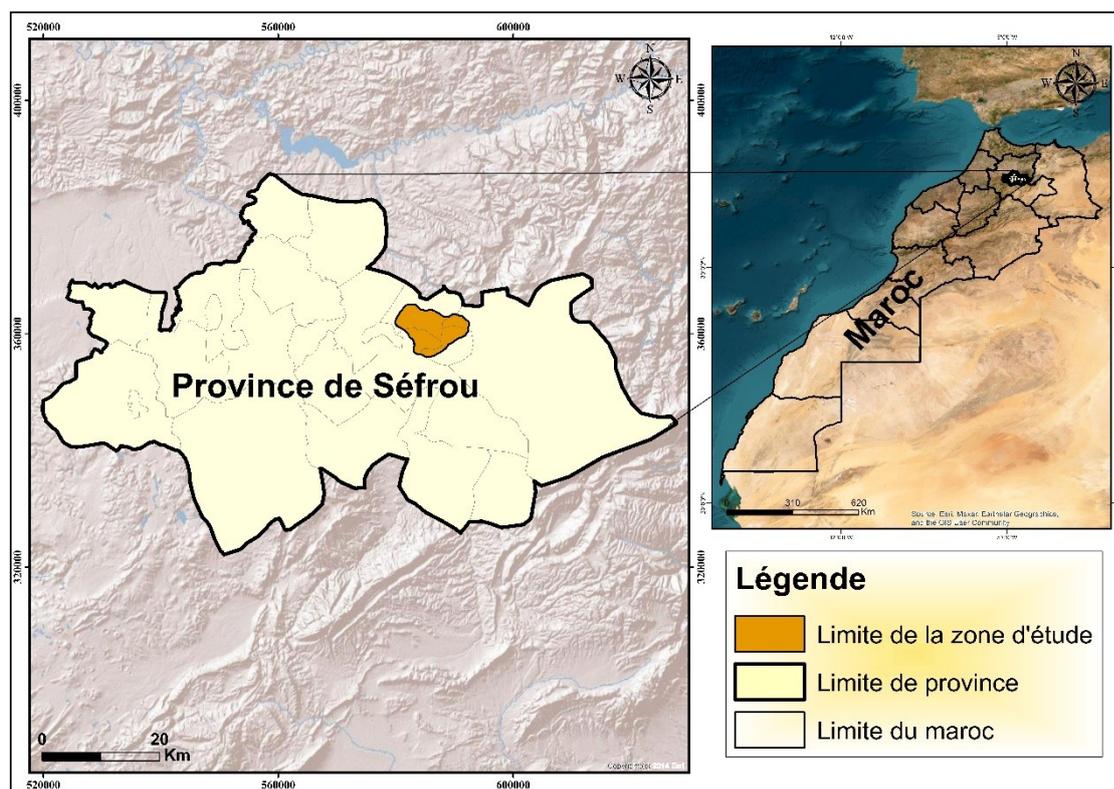
Cette ruée sur l'eau souterraine a conduit à la surexploitation de la ressource en eau. En deux décennies, le niveau de la nappe baisse de plusieurs dizaines de mètres, entraînant dès les années 2000 le tarissement des sources alimentant les systèmes d'irrigation traditionnels. Sur les nouvelles terres irriguées du « front pionnier », les agriculteurs sont vite contraints d'approfondir leurs puits, parfois chaque année de plusieurs mètres. Lorsque l'eau descend en dessous de 50 mètres de profondeur, les puits sont abandonnés et remplacés par des forages. Dès les années 2010, certains secteurs de la nappe commencent à s'assécher en été : pour sauver leurs cultures, les agriculteurs s'entraident en installant des tuyaux qui transportent l'eau des puits et forages qui fonctionnent encore vers ceux qui sont à sec, pendant que les propriétaires malchanceux engloutissent leurs économies dans l'exploration du sous-sol à la recherche d'un nouveau « filon ». Pour faire face au risque de pénurie en cas de sécheresse, les plus grosses exploitations construisent des réservoirs qu'elles remplissent en hiver lorsque la nappe est rechargée par les pluies et qu'elles peuvent utiliser en été en cas de baisse de la productivité (ou d'assèchement) de leurs puits. En 2022, le volume d'eau stocké par la plus grosse exploitation de la zone (350 ha de vergers) est de l'ordre du million de mètres cubes.

Les sécheresses des années 2022 et 2023 donnent naissance à une situation de crise grave. Par manque d'eau, de nombreux agriculteurs perdent leur production. Beaucoup craignent de perdre le résultat de vingt années de travail et d'investissement. La population d'origine locale exprime un ressentiment de plus en plus marqué contre les investisseurs non originaires de la zone, accusés d'avoir assécher « leur » nappe. Ce ressentiment est particulièrement violent à l'égard des grandes sociétés qui pompent les plus gros volumes et qui n'ont pas subi de pertes, grâce à leurs réserves et à des forages judicieusement localisés sur la base d'études hydrogéologiques. La notion d'injustice s'insinue dans tous les discours : les plus riches, derniers venus et étrangers de surcroît sont accusés d'avoir fait main basse sur la ressource en eau, au détriment des exploitations familiales d'origine locale. Mais rien ne permet d'étayer ce constat, dans un contexte où les forages ne sont pas déclarés et les prélèvements non

mesurés. Par ailleurs, les grandes exploitations mettent en avant un discours fondé sur leur utilisation efficace de l'eau – au contraire selon eux de nombreuses exploitations familiales – et sur le fait qu'ils permettent à de nombreuses familles d'ouvriers agricoles de vivre sur la base de cette utilisation rationnelle de l'eau. Appuyer une discussion entre acteurs de la zone sur ce qui est juste ou injuste en termes de répartition de l'eau dans la zone nécessite d'abord de réaliser une analyse de l'inégalité des volumes utilisés.

C'est à cette question qu'essaie de répondre cet article, issu du travail d'une équipe de recherche pluridisciplinaire, intervenant dans le cadre du projet européen eGroundwater. L'objectif est de développer des indicateurs quantitatifs permettant de mesurer les inégalités en matière d'utilisation des eaux souterraines et leur évolution dans le temps. Cette analyse quantitative repose sur des données collectées sur le terrain par enquête, sur le traitement d'images satellite, la mobilisation d'expertise agronomique et sur un traitement statistique des données. L'accès à ces données, sur une problématique aussi sensible, a été rendu possible par l'ancrage de l'équipe de recherche sur ce terrain où elle intervient depuis près de dix ans (Faysse et al, 2018).

**Figure 1 : Localisation de la nappe du plateau de Ribat El Kheir dans le Moyen Atlas, province de Séfrou, Maroc.**



### 3. Méthode et données

#### 3.1. Fonction de distribution et mesure des inégalités

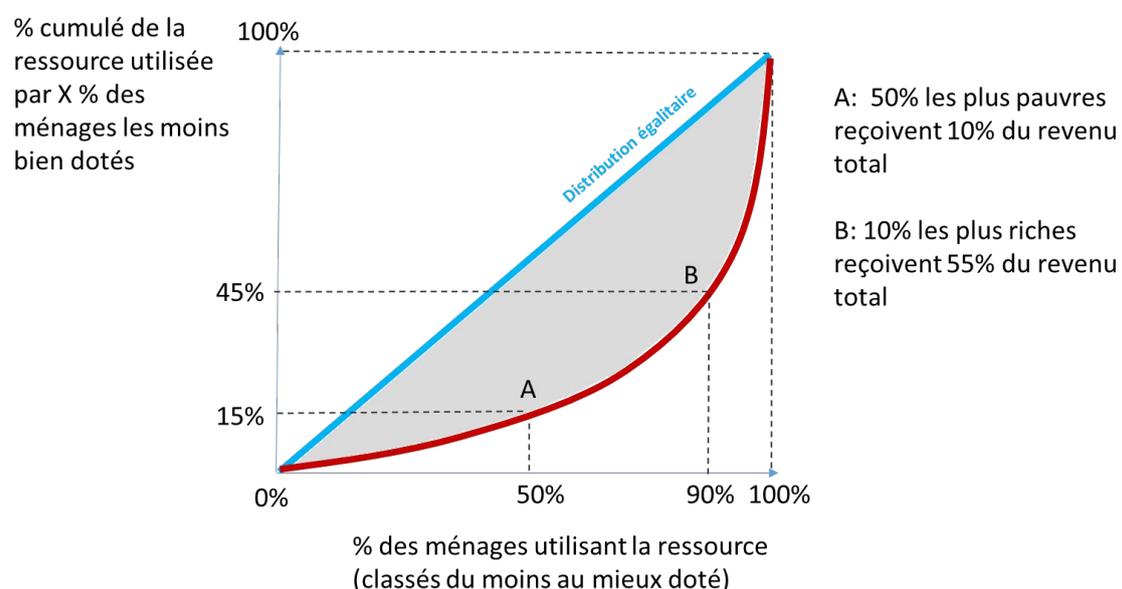
L'objectif de notre analyse consiste à construire une fonction représentant la distribution de l'utilisation de la ressource en eau souterraine ; puis à caractériser l'évolution de cette distribution dans le temps. Il s'agit de montrer si, comme l'affirment certains acteurs de

terrain, la ressource a été progressivement appropriée par les plus gros usagers, excluant de fait les plus petits (concentration) ; ou si, au contraire, la distribution a relativement peu changé, voir évolué vers une répartition plus égalitaire.

Dans l'analyse préliminaire que présente cet article, cette évolution de la distribution est mesurée par le coefficient de Gini<sup>1</sup>, lui-même calculé sur la base de la courbe de Lorenz (Figure 2). Pour le lecteur peu familier avec les indicateurs de mesure des inégalités, nous rappelons que la courbe de Lorenz est la représentation graphique de la fonction qui, à la part X des détenteurs d'une part d'une ressource, associe la part Y de la ressource détenue. Pour établir cette courbe, on classe les individus de la population par ordre croissant de ressource détenue (part individuelle) avant de calculer, pour chaque point X, le cumul de ressource Y détenue par le cumul d'individu X. L'utilisation de cette courbe est illustrée sur la Figure 2 avec deux points A et B. Sur l'exemple de la Figure 2, on voit ainsi, en A, que 50% des ménages (les moins bien dotés) détiennent 15% de la ressource (donc 50% les mieux dotés détiennent 85% de la ressource). En B, on peut lire que 90% des ménages les moins bien dotés détiennent 45% de la ressource, ce qui signifie aussi que 10% des ménages les mieux dotés en détiennent 55%.

Les inégalités sont ensuite mesurées en utilisant l'indice de Gini. Calculé à partir de cette courbe, il est égal à deux fois la surface comprise entre la courbe de Lorenz et la droite d'égalité (surface représentée en gris sur la figure 2). L'indice serait donc égal à 0 dans une situation d'égalité parfaite où chaque agriculteur prélèverait le même volume. À l'autre extrême, il serait égal à 1 dans une situation la plus inégalitaire possible, celle où tous les prélèvements seraient réalisés par un seul ménage. Entre 0 et 1, l'inégalité sera d'autant plus forte que l'indice de Gini est élevé.

**Figure 2 : Représentation des inégalités d'accès à une ressource avec la courbe de Lorenz et le coefficient de Gini**



<sup>1</sup> Nous prévoyons, dans la suite de cette recherche, d'utiliser d'autres indicateurs permettant de mesurer les inégalités (tel que l'indice d'Atkinson).

### 3.2 Constitution de la base de données pour la situation de référence

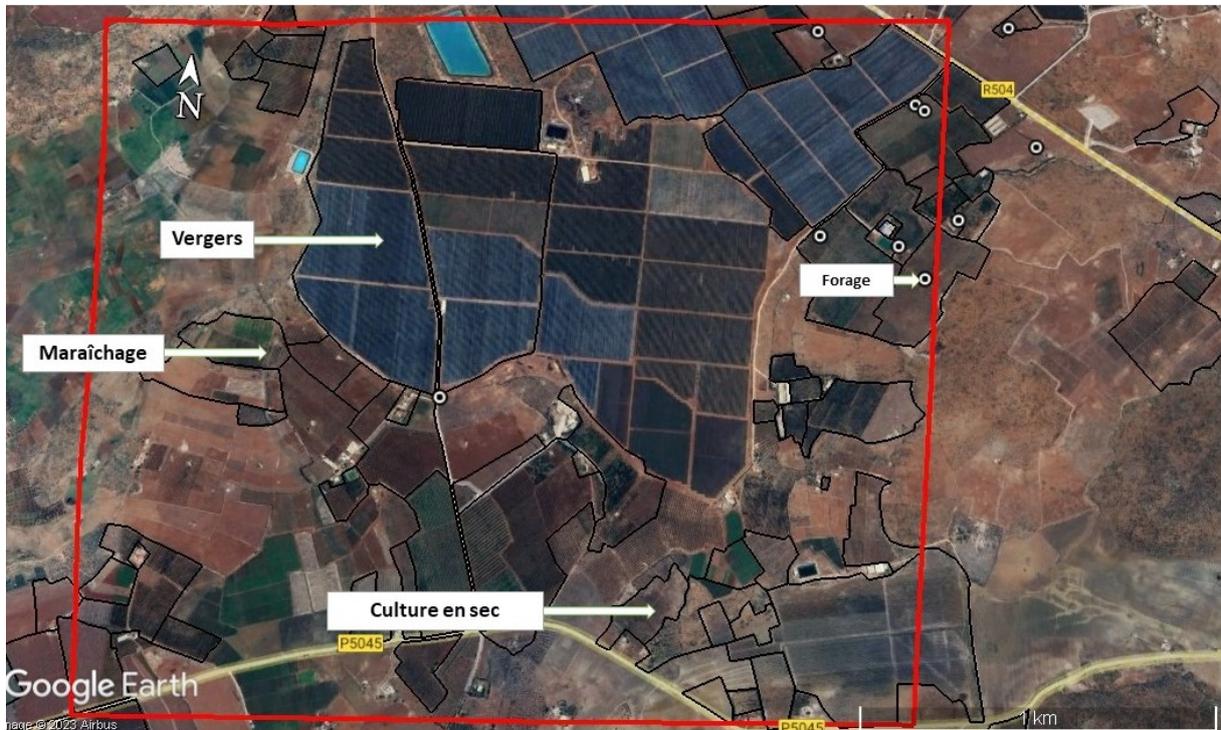
En absence de données officielles permettant d'identifier tous les utilisateurs de la ressource en eau et de quantifier leurs prélèvements, une base de données primaires a été constituée en s'appuyant à la fois sur des enquêtes de terrain, l'analyse d'images satellite et des outils agronomiques. La constitution de cette base a été réalisée en quatre étapes (Boubekri, 2022).

- La première étape a consisté à digitaliser toutes les parcelles agricoles de la zone (irriguées et non irriguées), à partir d'une image satellite à haute résolution. L'image, acquise pour l'été 2022, a également permis de distinguer les parcelles irriguées de celles cultivées en pluvial (sol nu à cette période de l'année). Un cadastre de 8000 parcelles représentant environ 2800 hectares a ainsi été créé.
- La seconde étape, réalisée sur le terrain, visait à identifier le nom du propriétaire de chaque parcelle et la culture irriguée qui y était pratiquée pendant la saison 2021-2022. Ces informations ont été acquises par entretien auprès d'agriculteurs ou de groupes d'agriculteurs. L'enquêtrice (premier auteur de ce papier) se déplaçait sur le terrain avec onze cartes imprimées au format A0, permettant aux agriculteurs de facilement se repérer. L'enquêtrice a rencontré en priorité des agriculteurs ayant une bonne connaissance de la zone, capables d'identifier les propriétaires et les cultures de nombreuses parcelles. Des entretiens de groupe ont aussi été réalisés dans les cafés. Le résultat est une base de données contenant plus de 800 noms d'agriculteurs.
- La troisième étape visait à évaluer les prélèvements en eau des cultures associés à chaque parcelle. Pour l'analyse présentée ici, et par souci de simplification dans un premier temps, nous avons utilisé les demandes en eau théoriques par culture, utilisées par la Direction Provinciale de l'Agriculture de Sefrou. Nos observations de terrain ont montré que cette simplification est contestable (forte variabilité de la réserve utile des sols et surtout des pratiques d'irrigation, notamment des tailles de goutteurs utilisés). Ce paramètre fera l'objet d'une analyse de sensibilité approfondie dans la suite de ce travail.
- Le prélèvement réalisé par chaque agriculteur en 2022 a enfin pu être estimé, en sommant les besoins en eau des cultures de leurs parcelles. Les agriculteurs ont ensuite été classés par ordre croissant de prélèvements en eau, afin de construire la courbe de Lorentz.

**Figure 3 : Enquête de terrain pour constituer le cadastre agricole de la zone d'étude**



**Figure 4. Recueil d'information sur le terrain pour établir un cadastre agricole.**



### **3.2. Analyse de l'évolution temporelle**

Pour analyser l'évolution temporelle des inégalités, nous avons construit la courbe de Lorenz pour deux dates antérieures, 2004 et 2014. L'année 2004 est représentative du tout début de l'essor de l'agriculture irriguée à partir de nappe dans la zone. L'année 2014 est caractéristique d'une période intermédiaire, durant laquelle de nombreux agriculteurs ont déjà investi, et où les premiers effets des politiques publiques d'incitation à l'investissement (Plan Maroc Vert, concession de terres à des investisseurs privés) sont déjà en place. Pour établir ces courbes en 2004 et 2014, il a fallu reconstruire le cadastre agricole à ces dates, c'est-à-dire digitaliser les parcelles agricoles, et identifier les cultures et le nom des propriétaires. Ce travail a uniquement été réalisé sur la base des images satellite car il était impossible de réaliser une seconde enquête de terrain.

La démarche mise en œuvre est la suivante :

- Nous avons d'abord superposé le cadastre de 2022 avec des images satellite de 2014, ce qui a permis de reconstruire la carte des parcelles irriguées en 2014. Dans le contexte d'expansion décrit dans la section précédente, la plupart des parcelles irriguées en 2014 le restent en 2022 (il y a quelques exceptions dans des zones qui se sont asséchées).
- Nous avons ensuite validé avec les acteurs de terrain que les propriétaires de 2014 étaient, à de rares exceptions près, les mêmes qu'en 2022 (logique d'extension dominante).
- Les images aériennes ont aussi permis d'identifier les parcelles de maraichage converties en verger (ou vice versa). Il n'a pas été possible de distinguer les vergers de pommiers et de pruniers, ce qui ne pose pas de difficulté majeure, compte tenu du fait que les doses d'irrigations apportées par les agriculteurs sont presque identiques.

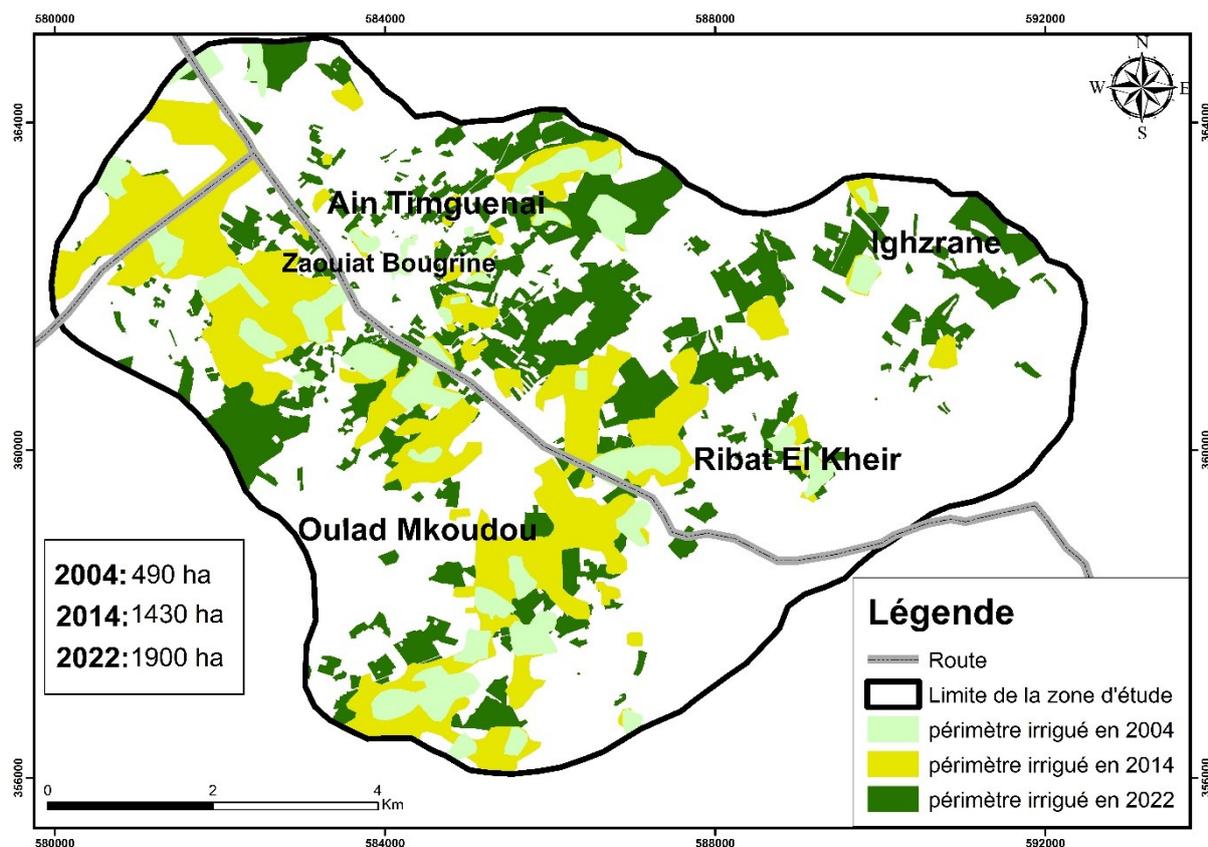
Des problèmes spécifiques ont été rencontrés pour l'année 2004, puisqu'un certain nombre de parcelles irriguées à cette date ont disparu, reflétant probablement l'assèchement de la nappe dans certains secteurs. Le nom des propriétaires de ces parcelles abandonnées devra être collecté par enquête de terrain. Ce travail est en cours.

## **4. Résultats**

### **4.1. Evolution de l'irrigation**

La cartographie des surfaces irriguées réalisée à partir des images satellite montre bien la dynamique d'expansion agricole dans la zone d'étude. Au début de la période d'étude, les zones irriguées ne représentent qu'une petite partie du territoire (490 ha) et elles sont éparpillées sur les trois communes de la zone (Figure 3). La croissance a principalement lieu entre 2004 et 2014, avec une augmentation des surfaces de l'ordre de 11% par an en moyenne, qui porte la surface irriguée à 1340 hectares en 2014. La croissance se poursuit ensuite à un rythme plus faible (4% par an en moyenne) pour atteindre 1900 hectares irrigués en 2022. L'existence de zones non irriguées met en évidence (en creux) l'hétérogénéité de la ressource en eau souterraine qui n'est pas disponible de partout. En 2022, les cultures irriguées sont principalement : le prunier (730 ha), le pommier (290 ha), les cultures maraichères (essentiellement pommes de terre et oignons, 245 ha), et des superficies où les agriculteurs plantent du maraichage en intercalaire avec des arbres fruitiers jeunes (300 ha).

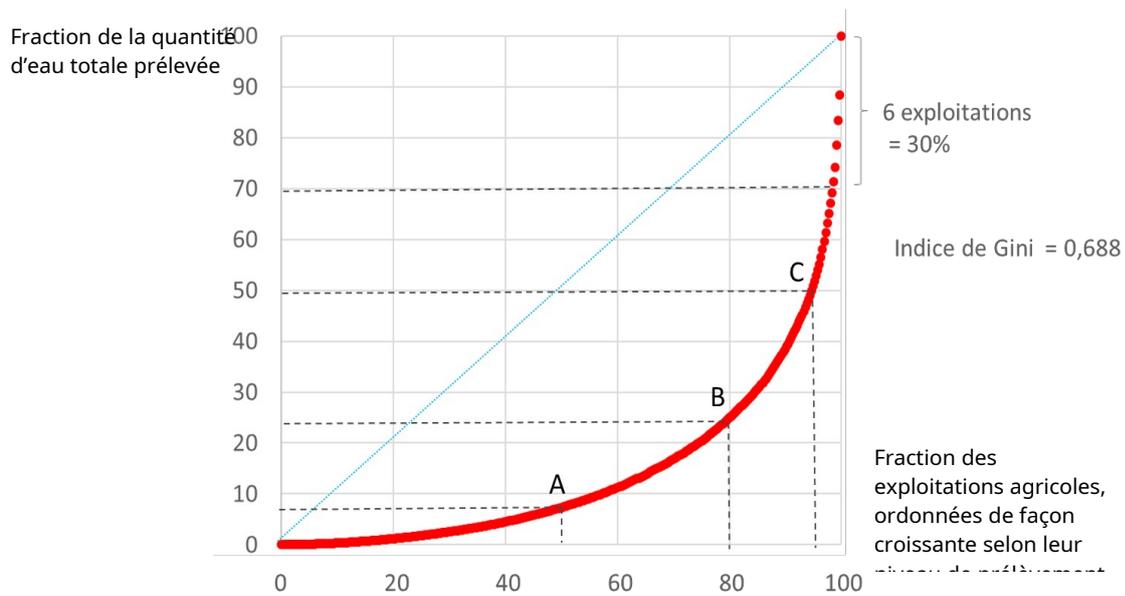
**Figure 3: Cartographie des surfaces irriguées en 2004, 2014 et 2022.**



#### **4.2. Inégalité d'usage de l'eau en 2022**

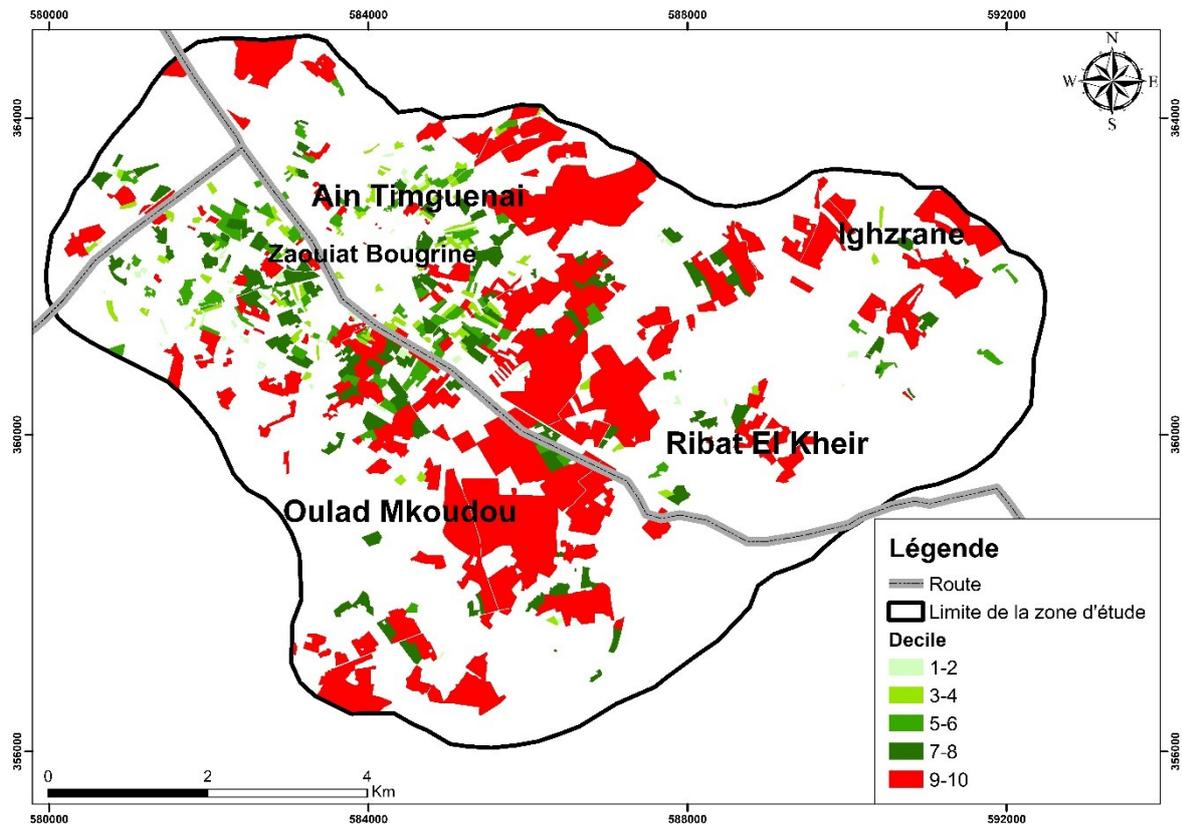
La courbe de Lorenz a été établie sur la base des données présentées dans la section précédente et l'indice de Gini a été calculé pour cette distribution. La courbe comme l'indice (estimé à 0.688) témoignent d'une distribution très inégalitaire de la ressource en eau. On voit ainsi sur la Figure 4 que les 6 plus grosses exploitations agricoles utilisent 30% de la totalité de l'eau pompée dans la nappe, le plus gros préleveur étant responsable à lui seul de plus de 11% des pompages. La moitié de la ressource est utilisée par 5% des usagers (point C), et 20% des agriculteurs des plus grandes exploitations représentent 75% du volume (point B). Du côté des exploitations de petite taille, la moitié des agriculteurs utilisent à peine 7% de la ressource (point A). Il y a donc bien concentration de la ressource dans les mains des plus grandes exploitations agricoles.

**Figure 4 : Courbe de Lorenz représentant la distribution du volume d'eau souterraine prélevé dans la nappe.**



Cette concentration est représentée sous forme cartographique sur la Figure 7. On constate que 80% des plus petits usagers (en vert sur la carte) qui pompent moins de 25% du total, se situent principalement dans la périphérie du village de Zaouia Bougrine, qui se trouve être le berceau de l'arboriculture dans la zone. Cela peut suggérer que la plupart des agriculteurs d'origine locale et d'exploitation de petite taille n'ont pas pu s'étendre. On trouve néanmoins dans cette zone des parcelles qui appartiennent aux plus grands préleveurs (2 derniers déciles, représentés en rouge), ce qui suggère qu'une partie de cette population locale a su s'agrandir et capter une part importante de la ressource en eau souterraines.

**Figure 5 : Cartographie des parcelles irriguées en 2022 selon le décile auquel appartient leur propriétaire.**



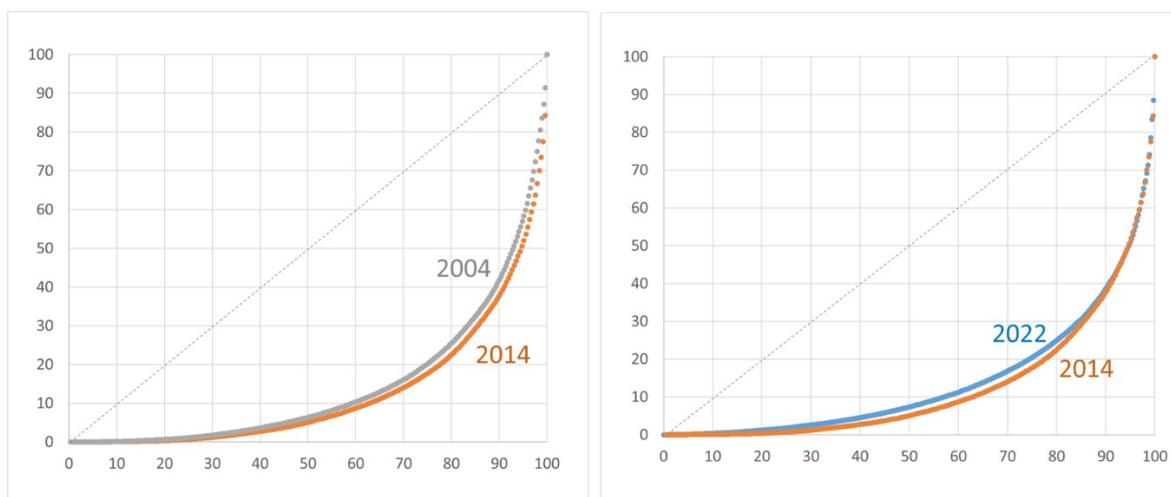
### 4.3. Evolution temporelle des inégalités

La comparaison des courbes de Lorenz établies pour les trois années montre une évolution relativement faible des inégalités au cours du temps, avec une concentration de 75 à 78% des volumes utilisés chez 20% des plus gros utilisateurs. Une analyse plus fine met cependant en évidence des évolutions au cours de la période.

La Figure 6 montre que la courbe de 2014 descend « en dessous » de celle de 2004, ce qui indique que les inégalités s'accroissent entre 2004 et 2014. L'indice de Gini passe de 0,659 à 0,696. Les plus gros préleveurs concentrent une part croissante de la ressource tandis que la part utilisée par les petites exploitations décroît (Tableau 1). Cette tendance est expliquée par l'arrivée et le développement des grandes exploitations agricoles portées par des investisseurs.

Entre 2004 et 2014, la tendance s'inverse. Le coefficient de Gini décroît légèrement, suggérant un rééquilibrage des inégalités. Pendant cette période, ce sont plutôt les plus petits usagers qui augmentent leurs prélèvements, tandis que les plus grosses exploitations cessent de s'étendre. Plusieurs raisons peuvent expliquer cet arrêt de l'extension des grandes exploitations ; prise de conscience du risque de pénurie hydrique ; meilleure valorisation économique du mètre cube prélevé ; ou crainte d'exacerber les tensions avec les petits exploitants qui les accusent de vider la nappe.

**Figure 6 : Evolution des courbes de Lorenz entre 2004 et 2014 (gauche) et entre 2014 et 2022 (droite)**



Pour les deux figures, l'axe horizontal représente la fraction des exploitations agricoles, ordonnées de façon croissante selon leur niveau de prélèvement d'eau. L'axe vertical représente la fraction de la quantité d'eau totale prélevée

**Tableau 1 : Tendances d'évolution de la concentration de l'usage de l'eau entre 2004, 2014 et 2022.**

	<b>2004</b>		<b>2014</b>		<b>2022</b>
1% supérieur	16%	↗	24%		24%
5% supérieur	42,5%	↗	48%	↗	49,2%
10% supérieur	58,2%	↗	82%		81,5%
20% supérieur	75%	↗	78%	↘	75%
50% inférieur	6,33%	↘	5,05%	↗	7,33%
20% inférieur	0,62%	↘	0,34%	↗	1,2%
10% inférieur	0,12%	↘	0,06%	↗	0,34%
<b>Indice Gini</b>	<b>0,659</b>		<b>0,696</b>		<b>0,688</b>

Le graphique se lit comme suit : en 2004, 1% des plus gros utilisateurs d'eau prélèvent 16% de la ressource ; 10% des plus petits utilisateurs utilisent 0.12%. Les flèches rouges indiquent un phénomène de concentration, celles vertes un rééquilibrage des inégalités

## **5. Discussion**

### **5.1. Limites de la méthode**

La reconstitution des volumes prélevés par chaque agriculteur, que nous avons dû réaliser en absence de données officielles de prélèvements, repose sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices qui doivent être discutées. La principale est liée au calcul des prélèvements. En absence de compteurs d'eau, qui auraient permis de connaître avec précision les volumes réellement utilisés, nous avons dû estimer les volumes sur la base des surfaces et des cultures irriguées. Nos observations de terrain ont montré que les quantités d'eau apportées par les agriculteurs peuvent varier du simple au double selon leur niveau de technicité. Or, certains grands utilisateurs d'eau disposent de matériel leur permettant une irrigation efficiente (sondes capacitatives, abonnements à des services de conseil d'irrigation, matériel d'irrigation optimisé). Par ailleurs, certains agriculteurs ont installé des panneaux photovoltaïques, avec de ce fait des coûts de pompage nuls (hors coûts d'investissement et de maintenance), et ils sont critiqués par d'autres sur le fait qu'ils pompent bien plus que nécessaire. Par ailleurs, la nappe étant relativement profonde, il est probable qu'une très faible quantité de l'eau sur-irriguée retourne dans la nappe.

Il y a donc un besoin d'évaluer de façon bien plus précise les prélèvements des différents types d'exploitation. Ce biais sera prochainement pris en compte dans l'analyse, après avoir collecté les données de terrain nécessaires. Une analyse de sensibilité à ces hypothèses sera également réalisée.

### **5.2. D'autres inégalités**

Dans ce papier, nous avons uniquement abordé la question des inégalités hydriques à travers une analyse de la distribution des volumes prélevés. Or, les agriculteurs sont exposés à de nombreuses autres inégalités vis-à-vis de l'accès à la ressource et aux possibilités de l'utiliser.

La première de ces inégalités est liée à la variabilité du potentiel d'exploitation de la ressource. Certains secteurs s'assèchent plus vite que d'autres, générant un risque de pénurie beaucoup plus fort pour leurs usagers. D'autres secteurs hydrogéologiques sont au contraire beaucoup moins vulnérables à ce risque, parce qu'ils sont situés en amont, parce que le réservoir est très profond ou parce qu'ils sont situés sur des réseaux de failles facilitant la circulation de l'eau. Les hydrogéologues de notre équipe de recherche travaillent à la caractérisation de cette inégalité d'accès.

La deuxième inégalité est liée à l'existence de bassins de stockage. Ces bassins, qui se multiplient depuis quelques années sur le territoire, permettent à ceux qui en disposent de se sécuriser par rapport au risque d'assèchement estival de la nappe (quitte cependant à générer une évaporation non négligeable de l'eau stockée). Ces bassins sont en train d'être cartographiés.

La troisième est liée à l'accès à l'énergie. La plupart des agriculteurs utilisent aujourd'hui des pompes entraînées par des moteurs thermiques fonctionnant au gaz naturel. Ces pompes sont beaucoup plus coûteuses en termes de fonctionnement et elles ne permettent pas de dépasser une certaine profondeur. D'autres agriculteurs ont pu se connecter au réseau électrique triphasé, ce qui permet de mettre en œuvre des pompes beaucoup plus puissantes et moins coûteuses en fonctionnement. Enfin, les agriculteurs qui disposent des ressources financières suffisantes s'équipent de plus en plus de panneaux solaires, qui diminuent très significativement les coûts d'exploitation. Des travaux de terrain et des images satellites ou radar pourraient être utilisés pour identifier les panneaux solaires.

Enfin, les inégalités naturelles et économiques sont accentuées par des inégalités réglementaires. En effet la plupart des petits agriculteurs n'ont pas déclaré leurs forages, surtout lorsqu'ils ont dû abandonner des forages asséchés pour en forer de nouveaux à de multiples reprises. Dans une situation qui devient de plus en plus tendue, les pouvoirs publics commencent à appliquer de manière plus scrupuleuse la réglementation, interdisant parfois d'approfondir un ouvrage à sec ou de le remplacer par un nouveau forage. Ces agriculteurs risquent alors d'être placés hors-jeu dans la course à l'eau souterraine, tandis que ceux qui sont en règle peuvent continuer de rechercher des sites favorables pour maintenir ou augmenter leurs pompages.

## 6. Conclusion

Cette analyse permet d'apporter quelques premiers éléments pour mettre en discussion les formes que prennent les inégalités entre exploitations agricoles au Maroc. Cette analyse des inégalités pourrait permettre d'alimenter une discussion entre acteurs du plateau de Ribat El Kheir, à la fois pour construire ensemble un constat partagé de la situation actuelle en termes de répartition des prélèvements, mais aussi pour définir des critères d'équité : en quoi la situation actuelle n'est pas équitable, et comment telle ou telle règle pourrait l'améliorer. Il existe de multiples critères possibles pour définir l'équité de l'accès à l'eau souterraine (Moreau et al., 2015), et ces critères pourraient être présentés et discutés sur la base de ce diagnostic.

Cette discussion vers une répartition plus équitable de l'eau sera d'autant plus acceptable localement que cette répartition n'est pas un « jeu à somme nulle ». En particulier, il y a de fortes marges d'amélioration de l'efficacité des pratiques d'irrigation. Intégrer dans la discussion des démarches visant à améliorer l'efficacité, voire à mobiliser de nouvelles ressources (par exemple les eaux usées traitées de la ville d'Ain Timguenay), pourrait permettre d'intégrer cette discussion sur l'équité dans un ensemble plus large d'instruments permettant l'efficacité (une gestion durable de la ressource), l'équité, et l'acceptabilité par les différentes catégories des usagers.

## Bibliographie

Ameur, F., Amichi, H., Kuper, M., & Hammani, A. (2017a). Specifying the differentiated contribution of farmers to groundwater depletion in two irrigated areas in North Africa. *Hydrogeology Journal*, 25(6), 1579.

Ameur, F., Kuper, M., Lejars, C., & Dugué, P. (2017b). Prosper, survive or exit: Contrasted fortunes of farmers in the groundwater economy in the Saiss plain (Morocco). *Agricultural Water Management*, 191, 207-217.

Boubekri, F.Z. 2022. Quantification of water needs in a dry region. The case of Ain Timguenay aquifer (Sefrou Province). *MSc thesis*. Moulay Ismail University, Meknes, Morocco.

Elder, A.D. 2022. The Green Morocco Plan in Boudnib: Examining Effects on Rural Livelihoods. *The Journal of Environment & Development* 31(3): 275-299.

Faysse, N.; Sellika, I.; Rinaudo, J.D. and Errahj, M. 2018. Participatory scenario planning for sustainable irrigated agriculture when actors seldom communicate: an experiment in Morocco. *International Journal of Water Resources Development* 34(6): 982-1000.

Faysse, N. (2015). The rationale of the Green Morocco Plan: missing links between goals and implementation. *The Journal of North African Studies*, 20(4), 622-634.

Faysse, N., & Thomas, L. (2016). Getting technical: Farmers' new strategies to exercise agency in negotiating development projects in Morocco. *Forum for Development Studies* Vol. 43, No. 2, pp. 229-249.

Houdret, A. 2012. The water connection: Irrigation, water grabbing and politics in southern Morocco. *Water Alternatives* 5(2): 284-303.

Kchikech Z, Bouzidi Z et Faysse N (soumis). A collective jump into the Groundwater Economy: Decreasing entrenched socioeconomic differences in the Middle Atlas, Morocco.

Kuper, M.; Faysse, N.; Hammani, A.; Hartani, T.; Marlet, S.; Hamamouche, M.F. and Ameer, F. 2016. Liberation or anarchy? The Janus nature of groundwater use on North Africa's new irrigation frontiers. In Jakeman, A.J.; Barreteau, O.; Hunt, R.J.; Rinaudo J.D. and Ross, A. (Eds.), *Integrated groundwater management* pp. 583-615. Cham (Switzerland): Springer.

Mahdi, M. (2014). Devenir du foncier agricole au Maroc. Un cas d'accaparement des terres. *New Medit*, 13(4), 2-10.

Moreau, C., Rinaudo, J. D., & Garin, P. (2015). La justice sociale dans la construction du jugement d'acceptabilité. Analyse des réactions d'agriculteurs face à différentes règles de partage de l'eau souterraine. *Économie rurale*, 346, 31-48.

## **Remerciements**

Nous remercions chaleureusement l'Agence Hydraulique du Bassin du Sebou, les directions départementale et régionale du ministère de l'agriculture, les communes de Aïn Timguenay, Ighzerane, Oulad M'koudou, la coopérative Bougrinia ainsi que tous les agriculteurs de la zone, sans la coopération desquels cette recherche n'aurait pas été possible. Le travail présenté dans ce papier a été financé par la Fondation Prima dans le cadre du projet eGroundwater (*Citizen science and ICT-based enhanced information systems for groundwater assesment, modelling and sustainable participatory management* ; GA n. 1921).