



Ministère de l'Agriculture, des  
Ressources Hydrauliques et de la Pêche  
Institution de la Recherche et de  
l'Enseignement Supérieur Agricoles



Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
Université de Carthage



Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme National d'Ingénieur en Economie Rurale  
Option: Développement et Management des Projets

Sujet

**Conception et application d'un jeu sérieux pour faciliter le  
dialogue autour de la gestion des ressources en eaux  
souterraines en Tunisie**

Réalisé par **Mme. Sarra KEKLI** **ESA Mograne**

Soutenu le 07 septembre 2023 devant le jury:

Président	<b>M. Ayoub FOUZAI</b>	<b>ESA Mograne</b>
Examineur	<b>M. Mohamed Arbi ABDELADHIM</b>	<b>ESA Mograne</b>
Encadrant	<b>M. Lassaâd ALBOUCHI</b>	<b>ESA Mograne</b>
Co-Encadrante	<b>Mme. Emeline HASSENFORDER</b>	<b>CIRAD</b>

Année universitaire 2022-2023

## Préambule

Ce projet de fin d'études s'inscrit dans le cadre du Projet C4S Groundwater<sup>1</sup> (Oct 2022 – Déc. 2024) « Accompagner la gouvernance participative des eaux souterraines dans les systèmes irrigués tunisiens pour co-construire des solutions intelligentes pour le climat et l'eau » piloté par le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Cirad) par l'Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF). Ce travail de recherche revêt une dimension collaborative, s'articulant autour d'un partenariat entre différents acteurs et institutions. En tant qu'étudiante, ce projet de fin d'études s'est concrétisé au travers d'un stage en binôme. Mon collègue, Martin Boulay, étudiant en ingénierie à l'École Supérieure d'Agro-développement International (ISTOM) France, et moi-même, étudiante en ingénierie à l'École Supérieure d'Agriculture de Mograne en Tunisie, constituons cette équipe engagée dans la poursuite des objectifs de ce projet.



---

<sup>1</sup> Le projet C4S Groundwater fait partie du projet BRIDGE C4S (Climate-Smart System Solutions and Scaling) financé par le CGIAR ICARDA et dirigé par l'Institut de Recherche pour le Développement. Il s'inscrit dans le cadre de l'initiative ClimBeR (Building Systemic Resilience against Climate Variability and Extremes).

## **Remerciements**

*Je souhaite profondément exprimer ma gratitude envers les personnes et institutions qui ont joué un rôle exceptionnel dans la réalisation de mon projet de fin d'études. Leur guidance, leur encadrement et leur soutien ont été des éléments clés qui ont contribué de manière significative à la concrétisation de ce travail. Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères à chacun d'entre eux :*

*Tout d'abord, à M. Lassaâd Albouchi, mon encadrant tout au long de cette aventure. Je suis extrêmement reconnaissante pour l'opportunité qu'il m'a offerte et pour la confiance qu'il a placée dans mon travail et dans mes compétences. Son accompagnement constant a été un élément clé de mon parcours. Ses encouragements inlassables ont été une source constante d'inspiration qui m'a poussée à donner le meilleur de moi-même dans la rédaction de ce rapport et dans l'ensemble de cette expérience enrichissante.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Mme. Emeline Hassenforder, mon maître de stage dans le cadre du projet C4S Groundwater. Ses conseils avisés, ses orientations sur le terrain et son appui dans la rédaction de ce travail ont été inestimables. Je suis reconnaissante pour cette opportunité, son encouragement constant et son engagement profond. Sa réflexion éclairée et ses conseils inspirants m'ont constamment motivée à repousser mes limites et à donner le meilleur de moi-même.*

*Je tiens également à exprimer ma profonde reconnaissance envers Mme. Insaf Mekki, ma co-encadrante de stage de la part de l'INRGREF. Sa présence sur le terrain à El Haouaria et Zaghouan ainsi que sa contribution précieuse en partageant des données essentielles ont grandement enrichi mon projet.*

*À mon collègue et binôme de stage, Martin Boulay, je veux exprimer ma gratitude pour ta collaboration exceptionnelle. Ensemble, nous avons surmonté des défis et atteint nos objectifs. Ton engagement et ton soutien ont été une force motrice tout au long de cette aventure.*

*Mes remerciements vont également à Samia Chrii pour son soutien inestimable dans l'organisation d'entretiens, d'ateliers et de sessions de jeu sur le terrain de Gabès. Ta contribution a eu un impact significatif sur l'enrichissement de mon expérience.*

*Un remerciement tout particulier à Nicolas Faysse pour ses précieux conseils et son encadrement dans la conception de notre jeu, à Anne Dray et à Claude Garcia pour l'opportunité de participer à leurs sessions de jeu sérieux Planet C et CoPalCam, et à Intissar Ferchichi, Fatma Trabelsi et Anis Chkirbene pour leurs conseils avisés dans la conception du jeu.*

*Enfin, je souhaite adresser mes remerciements aux responsables du CRDA Gabès pour leur collaboration pendant l'atelier de co-construction de notre jeu, ainsi que pour leur accueil chaleureux dans leurs locaux et leur assistance dans l'organisation d'ateliers et de sessions de jeu à Gabès.*

*Ces remerciements reflètent à peine l'étendue de ma reconnaissance envers chacun de vous. Votre soutien a été le pilier de cette réalisation, et je suis honorée d'avoir collaboré avec des personnes aussi inspirantes et dévouées.*

## Résumé

Ce projet de fin d'études explore la gestion des ressources en eau souterraine dans le contexte semi-aride tunisien, où la rareté de l'eau représente un défi majeur. Face à cette situation préoccupante et à la perspective d'une utilisation excessive des ressources en eau renouvelables, l'étude se concentre sur les instruments de gestion des eaux souterraines. Dans ce contexte, les ressources souterraines jouent un rôle crucial dans la sécurité hydrique, couvrant une part significative des besoins pour divers secteurs d'utilisation. Cependant, la surexploitation des nappes combinée à une recharge naturelle limitée exerce une pression considérable sur ces ressources. Face à ces défis, ce travail propose une approche novatrice visant à réorienter les politiques de l'eau souterraine, en mettant l'accent sur la gestion de la demande plutôt que sur l'offre.

L'objectif de cette étude réside dans la définition d'une typologie des instruments de gestion de l'eau souterraine compréhensible par toutes les catégories socioprofessionnelles autour la gestion de cette ressource. Cette typologie sert de base à la création d'un jeu sérieux interactif, appelé "Ground-WAG-er", qui simule les enjeux de la gestion locale des eaux souterraines. Les acteurs locaux ont été invités à jouer différents scénarios de gestion et à discuter de la pertinence de ces instruments dans leur contexte spécifique. À travers des sessions de jeu, les participants explorent et expérimentent des choix de gestion tout en interagissant avec des instruments tels que la tarification de l'eau, la création de forage collectif et d'autres instruments potentiels.

Les résultats de cette étude révèlent des perspectives variées des acteurs locaux sur les instruments de gestion, en fonction de leurs fonctions, de leurs expériences et de leurs situations dans la réalité. De plus, l'implication des responsables du CRDA dans les sessions de jeu enrichit la compréhension des obstacles et des conditions de mise en œuvre de ces instruments. Cette approche collaborative permet une meilleure appréciation des contraintes institutionnelles, politiques et techniques.

Ce travail illustre la diversité des instruments de gestion des eaux souterraines dans le but d'engager un dialogue approfondi entre les acteurs locaux concernant la faisabilité et l'acceptabilité de ces instruments au sein de leur propre contexte pour développer des solutions adaptées à chaque contexte.

Mots clés: eaux souterraines, instruments de gestion, gestion collaborative, dialogue, jeu sérieux.

## **Abstract**

The Tunisian semi-arid region is facing a major challenge due to water scarcity, which is the focus of this end-of-studies project. The project explores the management of groundwater resources in this context, where renewable water resources may be excessively consumed by 2040. Given the situation, the study examines the implications of local groundwater management. Groundwater resources are crucial in ensuring water security, fulfilling a significant portion of the requirements across various usage sectors. However, overexploitation of aquifers and limited natural recharge put immense pressure on these resources. To address these challenges, this work proposes an innovative approach that emphasizes demand rather than supply, aiming to transform water policies.

The uniqueness of this study lies in the establishment of a typology of groundwater management instruments that is comprehensible across all socio-professional categories involved in the management of this resource. This typology serves as the foundation for the creation of an interactive serious game called "Ground-WAG-er," which simulates the issues surrounding local groundwater management. Local stakeholders are invited to play out various management scenarios and discuss the relevance of these instruments in their specific context. Through gaming sessions, participants explore and experiment with management instruments while interacting with tools such as water pricing, legalization of unauthorized wells, and other potential solutions.

The findings of this study reveal diverse perspectives among local actors regarding management instruments, based on their roles, interests, and interactions. Moreover, the involvement of central administration actors enriches the understanding of obstacles and implementation conditions for these instruments. This collaborative approach enables a better grasp of institutional, political, and technical constraints.

In conclusion, this thesis illustrates the importance of a demand-focused approach in groundwater management. It underscores the necessity of engaging in dialogue among various stakeholders to develop context-adapted solutions. The serious game "Ground-WAG-er" emerges as an innovative tool for exploring and promoting an understanding of the complex challenges in groundwater resource management. It brings local actors together through an interactive and educational serious gaming experience.

## **Liste des abréviations**

ANPE - Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement  
BPEH - Bureau de la Planification et des Equilibres Hydrauliques  
CDPE - Commission du Domaine Public de l'Eau  
CES - Conservation des Eaux et des Sols  
CNE - Conseil National de l'Eau  
CRA - Cellule de Rayonnement Agricole  
CRDA - Commissariat Régional de Développement Agricole  
CTV - Cellule Territoriale de Vulgarisation agricole  
DG GREE - Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux  
DGAFTA - Direction Générale de l'Aménagement et de Conservation des Terres Agricoles  
DGBGTH - Direction Générale des Barrages et Grands Travaux Hydrauliques  
DGRE - Direction Générale des Ressources en Eau  
DHMPE - Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement  
GA - Grand Agriculteur  
GDA - Groupement de Développement Agricole  
GIRE - Gestion Intégrée des Ressources en Eau  
GRE - Gestion de la Ressource en Eau  
INM - Institut National de la Météorologie  
INRGREF - Institut National de Recherche en Génie Rural, Eaux et Forêts  
MARHP - Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et de la Pêche  
ONAS - Office National de l'Assainissement  
ONU - Organisation des Nations Unies  
OTD - Office des Terres Domaniales  
PPI - Périmètre Public Irrigué  
RES - Ressources en Eaux Souterraines  
SECADENORD - Société d'Exploitation du Canal des Eaux du Nord  
SMVDA - Société de Mise en Valeur et de Développement Agricole  
SONEDE - Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux  
STEG - Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1: Constat et problématique</b>	<b>3</b>
1. Les ressources en eau en Tunisie	3
1.1 Les ressources disponibles	3
1.1.1 Les ressources disponibles en eaux de surfaces	5
1.1.2 Les ressources disponibles en eaux souterraines	6
1.1.2.1 Les nappes phréatiques	6
1.1.2.2 Les nappes profondes	6
1.1.3 Les usages des eaux souterraines	7
1.1.4 L'importance du secteur irrigué	8
1.1.5 La surexploitation des nappes	9
2. La gouvernance des eaux souterraines en Tunisie	10
2.1 Brève rétrospective sur la politique des eaux souterraines en Tunisie	10
2.2 La gouvernance des eaux souterraines à l'échelle nationale	12
2.2.1 Les acteurs impliqués dans la gestion des eaux souterraines à l'échelle nationale	12
2.2.2 Les instruments de gestion des eaux souterraines à l'échelle nationale	13
2.3 La gouvernance des eaux souterraines à l'échelle sous-nationale	13
2.3.1 Les acteurs impliqués dans la gestion des eaux souterraines à l'échelle sous-nationale	13
2.3.2 Les instruments de gestion à l'échelle régionale	14
2.3.3 Les limites des instruments de gestion	15
2.4 La gouvernance des eaux souterraines à l'échelle locale	16
2.4.1 Les acteurs impliqués dans la gestion locale des eaux souterraines	16
3. Conclusion	16
<b>Chapitre 2: Revue de littérature</b>	<b>18</b>
1. Place des instruments de gestion dans la gouvernance des eaux souterraines	18
2. Typologie des instruments de gestion des eaux souterraines	19
3. Les instruments de gestion dans le monde	21
5. Les jeux sérieux un outil participatif pour émerger des solutions	23
6. Les jeux sérieux sur la gestion des eaux souterraines	24
7. Conclusion	29
<b>Chapitre 3: Matériels et méthode</b>	<b>32</b>
1. Elements de conception	34

1.1 Arbre à problèmes de la gestion des eaux souterraines	34
1.2 Cartographie des acteurs	38
1.3 Les instruments de gestion actuels et potentiels dans les zones d'études	41
1.4.1 Les instruments de gestion actuels	41
1.4.1 Les instruments de gestion potentiels recensées	43
2. Prototypes du jeu	45
3.1 Suivi et évaluation	47
3.2 Collecte de données	48
4. Conclusion	49
<b>Chapitre 4: Jeu finalisé</b>	<b>51</b>
1. Présentation générale	51
2. Déroulement	51
3. Place des instruments de gestion dans le jeu	52
4. Composantes	53
5. Les rôles	59
<b>Chapitre 5: Choix des terrains</b>	<b>62</b>
1. Critères de choix des terrains d'étude	62
2. La nappe de Gabès Sud	62
3. La nappe d'El Haouaria, Nabeul	66
4. La nappe de El Fahs, Zaghouan	69
<b>Chapitre 6: Résultats et discussion</b>	<b>73</b>
1. Les sessions de jeu	73
2. Analyse des résultats	74
2.1 Les trois premiers tours (action individuelle)	74
2.2 Les deux derniers tours (action collective)	75
2.2.1 Les combinaisons d'instruments testées dans le jeu	75
2.2.2 Retour à la réalité	78
3. Conclusion	82
4. Discussion	83
4.1 Implications pratiques	83
4.2 Limites de l'étude	84
4.3 Recommandations	85
<b>Conclusion générale</b>	<b>87</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>89</b>

## Liste des figures

Figure 1: Ressources renouvelables en eau douce en m <sup>3</sup> par habitant en Tunisie	3
Figure 2: Répartition spatiale des eaux de surface en Tunisie	5
Figure 3: Répartition régionale de l'exploitation des nappes profondes dans le secteur agricole (2021)	8
Figure 4: Les échelles de gouvernance des eaux souterraines	19
Figure 5: Les principaux objectifs de la politique de gestion des eaux souterraines et les différents instruments adéquats à l'échelle locale	20
Figure 6: Les instruments de gestion qui visent à diminuer la demande des puits existants (Molle et Closas, 2016).	21
Figure 7: Arbre à problème	36
Figure 8: Arbre à objectif	37
Figure 9: Cartographie des acteurs impliqués dans la gestion des RES en Tunisie	39
Figure 10: Les instruments de gestion de l'offre actuel en Tunisie	41
Figure 11: Les instruments de gestion de la demande des RES actuel en Tunisie	42
Figure 12: Les propositions recensées d'instruments de gestion de l'offre alternatifs en Tunisie (pour les zones d'étude)	43
Figure 13: Les propositions recenser d'instruments de gestion alternatifs de la demande des RES	44
Figure 14: Carte de la répartition géographique des nappes phréatiques dans le gouvernorat de Gabès	64
Figure 15: Carte de la répartition géographique des nappes profondes dans le gouvernorat de Gabès	65
Figure 16: Carte de localisation de la plaine d' El Haouaria	67
Figure 17: Carte du réseau-hydrographique du bassin versant Kebir-Mednine et la nappe phréatique d'El Fahs, Zaghouan	71

## Liste des tableaux

Tableau 1: La répartition de la pluviométrie régionale 2020-2021 comparée à la pluviométrie annuelle moyenne	4
Tableau 2: Les prélèvements des nappes par secteur en 2020.	7
Tableau 3: Etat de l'exploitation des nappes phréatiques et profondes en 2020	10
Tableau 4: La méthodologie adoptée dans ce travail	32
Tableau 5: Les caractéristiques initiales de chaque rôles dans le jeu	60
Tableau 6: Les caractéristiques des sessions de jeu	73
Tableau 7: Les instruments de gestion testés dans le jeu et leurs effets sur la dynamique du jeu	76

## Introduction générale

Dans le contexte semi-aride qui caractérise le climat Tunisien, la gestion des ressources en eau pose des défis majeurs en raison de la rareté et de la distribution inégale des ressources hydriques. Face à ce constat, l'eau souterraine revêt une importance cruciale pour atténuer les risques de sécheresse et répondre aux besoins de divers secteurs, contribuant à 75% de la consommation totale (Elloumi, 2016).

Cependant, cette ressource est sous pression due à une surexploitation annuelle persistante, exacerbée par une recharge naturelle limitée. Les taux d'utilisation atteignent jusqu'à 146% pour les nappes profondes (DGRE, 2021), amplifiés par une demande accrue due à la croissance démographique et au développement économique (Elloumi, 2016).

Pour surmonter ces défis, la gestion des eaux souterraines axés sur la demande, inspirée des expériences internationales de modèles de gestion locales des nappes souterraines, se profilent comme une solution.

Dans cette perspective, ce travail se concentre sur l'étude de faisabilité des différents instruments de gestion de la nappe, principalement basés sur la gestion de la demande, pour résoudre les problèmes de gestion spécifiques aux différents contextes locaux. Pour ce faire, cette étude propose une approche novatrice visant à faire discuter des acteurs locaux la pertinence des différents instruments de gestion recensés afin de construire un modèle de gestion des eaux souterraines qui répond aux défis spécifiques à leur contexte.

L'innovation de cette étude réside dans l'introduction d'un jeu sérieux, "Ground-WAG-er", abordant la gestion locale des eaux souterraines. Ce jeu encourage la collaboration entre acteurs locaux autour de scénarios de gestion, stimulant le débat sur la pertinence de ces instruments dans différents contextes. En conclusion, ce projet de fin d'études démontre l'importance d'une approche collaborative et éducative pour une gestion durable des ressources en eau souterraine en Tunisie.

Ce rapport est composé de 5 chapitres. Le premier est consacré à la présentation des ressources en eau en Tunisie, leur potentiel et leur gouvernance. Le deuxième chapitre, quant à lui, pose les bases théoriques de cette étude. J' explore la place des instruments de gestion au sein de la gouvernance des eaux souterraines, les classifie, et examine leur utilisation à l'échelle mondiale. On a évoqué également les jeux sérieux comme outils participatifs pour discuter des solutions, en particulier dans le contexte de la gestion des eaux souterraines.

Le troisième chapitre développe davantage le cadre conceptuel de ma recherche, en présentant des éléments de conception tels que l'arbre à problèmes et la cartographie des acteurs. On a

analysé les instruments de gestion actuels et potentiels dans les zones d'étude, décrit les prototypes de jeu, et détaillé la méthodologie d'analyse des résultats des sessions de jeu.

Le quatrième chapitre présente le jeu finalisé, en expliquant son déroulement et en discutant de la manière dont les instruments de gestion sont intégrés dans le jeu, tout en décrivant les rôles des participants.

Enfin, le cinquième chapitre se penche sur le choix des terrains d'étude en identifiant les critères de sélection et en décrivant les nappes étudiées : Gabès Sud, El Haouaria à Nabeul et El Fahs à Zaghouan.

Le sixième et dernier chapitre constitue le point culminant de ce travail en présentant les résultats des sessions de jeu et en analysant en profondeur ces données. On a discuté des actions individuelles et collectives des participants, évalué les instruments testés dans le jeu et leur applicabilité dans la réalité. Enfin, je relaie les résultats au cadre théorique, aux implications pratiques, aux limites de l'étude, aux recommandations, aux perspectives globales, et aux pistes de recherche future, offrant ainsi une conclusion solide à mon travail.

## Chapitre 1: Constat et problématique

### 1. Les ressources en eau en Tunisie

#### 1.1 Les ressources disponibles

Le climat Tunisien est semi-aride dans la quasi totalité du territoire. Les ressources hydriques sont limitées et leur répartition dans l'espace est inégale. En Tunisie, les ressources en eau disponibles par habitant ont diminué linéairement pendant les cinq dernières décennies pour atteindre 345m<sup>3</sup> en 2020 (Figure 1), étant au-dessous du seuil de la rareté de l'eau fixé à 1000 m<sup>3</sup>/habitant/an par le centre de l'information sur l'eau (Macé, 2021). Cette rareté peut être expliquée par le déficit des apports pluviométriques ces dernières années qui ont diminué de 6% par rapport à la moyenne interannuelle (232 mm) en 2019-2020 et de 26% en 2020-2021 (Tableau1).

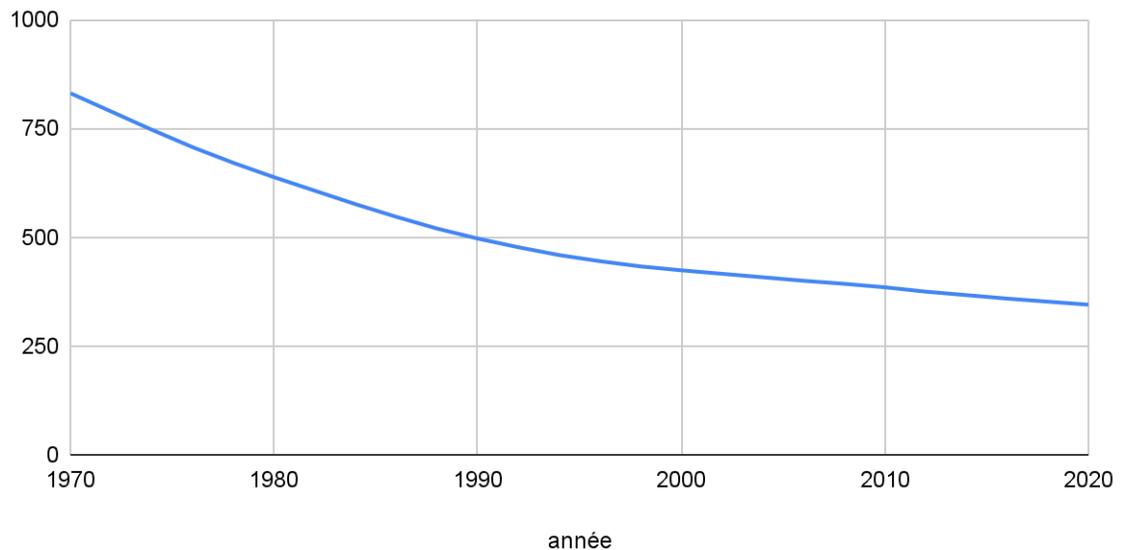


Figure 1: Ressources renouvelables en eau douce en m<sup>3</sup> par habitant en Tunisie

Source: (ONU pour l'alimentation et l'agriculture et AQUASTAT, 2020)

En conséquence, la Tunisie est considérée comme un des pays souffrant de la pénurie d'eau et risque d'utiliser 80% de ses ressources renouvelables en 2040 d'après le World Resources Institute (Armstrong, 2023). Toutefois, le pays a depuis longtemps essayé de s'adapter à cette rareté par des politiques d'augmentation de l'offre (transfert de l'eau, stockage des eaux de pluie et d'autres moyens de mobilisation) et de diminution de la demande (subventions pour des équipements d'économie d'eau comme la micro-irrigation, délimitation de périmètres de sauvegarde<sup>1</sup>).

Tableau 1: La répartition de la pluviométrie régionale 2020-2021 comparée à la pluviométrie annuelle moyenne

REGION	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Moyenne interannuelle (mm)	Année 2019-2020		Année 2020-2021	
			Pluie (mm)	Ecart en %	Pluie (mm)	Ecart en %
Nord-Ouest	16 517	531	448	-16	435	-18
Nord-Est	11 725	504	487	-3	450	-11
Centre-Ouest	22 184	285	248	-13	175	-39
Centre-Est	13 430	265	309	+17	311	+17
Sud-Ouest	35 761	103	75	-27	40	-61
Sud-Est	55 922	138	150	+9	84	-39
<b>Total</b>	<b>154 922</b>	<b>232</b>	<b>218</b>	<b>-6</b>	<b>172</b>	<b>-26</b>

Source: Annuaire pluviométrique 2020-2021 de la DGRE.

Alors que la population continue de croître et que l'urbanisation s'accélère, la demande en ressources en eau a dépassé leur disponibilité. Cela est dû au développement de

<sup>1</sup> D'après la loi n°75-16, du 31 mars 1975, portant promulgation du code des eaux, des délimitations de périmètres de sauvegarde peuvent être fixées par arrêté, après avis de la Commission du Domaine Public Hydraulique dans le but de préserver la ressource en eau souterraine en Tunisie. Cela est particulièrement nécessaire dans les aquifères où le taux et l'intensité de l'exploitation des ressources constituent une menace potentielle pour leur durabilité. Sur ces périmètres, toute activité liée à l'exploration ou à l'extraction d'eau souterraine, à l'exclusion des réparations ou de l'utilisation d'ouvrages préexistants, doit faire l'objet d'une autorisation du ministre de l'agriculture.

l'irrigation et d'autres utilisations diverses telles que le tourisme, l'exploitation minière et l'industrie. En outre, avec les risques supplémentaires du changement climatique, les perspectives futures de satisfaction des besoins en eau du pays deviennent de plus en plus inquiétantes. La situation est d'autant plus préoccupante que près de la moitié des ressources utilisées proviennent de sources souterraines, dont certaines ne sont pas renouvelables ou peu renouvelables, en particulier dans les régions du sud du pays (Elloumi, 2016).

### 1.1.1 Les ressources disponibles en eaux de surfaces

En Tunisie, l'apport annuel moyen d'eau de surface est estimé par le BPEH (2020) à 2700 Mm<sup>3</sup>. Seulement la moitié de cet apport est mobilisable et 31% de l'autre moitié est régularisé et transféré dans les régions. Cette mobilisation se fait par 37 grands barrages d'une capacité de 76 Mm<sup>3</sup>, 258 barrages collinaires et 918 lacs collinaires ayant au total une capacité de 360 Mm<sup>3</sup>. Ces ressources sont caractérisées par des apports irréguliers d'une année à l'autre et présentent une répartition inégale dans les régions. Notamment, la région Nord représente à elle seule 81% de l'offre totale annuelle des eaux de surface (Figure 2). Au contraire, la région du sud connaît une pénurie de ces ressources, qui sont également plus sporadiques par rapport aux autres régions, ce qui explique sa grande dépendance des eaux souterraines.

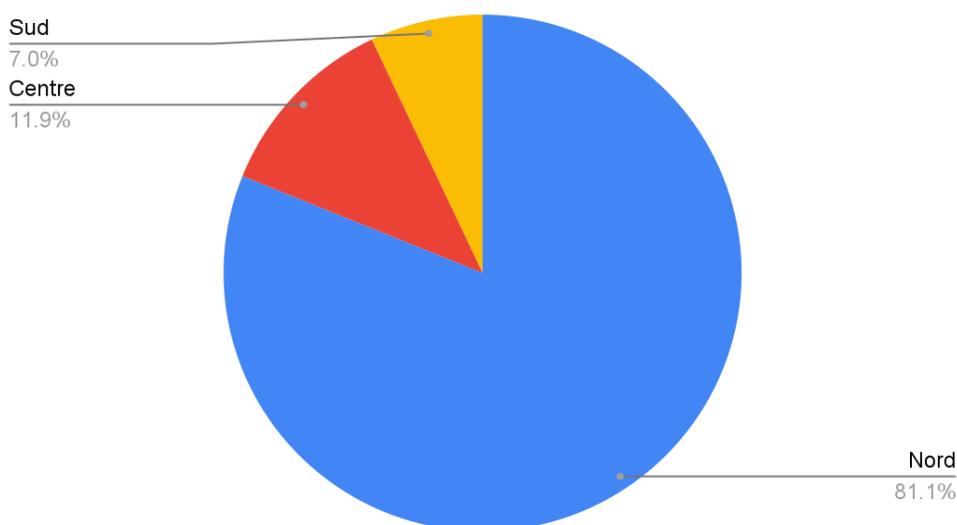


Figure 2: Répartition spatiale des eaux de surface en Tunisie  
Source: BPEH (2020)

### **1.1.2 Les ressources disponibles en eaux souterraines**

Les eaux souterraines sont formées par l'eau infiltrée alimentant les nappes souterraines. En Tunisie, sa quantité est estimée à 2 198 Mm<sup>3</sup>. En termes de qualité, seulement 20% de cette eau est douce, le reste dépasse 1.5g/l de salinisation. Le sud tunisien, contrairement au cas des eaux de surface, dispose de 42% des eaux souterraines et également plus que la moitié des ressources profondes (BPEH, 2020).

#### **1.1.2.1 Les nappes phréatiques**

Les nappes phréatiques sont des nappes d'eau souterraine dont la profondeur ne dépasse pas les dizaines de mètres. Ces aquifères peuvent être alimentés par divers moyens, y compris le ruissellement naturel des oueds lors des périodes de crue, les eaux de pluie et/ou artificiellement à travers les barrages et les lacs collinaires (Beaulieu, 2019). En Tunisie, la quantité de ces ressources est estimée à 770 Mm<sup>3</sup>/an et représente 35% des ressources en eaux souterraines. Sa répartition par région est la suivante : 50% au Nord de la Tunisie, 33% au Centre, et seulement 17% au Sud (DGRE, 2021).

D'après l'annuaire des nappes phréatiques en 2020, l'exploitation des nappes phréatiques a atteint un taux de 119% soit 916 Mm<sup>3</sup>, réalisée par l'intermédiaire de 151 850 puits de surface.

#### **1.1.2.2 Les nappes profondes**

Ce sont des nappes enfouies aux profondeurs et qui n'ont pas un contact direct avec l'atmosphère. Les nappes profondes peuvent être captives ou fossiles. La première est située entre deux couches imperméables saturées d'eau sous pression. La deuxième n'est pas renouvelable et donc obligatoirement vouée à l'épuisement (Foster et P. Loucks, 2006; Beaulieu, 2019). La disponibilité de l'eau en nappes profondes est deux fois plus importante que dans les nappes phréatiques. Ces ressources étaient entièrement mobilisées en 2015 (Elloumi, 2016).

La qualité des ressources des nappes profondes est généralement meilleure que celles des nappes phréatiques puisque en 2008, 23% des ressources exploitées avaient une

salinité inférieure à 1.5 g/l (Gafrej, 2017). Cette caractéristique permet à ces ressources d' avoir de multiples usages agricoles et non agricoles.

Les nappes profondes sont exploitées par les points d'eau licites (autorisés) ou illicites<sup>2</sup>. En moyenne, les prélèvements licites annuels atteignent 1324 Mm3 réalisés par environ 13322 points d'eau. L'exploitation annuelles illicites est de 519 Mm3 réalisées par 19 001 forages illicites (BPEH, 2020).

### 1.1.3 Les usages des eaux souterraines

En Tunisie, l'eau souterraine a une grande importance dans l'atténuation des risques de sécheresse surtout dans les zones où les apports pluviométriques sont irréguliers (BPEH, 2020). Elle a le potentiel de soutenir différents secteurs économiques comme l'eau potable, l'agriculture, l'industrie et le tourisme. D'ailleurs les prélèvements par secteur en 2020 étaient de 86% pour l'irrigation, 12% pour l'eau potable et 2% pour l'industrie et le tourisme.

Tableau 2: Les prélèvements des nappes par secteur en 2020.

Ressources	Prélèvement Irrigation (Mm3/an)	Prélèvement Industrie/Tourisme (Mm3/an)	Prélèvement AEP (Mm3/an)	Prélèvements totaux (Mm3/an)
Nappes phréatiques	914	0	0	914
Nappes profondes	1669	46	370	2085
<b>Total</b>	<b>2583</b>	<b>46</b>	<b>370</b>	<b>2999</b>

Source: Annuaire de la DGRE de 2021.

<sup>2</sup> Un point d'eau est dit illicite quand il est construit après la délimitation de la zone de sauvegarde sans l'autorisation du ministre de l'agriculture.

Le tableau 2 montre bien l'importance des ressources souterraines, surtout les nappes profondes, dans la couverture des besoins des différents usages. La majorité de ces ressources sont principalement destinées à des fins d'irrigation. Cela est particulièrement vrai pour les nappes phréatiques, qui sont presque exclusivement affectées à cet usage spécifique. Cependant, il convient de noter qu'il existe des cas d'utilisation localisée pour des activités industrielles ou touristiques, ainsi que pour l'eau potable dans des zones qui ne sont pas prises en compte par les mesures statistiques.

#### 1.1.4 L'importance du secteur irrigué

En Tunisie, le secteur irrigué est le plus grand consommateur d'eau. En 2021, il représentait 80 % du volume annuel prélevé des nappes profondes en Tunisie. Les exploitations illicites des nappes profondes sont principalement destinées aux activités agricoles avec des prélèvements qui ont atteint 675 Mm<sup>3</sup> soit 40% des prélèvements totaux du secteur (Figure 3).

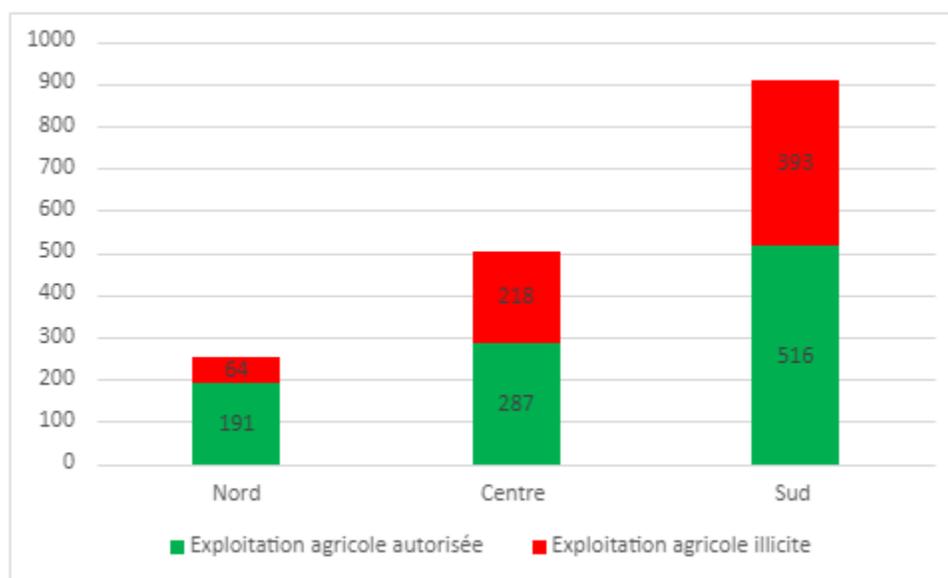


Figure 3: Répartition régionale de l'exploitation des nappes profondes dans le secteur agricole (2021)

Source: Annuaire de la DGRE de 2021

Alors que ces frontières spécifiques englobent à peine 8 % de la superficie agricole globale, l'impact des périmètres irrigués sur la production agricole du pays est substantiel, représentant environ 30 à 35 % de sa valeur totale. Ces zones sont responsables de 95% de la production de légumes, 70% de la production d'arbres et 30% de la production laitière. D'un point de vue socio-économique, le secteur irrigué joue un rôle important, contribuant pour environ 20 % aux exportations agricoles et offrant des possibilités d'emploi à 20 % de la main-d'œuvre agricole (Al Atiri, 2006).

Les périmètres irrigués sont classés en deux types : les périmètres publics irrigués (PPI) et les périmètres privés. Les PPI représentent environ 48.8 % du total des terres irriguées et sont alimentés en eau par des barrages ou des forages profonds et des eaux usées traitées par les stations d'épuration. D'autre part, les périmètres privés dépendent principalement des sources d'eau souterraines ou des cours d'eau pérennes (Gafrej, 2017).

Des périmètres d'arrosage temporaires sont utilisés pour les plantations d'arbres pendant les sécheresses, en plus des périmètres conçus pour une irrigation extensive et à long terme. L'étendue estimée de l'irrigation complémentaire couvre 23 000 hectares, dont 16 000 hectares dédiés spécifiquement à la distribution des eaux de crue (Al Atiri, 2006).

### **1.1.5 La surexploitation des nappes**

Le tableau 3 montre l'état d'exploitation des nappes phréatiques de l'année 2020 à l'échelle des 3 régions de la Tunisie par rapport aux ressources renouvelables évaluées à 770 Mm<sup>3</sup> par an. Le taux d'exploitation global des nappes phréatiques est de l'ordre de 119 % soit 914 Mm<sup>3</sup> par an. Pour les nappes profondes, L'exploitation globale en 2021 a été évalué à environ 2084 Mm<sup>3</sup> avec une augmentation de 162 Mm<sup>3</sup> par rapport à 2020, soit un taux d'exploitation globale de 146 % pour des ressources de nappes profondes du pays évalués à 1431 Mm<sup>3</sup> par an (tableau 3).

Tableau 3: Etat de l'exploitation des nappes phréatiques et profondes en 2020

Nappes	Région	Ressources (Mm3/an)	Exploitation (Mm3/an)		Taux d'exploitation (%)
Phréatiques	Nord	379.47	417		109.89
	Centre	251.79	351		139.40
	Sud	138.4	145		104.77
	<b>Total</b>	<b>769.66</b>	<b>914</b>		<b>118.75</b>
Profondes			Autorisé	Illicite	
	Nord	316.51	263.67	61.75	102.8
	Centre	329.8	413.69	126.37	163.8
	Sud	784.3	703.13	353.73	134.8
	<b>Total</b>	<b>1430.61</b>	<b>1380</b>	<b>541.86</b>	<b>134.4</b>

Source: Annuaire de la DGRE, 2021.

## 2. La gouvernance des eaux souterraines en Tunisie

Comme défini par Foster et al (2009) la gouvernance des eaux souterraines: La gouvernance des eaux souterraines implique la promotion d'une action collective responsable visant à garantir la supervision, la préservation et l'utilisation socialement responsable des ressources en eau souterraine, dans l'intérêt de l'humanité et des écosystèmes qui en dépendent.

### 2.1 Brève rétrospective sur la politique des eaux souterraines en Tunisie

La politique de gestion de l'eau joue un rôle crucial dans la mise en place de la politique agricole via différents facteurs tels que la mobilisation des ressources et l'approvisionnement des autres secteurs. Depuis l'indépendance cette politique était basée principalement sur la gestion de l'offre par l'émergence d'une politique hydraulique axée sur la mobilisation des ressources afin de satisfaire les besoins du secteur agricole qui avait une place importante dans le développement de la Tunisie (Elloumi, 2016; Gafrej, 2017). A cette époque, une étape importante est franchie avec la mise en place du Code des eaux en 1975 (loi n° 75-16 du 31 mars 1975). D'une part, des plans directeurs<sup>3</sup> ont été conçus et mis en œuvre pour gérer efficacement les ressources en eau dans les régions du Nord, du Centre et du Sud. D'autre part, des offices de mise en valeur ont été créés dans des zones clés du pays pour promouvoir le développement des périmètres irrigués (Gafrej, 2017).

Pendant les années 80, une série de politiques relatives à la gestion de l'eau ont été mises en œuvre dans le but de renforcer la croissance économique des régions rurales. Ces politiques se sont concentrées sur l'exploitation des ressources en eau, la construction de projets d'irrigation et l'extension de la distribution des eaux de surface. En conséquence, le système de gestion de l'eau est devenu de plus en plus axé sur l'offre, donnant la priorité à l'exploration constante de nouvelles sources tout en négligeant certains aspects de la gestion des ressources en eaux souterraines, tels que la réglementation et la surveillance des aquifères (Closas *et al.*, 2017).

A la fin du XXème siècle, cette politique a continué à montrer ses limites et la nécessité d'une gestion de la demande est apparue. Tout en continuant la mobilisation des ressources, l'Etat a commencé en parallèle à réorienter son attention sur la gestion de la demande afin d'atteindre une meilleure valorisation des ressources avec moins de coûts. Pour ce faire, deux stratégies ont été élaborées: La première stratégie de mobilisation des eaux entre 1990 et 2000 avait comme objectif d'atteindre un taux de mobilisation de 85% du potentiel total. La deuxième stratégie de mobilisation pendant les 10 années

---

<sup>3</sup> Les plans directeurs de l'utilisation des eaux consiste en une confrontation des besoins et des ressources, et l'établissement d'un chronogramme de réalisation des ouvrages de mobilisation (Abdelhedi, 1998).

qui suivent a visé de mobiliser 90% du potentiel des ressources via la construction des grands barrages et des barrages collinaires (Elloumi, 2016).

Cette dépendance croissante à la mobilisation des eaux souterraines englobe un large éventail d'objectifs, notamment l'irrigation, l'approvisionnement en eau potable, l'utilisation industrielle et le tourisme. Cependant, la nouvelle politique, axée sur la gestion de la demande, a également causé des problèmes. Les ressources en eaux souterraines ont été surexploitées, ce qui a entraîné des résultats négatifs tels qu'une qualité de l'eau dégradée et des niveaux de pression artésienne réduits. Les populations de l'intérieur ont été bouleversées par la politique de transfert des ressources en eau des régions de l'intérieur vers les régions côtières, la considérant comme une spoliation. Cela a créé des tensions et entraîné des problèmes tels que la baisse des rendements des cultures et l'augmentation des coûts de pompage. Pour conserver les ressources, les prélèvements ont été réglementés, en raison de la surexploitation (Elloumi, 2016).

## **2.2 La gouvernance des eaux souterraines à l'échelle nationale**

### **2.2.1 Les acteurs impliqués dans la gestion des eaux souterraines à l'échelle nationale**

En Tunisie, la gestion de l'eau est principalement centralisée et implique l'administration publique. Le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP) est un acteur clé dans ce processus. Dans son organisation, on trouve quatre directions techniques principales concernées par les eaux souterraines (Gafrej, 2017):

- La direction générale des barrages et des grands travaux hydrauliques (DGBGTH) est chargée de la construction et de l'exploitation des barrages.
- La Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE) est chargée de la construction et de l'exploitation des périmètres irrigués et de l'aménagement des réseaux d'eau potable dans les zones rurales dispersées.
- La Direction générale de l'aménagement et de la conservation des terres agricoles (DGAFTA), qui élabore les plans et orientations de la conservation des eaux et des sols et la végétation.

- La Direction générale des ressources en eau (DGRE), chargée de l'évaluation, du suivi, de la et la conservation des ressources en eau.

Rattaché au Conseil des ministres se trouve le Bureau de la planification et de l'équilibre hydrauliques (BPEH), direction générale spécialisée qui assure la coordination entre la planification des aménagements hydrauliques et l'allocation des ressources en eau. Le Ministère de l'Agriculture contrôle deux grandes sociétés d'exploitation : la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE), chargée de l'approvisionnement national en eau potable, et la Société d'Exploitation du Canal des Eaux du Nord (SECADENORD), chargée de l'exploitation des systèmes de transfert d'eau.

### **2.2.2 Les instruments de gestion des eaux souterraines à l'échelle nationale**

Au niveau national la gouvernance des eaux souterraines en Tunisie est réalisée à travers (Ferjani, 2023):

- Le Code des eaux de 1975. Ce code, composé de la loi n° 75-16 du 31 mars 1975 et tous les textes qui l'ont révisé ou complété, dont le dernier en date est la loi 2001-116 du 26 novembre 2001.
- Les conditions d'exploration et d'exploitation des eaux souterraines ont été fixées par le décret n° 78-814 du 1er septembre 1978.
- Les conditions d'exercice de la pratique du forage d'eau sont fixées par le décret n° 97-2082 du 27 octobre 1997.
- Le 4 novembre 2019, le Ministre du Développement, de l'Investissement et de la Coopération Internationale, en liaison avec l'Arrêté du MARHP, a publié un cahier des charges relatif à la pratique des forages d'eau.

## **2.3 La gouvernance des eaux souterraines à l'échelle sous-nationale**

### **2.3.1 Les acteurs impliqués dans la gestion des eaux souterraines à l'échelle sous-nationale**

24 Commissions Régionales de Développement Agricole (CRDA) représentent le Ministère de l'Agriculture au niveau infranational et sont répartis sur l'ensemble du territoire. Chacune est chargée de la protection, du contrôle et du développement de sa région respective (Gafrej, 2017).

Autre que le Ministère de l'Agriculture, le Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement joue un rôle direct dans le secteur de l'eau. Plus précisément, il est chargé de la sauvegarde, de la réglementation et de la surveillance de la pollution des ressources en eau à travers l'Office National de l'Assainissement (ONAS). L'ONAS est responsable de la mise en place et de l'entretien des stations d'épuration, tandis que l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE) surveille la pollution. De plus, d'autres ministères gouvernementaux sont impliqués dans le secteur de l'eau. Le ministère des transports collecte les données météorologiques par l'intermédiaire de l'Institut National de la Météorologie (INM), tandis que le ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire est chargé de la protection contre les inondations urbaines. Enfin, le Ministère de la Santé supervise la gestion de la santé à travers la Direction de l'Hygiène du Milieu et de la Protection de l'Environnement (DHMPE) (Gafrej, 2017).

### **2.3.2 Les instruments de gestion à l'échelle régionale**

Au niveau régional, ces instruments sont représentés par (Elloumi, 2016):

- L'augmentation de l'offre par la construction des barrages, le transfert de l'eau entre les régions, la recharge des nappes par les eaux de crues ou les eaux usées traitées et le dessalement des eaux de mer.
- La valorisation de l'eau dans le système agricole par l'investissement dans l'infrastructure efficace en termes d'économie d'eau, l'amélioration des techniques d'irrigation et d'augmenter la productivité des cultures.
- Le contrôle des puits par l'autorisation ou non des forages profonds de plus de 50 mètres, le contrôle par la délimitation des périmètres de sauvegarde et d'interdiction, le contrôle par l'électrification des puits et la tarification de l'eau d'irrigation au sein des PPI.
- L'encadrement et la diffusion des connaissances sur la bonne gestion des eaux souterraines par les Cellules Territoriales de Vulgarisation (CTV) et des centres de rayonnement agricole (CRA). Dans les collectifs des usagers d'eau ce rôle est fait par les Chefs des GDA.

- L'action collective est au cœur d'un nouveau modèle de gestion décentralisée et communautaire (GDA). Cette approche permet aux communautés locales de jouer un rôle actif dans la gestion de l'eau.

### **2.3.3 Les limites des instruments de gestion**

D'abord, la recharge des eaux souterraines peut servir de moyen d'améliorer l'utilisation des ressources en stockant efficacement l'eau excédentaire pendant les périodes de fortes précipitations. Il peut également fonctionner comme méthode de transfert d'eau d'une région à une autre ou comme moyen de stockage des eaux usées traitées. Cependant, cette méthode de mobilisation des ressources se heurte à l'obstacle que le remplissage ne peut avoir lieu qu'en cas d'abondance d'eau, ce qui n'est pas toujours le cas. De plus, les recharges qui ont été faites par des transferts d'eau entre les régions peuvent d'une part créer des tensions locales sur la ressource et d'autre part entraver le progrès des régions intérieures qui dépendent fortement de l'agriculture pour la croissance économique (Elloumi, 2016).

En outre, le contrôle par les autorisations de forage ou par l'électrification ont échoué de diminuer les prélèvements des eaux souterraines vu que les volumes d'eau prélevés ne sont pas contrôlés et qu'il n'y a aucune obligation pour les bénéficiaires des concessions de respecter le débit spécifié défini dans l'autorisation (Molle et Closas, 2020). De plus, aucun mécanisme n'est en place pour permettre à l'Administration de surveiller les volumes réels qui sont extraits. De plus ces concessions n'ont pas diminué le nombre des puits profonds au contraire les agriculteurs trouvent que cette politique est mauvaise ce qui justifie la continuation de piquage illicites (Gafrej, 2017).

En terme de sensibilisation et efficacité des efforts de vulgarisation, un responsable de CTV de la zone d'El Haouaria nous a raconté pendant un entretien en 2023 qu'après une analyse d'impact des actions de vulgarisation de la CTV, ils ont trouvé que 40 à 50% des agriculteurs adoptent les plans de vulgarisation concernant l'économie d'eau et seulement 2% d'entre eux pratiquent vraiment ces plans de vulgarisation. Il ajoute : "Les agriculteurs affirment qu'ils ont beaucoup d'autres responsabilités d'où ils ne peuvent pas rester à côté de la borne pour une heure (temps d'irrigation) pour la fermer après"

Enfin, deux mesures principales ont été prises pour répondre à la gestion de la demande. D'abord, au niveau technique, il y a eu un effort pour promouvoir la mise en place de méthodes économes en eau, notamment l'irrigation localisée, sur les parcelles individuelles. Deuxièmement, au niveau institutionnel, la responsabilité de la gestion des périmètres publics irrigués a été transférée aux associations d'irrigants. Malheureusement, ces actions cruciales n'ont pas donné les résultats escomptés, notamment en termes de diminution des prélèvements, qui ont continué à être exploitées à outrance (Elloumi, 2016).

## **2.4 La gouvernance des eaux souterraines à l'échelle locale**

### **2.4.1 Les acteurs impliqués dans la gestion locale des eaux souterraines**

Au niveau local, la responsabilité de la supervision de la gestion des systèmes d'irrigation et d'eau potable dans les régions rurales a été déléguée aux Groupements de Développement Agricole (GDA). Ses missions sont les suivantes (Marlet et Mnajja, 2017) :

- ❖ La sauvegarde et l'utilisation rationnelle des ressources naturelles pour assurer leur durabilité.
- ❖ Veiller à ce que les régions dans lesquelles ils opèrent disposent d'infrastructures agricoles et rurales fondamentales.
- ❖ Participer activement à la supervision et à l'orientation des membres adhérents. Cela comprend la promotion de l'adoption de techniques agricoles fiables.
- ❖ Assistance des parties concernées dans la résolution des problèmes agricoles ;
- ❖ La réalisation globale de toute mission qui vise à défendre les intérêts collectifs de ses adhérents.

## **3. Conclusion**

Les raisons pour lesquelles mon projet de fin d'études s'intéresse aux ressources d'eau souterraine est en premier lieu leur importance dans la satisfaction des besoins en eau des différents secteurs. En second lieu, la multitude de problèmes liés à leur exploitation comme:

- La pression sur les eaux souterraines, qui sont déjà soumises à une surexploitation annuelle continue, aggravée par une recharge naturelle très limitée, a été accrue par le manque de précipitations.
- L'augmentation significative de la demande en eau due à une croissance démographique rapide, à un développement du secteur agricole et à une diversification des activités économiques.
- Les limites des instruments de gestion actuels, de mettre en place une gestion durable des ressources en eau souterraines.

Il est donc nécessaire de d'élargir la gamme d'instruments de gestion des eaux souterraines afin de garantir une gestion durable et équitable des ressources en eaux souterraines. Pour ce faire, nous devons nous inspirer des expériences de gestion de ces ressources dans d'autres régions du monde qui partagent des contextes similaires. Cette inspiration se concrétise à travers l'établissement de dialogues entre diverses parties prenantes, y compris les administrations et les communautés locales.

Ces échanges vont être réalisés à travers notre jeu "Ground-WAG-er" qui permet de tester différentes combinaisons d'instruments de gestion des eaux souterraines afin de construire un modèle de gestion pouvant être traduit en un plans d'action et une stratégie sur mesure, adaptés aux acteurs impliqués, en réponse aux défis spécifiques liés aux aquifères. Face à cette réalité, ma question de recherche se formule comme suit : "Dans quelle mesure le jeu sérieux "Ground-WAG-er" parvient-il à engager les acteurs locaux dans l'exploration et le test de divers instruments de gestion, avec pour objectif la conception d'un modèle de gestion des eaux souterraines adapté aux défis spécifiques de leur contexte?"

## **Chapitre 2: Revue de littérature**

La gestion efficace des ressources en eau, et plus particulièrement des eaux souterraines, constitue un enjeu crucial pour la Tunisie (Elloumi, 2016; Gafrej, 2017). Les politiques traditionnelles axées sur l'offre ont montré leurs limites dans un contexte de croissance démographique, d'urbanisation rapide et de pression sur les ressources en eau (Elloumi, 2016). Pour répondre à ces défis complexes, il est essentiel de considérer un éventail d'expériences de gestion innovantes qui s'alignent sur les besoins locaux et les caractéristiques spécifiques des aquifères (Ghazouani et Mekki, 2016).

L'exploration de la place des instruments de gestion dans la gouvernance des eaux souterraines révèle une diversité d'approches adoptées à travers le monde. Des expériences réussies ont été documentées dans différentes régions, offrant des modèles adaptés à des contextes spécifiques. Ce chapitre se penchera sur ces instruments de gestion variés cherchant à étudier l'applicabilité au cas tunisien.

### **1. Place des instruments de gestion dans la gouvernance des eaux souterraines**

Un instrument de gestion, dans le contexte de la gestion des ressources naturelles telles que l'eau, fait référence à un ensemble de mesures, de politiques, de techniques ou de méthodes conçues pour réguler, surveiller, conserver ou améliorer l'utilisation durable d'une ressource spécifique. Ces instruments sont généralement élaborés pour atteindre des objectifs de gestion prédéfinis, tels que la préservation de l'environnement, la réduction des impacts négatifs, l'optimisation de l'utilisation, ou la résolution de conflits potentiels entre différents utilisateurs (Wijnen *et al.*, 2012).

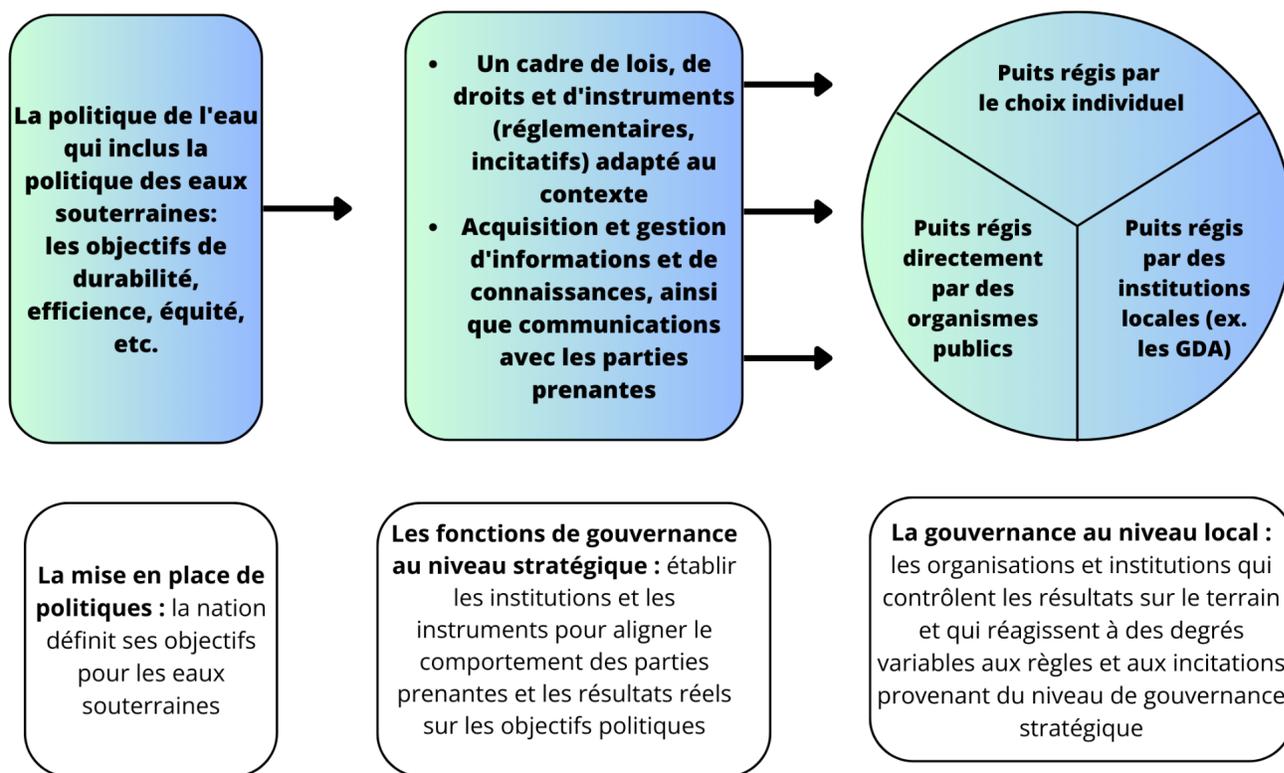


Figure 4: Les échelles de gouvernance des eaux souterraines (Wijnen *et al.*, 2012)

Le rapport de la Banque mondiale (Wijnen *et al.*, 2012) intitulé "Managing the invisible" (gérer l'invisible) met en évidence l'importance des instruments de gestion dans la bonne gouvernance des eaux souterraines. Selon ce rapport, les instruments de gestion jouent un rôle central pour gérer les ressources en eaux souterraines gérées de manière efficace et durable. Ces instruments, qui peuvent être réglementaires, économiques et/ou institutionnels, sont conçus pour influencer les comportements des parties prenantes, aligner les actions sur les objectifs de politique et garantir la durabilité à long terme des ressources en eau souterraine.

## 2. Typologie des instruments de gestion des eaux souterraines

La littérature scientifique et grise proposent une variété de typologies d'instruments de gestion des eaux souterraines. Dans son rapport Elloumi (2016), identifie trois catégories d'instruments: (1) **les instruments technologiques** englobant des actions telles que la construction de barrages, la recharge des nappes et les transferts d'eau, ainsi que l'amélioration de l'utilisation de l'eau à l'échelle des parcelles ; (2) **les instruments de régulation** tels que les permis de captage et le contrôle de l'électrification des puits ; enfin, (3) **les instruments économiques** incluant la tarification de la consommation d'eau et la subvention des techniques d'irrigation économes en eau. Le renforcement des capacités par le biais de formations et d'actions collectives est également évoqué. Molle et Closas (2016), quant à eux, proposent une typologie basée sur la prévention de la création de nouveaux forages, la réduction des prélèvements dans les forages existants ou transferts d'eau (Figure 5). Ils élargissent cette typologie aux instruments liés à la demande, reposant sur les ressources eau, terre et énergie (Figure 6).

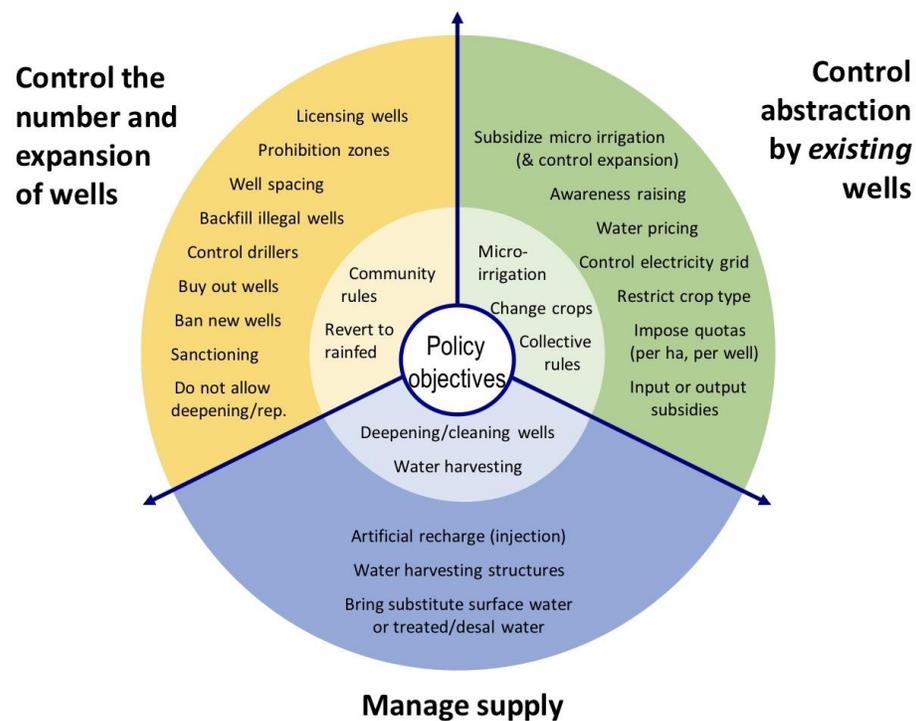


Figure 5: Les principaux objectifs de la politique de gestion des eaux souterraines et les différents instruments adéquats à l'échelle locale (Molle et Closas, 2016, reproduit avec l'autorisation de F.Molle)

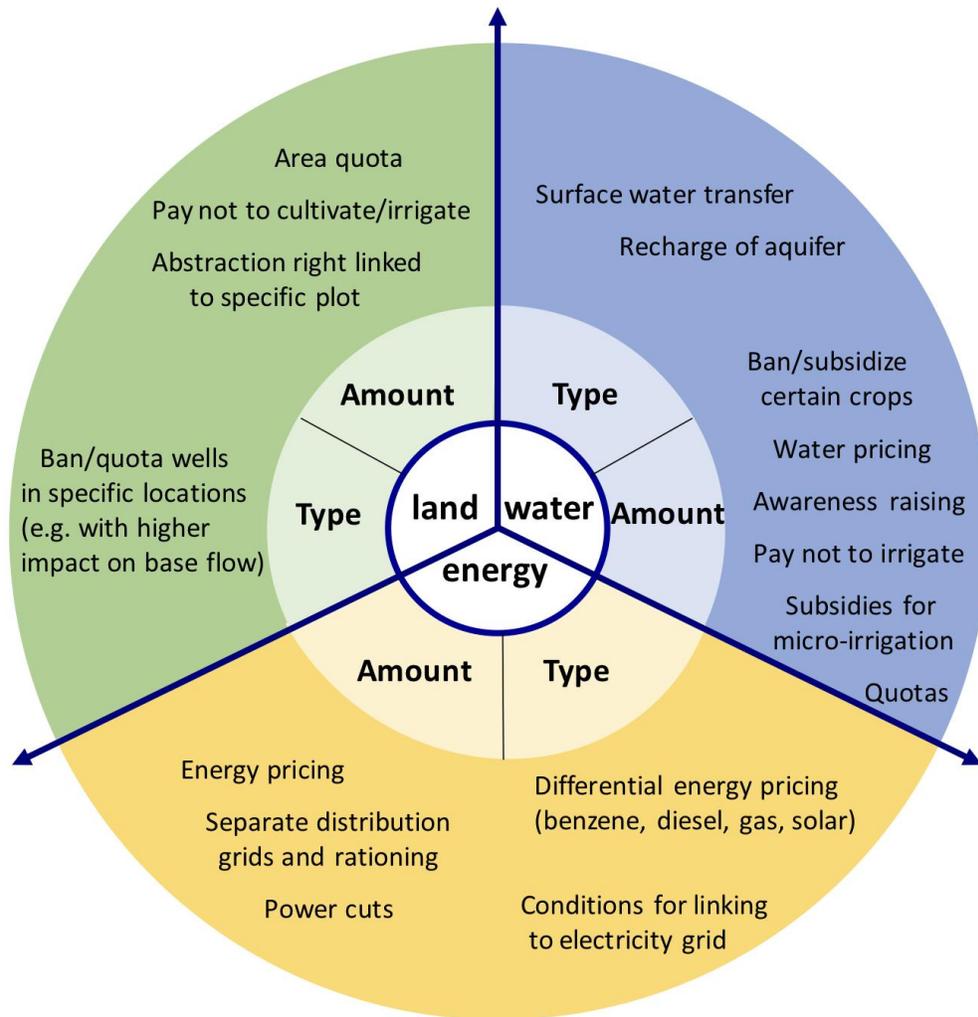


Figure 6: Les instruments de gestion qui visent à diminuer la demande des puits existants (Molle et Closas, 2016, reproduit avec l'autorisation de F.Molle).

Dans notre étude, nous organisons les instruments en gestion de l'offre et gestion de la demande, en tenant compte de perspectives spécifiques telles que la gestion de l'énergie, des forages, des cultures, et des prélèvements. Chacune de ces perspectives est associée à des instruments d'incitation et de régulation. Cette typologie vise à simplifier les termes pour s'adresser à des groupes sociaux variés.

### 3. Les instruments de gestion dans le monde

Durant notre stage, avec l'équipe du projet, une tâche cruciale était l'identification des instruments de gestion des eaux souterraines, en se basant sur une exploration approfondie de la littérature scientifique et grise disponible afin de rassembler une variété d'instruments employés dans la gestion de cette ressource à travers le monde. En nous appuyant sur cette étude, nous avons pu dresser un tableau des différents instruments utilisés dans le but de réguler, surveiller et conserver les eaux souterraines. Cette étape fondamentale a jeté les bases de nos futures démarches, en nous permettant d'adopter une approche informée et adaptée à notre contexte spécifique (Voir annexe 1)

#### **4. Un dialogue sur la gestion locale des eaux souterraines**

Dans ce travail, notre objectif est de susciter un dialogue entre les acteurs concernés par la gestion des ressources en eau souterraine. Nous visons à explorer les divers instruments de gestion utilisés à l'échelle mondiale et à évaluer leur pertinence pour chaque contexte spécifique. Plusieurs courants de pensée insistent sur l'importance de l'inclusion de toutes les parties prenantes dans la gestion d'une ressource commune, ainsi que la promotion de dialogues constructifs entre elles.

L'approche de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) met l'accent sur l'intégration des dimensions sociales, économiques et environnementales de la gestion de l'eau. Elle encourage la participation de toutes les parties prenantes, telles que les gouvernements, les utilisateurs d'eau, les acteurs de la société civile et les communautés locales, dans la prise de décisions et la planification des ressources en eau, tout en favorisant le dialogue et la collaboration pour parvenir à des solutions durables (ONU environnement, 2018). Une autre approche qui met l'accent sur l'implication de toutes les parties prenantes est la gestion collaborative ou concertée. Dans cette optique, Molle et Closas (2020) utilisent le terme "co-management" ou co-gestion (gestion collaborative) pour définir une gestion qui implique à la fois les utilisateurs (souvent organisés en associations) et l'État (par le biais de divers organismes), dans un effort collaboratif où la distribution et l'utilisation des ressources sont le résultat d'une collaboration entre plusieurs parties. D'autres appellations telles que gestion collective (Frija *et al.*, 2016) ou gestion concertée (Elloumi, 2016) sont également utilisées pour décrire cette même approche. Cette approche souligne la

nécessité de rassembler différents acteurs ayant des intérêts, des connaissances et des perspectives variées, afin de travailler ensemble à la gestion d'une ressource commune. Elle encourage la création d'un espace de dialogue où les acteurs peuvent partager leurs points de vue, trouver des compromis et co-crée des solutions.

Mon stage s'est concentré sur la gestion des eaux souterraines à l'échelle locale. Mon travail se base sur les principes de la gestion concertée, étant donné que contrairement à la GIRE qui est appliquée à différentes échelles, de nationale à locale, la gestion concertée se focalise généralement sur des échelles locales ou régionales où les parties prenantes directement liées à la ressource commune peuvent collaborer. De plus, la gestion concertée met davantage l'accent sur la création d'un environnement propice au dialogue et à la collaboration entre les acteurs impliqués, en vue de concevoir des solutions qui prennent en compte les divers intérêts et besoins, élément central de notre démarche.

## **5. Les jeux sérieux un outil participatif pour émerger des solutions**

Les jeux sérieux se révèlent comme un outil pouvant être utilisé pour explorer et discuter de solutions potentielles (Hassenforder *et al.*, 2020). Un jeu sérieux désigne une application, informatisée ou non, qui fusionne des éléments sérieux comme l'enseignement, l'apprentissage, la communication, le marketing et l'information, avec des éléments ludiques (Alvarez *et al.*, 2007; Schmoll, 2011).

Cependant, au-delà des jeux sérieux, d'autres méthodes visent à encourager un dialogue constructif entre les parties prenantes engagées dans la gestion des eaux souterraines. Les ateliers de groupe, les forums en ligne, les groupes de discussion facilitée et les études de cas ont été utilisés pour promouvoir la collaboration, la communication ouverte et le partage d'idées. Ces méthodes créent des environnements favorables à la diffusion des connaissances, à la discussion des problématiques et à l'exploration de solutions. Néanmoins, les jeux sérieux se distinguent de ces approches traditionnelles par leur dimension ludique et immersive. Ils permettent aux participants non seulement de débattre et partager des idées, mais aussi de les mettre en action et d'observer les résultats de leurs décisions dans un environnement virtuel. Cette approche innovante offre une perspective novatrice pour examiner des solutions de gestion des eaux souterraines, permettant aux acteurs de mieux appréhender les complexités et les implications des choix de gestion (Hassenforder *et al.*, 2020).

L'objectif de cette étude est de créer un jeu sérieux qui propose une expérience immersive et interactive allant au-delà des approches traditionnelles d'accompagnement. Grâce à une représentation réaliste en forme de plateau de jeu, les participants ont l'opportunité d'endosser divers rôles dans la gestion d'un territoire fictif, comprenant des parcelles agricoles et un collectif d'usagers. Ce cadre virtuel offre aux acteurs la possibilité de se projeter dans des situations concrètes et de prendre des décisions liées à la gestion des eaux souterraines.

## 6. Les jeux sérieux sur la gestion des eaux souterraines

En ce qui concerne les aspects de gestion, les jeux sérieux, en particulier les jeux de rôle, s'avèrent être des instruments efficaces pour immerger les participants dans des situations étroitement liées à la réalité, tout en jouant un rôle essentiel dans la communication. Leur approche de "learning by simulating" (l'apprentissage par la simulation) présente moins d'effets secondaires (car les risques et les coûts des essais d'apprentissage réels ne sont pas pris en compte) que la méthode traditionnelle de "learning by doing" (apprentissage par la pratique) (Barreteau *et al.*, 2013). Les jeux de rôle permettent aux participants d'expérimenter divers scénarios et de prendre des décisions dans un environnement contrôlé, évitant ainsi les conséquences directes des actions dans le monde réel. Cette approche "apprendre en simulant" offre une manière sécurisée et engageante d'explorer des stratégies de gestion et de saisir la complexité des enjeux liés à la gestion des ressources, comme les eaux souterraines.

Dans cette partie je liste les jeux sérieux qui abordent la question de la gestion des eaux souterraines et/ou de la gestion participative des ressources. J'explique comment ils sont construits, qu'est ce qu'ils mettent en débat, et les points pertinents ou non pour ma question de recherche.

### ➤ **The Groundwater Game (Le jeu des eaux souterraines)**

#### **Objectifs**

Chaque joueur représente un agriculteur qui a une exploitation de 5 ha, un puits et irrigue ses cultures avec l'eau souterraine. Les joueurs s'efforcent d'atteindre un état de richesse et de

satisfaction, mais des conflits d'intérêts émergent entre l'utilisateur individuel, la communauté, la ressource et l'environnement naturel dans la poursuite de cet objectif.

### **Acteurs**

Acteurs impliqués dans la gestion d'une ressource en eau souterraine

### **Qu'est ce qu'il met en débat ?**

Jouer au jeu permet aux individus d'acquérir des connaissances sur divers concepts associés à l'utilisation des eaux souterraines. Ces concepts comprennent la réduction et l'épuisement des niveaux des eaux souterraines, ainsi qu'une compréhension plus approfondie des ressources partagées, de l'administration des eaux souterraines et de l'importance des efforts collectifs.

### **Déroulement du jeu**

Au fur et à mesure que le jeu progresse, les joueurs rencontreront divers scénarios qui introduisent de nouveaux facteurs qui influencent leur prise de décision. Ces scénarios impliquent différents aspects de l'exploration et de la gestion des eaux souterraines, et le but ultime est que les acteurs conçoivent des stratégies efficaces pour utiliser les eaux souterraines de manière durable. Il est crucial que les acteurs comprennent que certaines actions, telles que l'augmentation des coûts de pompage, peuvent avoir un impact direct à la fois sur les bénéfices potentiels et sur les conséquences environnementales associées à l'utilisation des eaux souterraines reliées à un lac voisin.

### **Conception**

Le Groundwater Game est une simulation interactive qui fonctionne dans un format de feuille de calcul, accessible via une application dédiée. Cette activité est renforcée par une présentation PowerPoint complémentaire qui fournit un soutien et des conseils supplémentaires.

### **Points pertinents pour notre jeu**

- Présence de différents scénarios
- Les décisions des joueurs dépendent de deux ressources l'eau et l'argent
- Un but d'apprentissage sur les différentes manières de gérer une nappe

### **Points manquants pour la réponse à notre problématique**

- Le jeu ne se focalise pas sur la gestion collective et le dialogue entre les participants.
- Les stratégies des joueurs dépendent des scénarios présents dans le jeu mais les joueurs ne choisissent pas eux-mêmes quel scénario ils veulent tester.
- Le jeu nécessite du matériel informatique qui n'est pas toujours disponible sur le terrain.
- Le jeu ne présente pas de matériel physique représentant les différentes ressources afin de permettre aux participants de visualiser et de se connecter à un contexte concret, simulant ainsi les réalités de la gestion des eaux souterraines.

**Source** <https://www.un-igrac.org/special-project/groundwater-game>

## ➤ ARTICHOCHOC

### **Objectifs**

- Les joueurs ont soit le rôle d'un agriculteur qui a pour objectif de produire des artichauts en prélevant de l'eau souterraine et qui suit une rationalité de maximisation de profit, aversion de risque, etc; soit le rôle d'une agence de l'eau qui a une mission de préserver la ressource.

### **Acteurs**

Différents acteurs (étudiants et professionnels) issus de formations variées (ingénieurs agronomes, écologues, économistes, géographes...).

### **Qu'est ce qu'il met en débat ?**

- Le concept d'une ressource commune en libre accès
- En se mettant à leur place et en considérant les différentes contraintes auxquelles, se plonger dans les processus de pensée sous-jacents guidant les acteurs impliqués dans la gestion de la ressource (agriculteurs, agence de l'eau, etc.) et comprendre leurs perspectives et leurs limites.

### **Déroulement du jeu**

Le jeu de simulation englobe plusieurs années agricoles, chacune étant structurée selon les étapes séquentielles suivantes :

- Les agriculteurs commencent l'année en faisant une estimation de la quantité d'eau

nécessaire pour irriguer leurs cultures.

- Ensuite, ils sélectionnent un danger au hasard.
- Les gains dépendent de l'étendue des parcelles cultivées qu'ils possèdent et de la quantité d'eau qu'ils ont réussi à pomper.
- Après avoir généré des revenus, les agriculteurs ont la possibilité d'investir dans l'expansion de leurs propriétés foncières ou d'augmenter la profondeur de leurs puits d'eau.
- Simultanément, l'Agence de l'Eau reçoit des informations sur le niveau des nappes phréatiques. Cet acteur a la capacité de mettre en œuvre diverses mesures en fonction du niveau de la nappe phréatique et des orientations de leurs ministères. Ces mesures peuvent inclure des limitations à la délivrance de permis de forage, des ajustements de leur tarification ou la facilitation du dialogue avec les agriculteurs. Le processus de prise de décision dépend de ces facteurs.

### **La nappe**

Le fonctionnement de la nappe phréatique est un processus relativement simple. Au début de la saison agricole, généralement au printemps, le niveau d'eau atteint son maximum, qui peut varier en fonction des données des années précédentes. Au fur et à mesure que les agriculteurs commencent à prélever de l'eau, le niveau diminue progressivement. Cependant, lorsque la saison se termine à l'automne, des pluies se produisent, réapprovisionnent et rechargent à nouveau la nappe phréatique.

### **Conception**

- Le jeu est un outil informatisé. Son utilisation nécessite un ordinateur avec le logiciel ARTICHOC, java, et un vidéoprojecteur.

### **Points pertinents pour notre jeu**

- Les acteurs choisissent quelle stratégie ils vont suivre (maximisation de profit, aversion de risque, etc.)
- La piézométrie de la nappe dépend des prélèvements et de la recharge par les pluies

### **Points manquants pour la réponse à notre problématique**

- Le jeu ne permet pas aux participants de tester des instruments de gestion variés pour mieux comprendre les conséquences de chaque choix.
- Le jeu nécessite du matériel informatique ce qui n'est pas toujours disponible sur le terrain.

- Le jeu ne présente pas de matériel physique représentant les différentes ressources afin de permettre aux participants de visualiser et de se connecter à un contexte concret, simulant ainsi les réalités de la gestion des eaux souterraines.

**Source** [http://uved-concertation.cirad.fr/co/outils\\_interactifs\\_13.html](http://uved-concertation.cirad.fr/co/outils_interactifs_13.html)

- **Marchi : Un jeu sérieux pour la gouvernance participative des services écosystémiques dans les réserves naturelles à usages multiples.**

### **Objectifs**

L'objectif principal des participants au MARCHI est d'optimiser l'acquisition durable des avantages tirés des ressources naturelles, malgré l'incertitude entourant le rythme auquel ces ressources s'épuisent.

### **Acteurs**

Différents acteurs

### **Qu'est ce qu'il met en débat ?**

Le défi considérable dans la gestion des réserves à usages multiples qui nécessite de trouver un équilibre délicat entre la préservation des ressources naturelles, la garantie de la disponibilité des différents services écosystémiques et la récolte des bénéfices associés. De plus, une gouvernance inadéquate complique davantage cette tâche.

### **Déroulement du jeu**

Le jeu est composé de 15 tours consécutifs, chaque tour offrant aux joueurs l'occasion de répartir leurs fonds annuels limités entre la surveillance et la prospective, le contrôle, le paiement des services écosystémiques (PSE), l'accès aux services écosystémiques (SE) et l'aménagement du territoire.

MARCHI a obtenu un succès notable en déplaçant l'inclinaison initiale vers les méthodes de conservation conventionnelles (Contrôle) vers des instruments moins connus et rarement utilisés dans le pays, tels que le PSE. De plus, il y a eu un abandon des pratiques à faible priorité concernant l'accès aux SE dans les zones naturelles protégées.

**Conception**

Le jeu est un modèle de simulation sous forme d'une application appelée ESApp

**Points pertinents pour notre jeu**

- L'existence de zone naturelle protégée (zone de sauvegarde dans le cas de notre jeu)
- Inspirer les joueurs pour tester des instruments de gestion moins connus et rarement utilisés dans le pays.
- Avoir une contrainte budgétaire

**Points manquants pour la réponse à notre problématique**

- Le jeu ne tourne pas autour la gestion des eaux souterraines

**Source** (Laterra *et al.*, 2023)

Ces jeux sérieux partagent de nombreux points communs avec notre étude en termes d'immersion des participants dans des situations proches de la réalité et de promotion de la communication. Cependant, à ma connaissance, aucune de ces initiatives ne traite simultanément de la problématique de la surexploitation des eaux souterraines et n'offre la possibilité de tester différents instruments de gestion pour évaluer leurs impacts sur cette ressource cruciale. C'est dans cette optique que nous avons développé notre propre jeu sérieux, "Ground-WAG-er". En associant la dimension ludique et interactive aux enjeux réels de la gestion des eaux souterraines, notre jeu propose une approche novatrice pour alimenter le dialogue entre les parties prenantes. En créant un environnement virtuel où les participants peuvent non seulement discuter, mais également expérimenter et évaluer des scénarios de gestion, nous visons à enrichir les discussions et les prises de décision autour de la gestion durable de cette ressource.

## 7. Conclusion

En conclusion de ce chapitre, il ressort clairement que les instruments de gestion jouent un rôle crucial dans la gouvernance des eaux souterraines en contribuant à l'atteinte d'objectifs de gestion préalablement définis. Leur pertinence et leur mise en œuvre efficace sont essentielles pour garantir une gouvernance adéquate de cette ressource vitale. Au cours de cette étude, nous avons examiné différentes typologies d'instruments de gestion, mais avons choisi de privilégier une typologie simple, conçue pour être

accessible et compréhensible par tous, indépendamment de leur catégorie sociale ou de leurs antécédents en matière de gestion des eaux souterraines.

L'univers de la gestion des eaux souterraines est vaste et varié, avec des modèles et des approches de gestion différents adoptés à travers le monde. L'objectif fondamental de notre travail est de mettre en lumière cette diversité en définissant les divers instruments de gestion à l'échelle mondiale. Cette démarche vise à inspirer les acteurs locaux à engager un dialogue approfondi concernant la faisabilité et l'acceptabilité de ces instruments au sein de leur propre contexte.

Dans cette optique, nous avons développé un outil novateur, le jeu sérieux "Ground-WAG-er", qui offre aux participants la possibilité immersive de se projeter dans des scénarios concrets de gestion des eaux souterraines. En associant l'interaction ludique à des enjeux sérieux, ce jeu vise à alimenter le dialogue entre les acteurs locaux dans la gestion des aquifères. Les participants pourront ainsi explorer différentes stratégies de gestion, évaluer leurs impacts potentiels et collaborer pour concevoir des solutions durables.

À travers notre jeu sérieux, nous cherchons à approfondir la question de recherche tirée dans le chapitre 1 par l'analyse de ces sous questions liées aux perspectives des acteurs locaux concernant la gestion des eaux souterraines :

- ❖ Quelles combinaisons d'instruments vont les joueurs tester dans le jeu ?
- ❖ Quels effets auront ces instruments choisis sur le jeu ?
- ❖ Les joueurs pensent-ils que l'ensemble des instruments testés dans le jeu sont pertinents pour leur contexte dans la réalité ? Pourquoi ?
- ❖ Si oui, à quelles conditions ce modèle de gestion est-il envisageable sur le terrain?
- ❖ Quelles contraintes peuvent freiner l'acceptabilité de ces instruments ?
- ❖

Ces questions reflètent un cadre de recherche approfondi visant à explorer les dynamiques complexes entre les joueurs, les choix d'instruments de gestion, la pertinence contextuelle et les contraintes potentielles. L'analyse des données recueillies lors des sessions de jeu, combinée aux entretiens et aux autres informations, nous permettra de répondre à ces questions et de tirer des conclusions significatives sur l'acceptabilité et l'applicabilité des instruments de gestion des eaux souterraines dans le contexte réel des participants.

Afin de structurer notre étude, guider notre méthodologie de recherche et former un cadre de discussion de nos résultats, on associe ces hypothèses à notre travail:

Hypothèse 1 : Les préférences des acteurs locaux concernant les instruments de gestion de l'eau souterraine diffèrent en fonction de leur rôle, de leurs intérêts et de leurs interactions au sein du jeu.

Hypothèse 2 : L'utilisation d'un jeu sérieux comme outil interactif peut faciliter la compréhension des dynamiques complexes de la gestion de l'eau souterraine et favorise le partage de connaissances entre les acteurs.

Hypothèse 3 : Les acteurs locaux peuvent avoir des perspectives différentes sur la faisabilité et l'efficacité des instruments de gestion de l'eau souterraine par rapport à l'administration centrale.

Hypothèse 4 : L'implication des acteurs de l'administration centrale dans le jeu peut fournir des informations précieuses sur les conditions et freins liés à la mise en œuvre des instruments de gestion.

Hypothèse 5 : Les résultats et les préférences des acteurs révélés dans un environnement de jeu sérieux peuvent différer de ce qu'ils déclarent dans des enquêtes ou des entretiens formels.

Hypothèse 6 : Les instruments de gestion de l'eau souterraine qui sont perçus comme appropriés et réalisables dans le contexte du jeu peuvent ne pas être facilement applicables dans la réalité en raison de contraintes institutionnelles, politiques ou techniques.

Hypothèse 7 : Les acteurs qui ont une compréhension approfondie des aspects techniques de la gestion de l'eau souterraine peuvent avoir des opinions différentes sur l'efficacité des instruments par rapport à ceux qui se concentrent davantage sur les aspects politiques ou économiques.

### Chapitre 3: Matériels et méthode

Ce tableau (tableau 4) résume la méthodologie adoptée dans ce travail pour aboutir à un jeu finalisé.

Tableau 4: La méthodologie adoptée dans ce travail

Activité	Objectif	Produit
Revue de littérature scientifique et grise sur la gouvernance et la gestion de l'eau en Tunisie	Identifier les acteurs autour la gestion des ressources en eau	Cartographie des acteurs
Revue de littérature scientifique et grise sur les jeux sérieux	Identifier des jeux sérieux sur la gouvernance et gestion de l'eau et des ressources naturelles (si pertinents) : leur objectif, comment ils sont construits, qu'est ce qu'ils mettent en débat..	Liste de jeux sérieux
Réaliser des entretiens avec des acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eaux souterraines (GRES)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Identifier les instruments actuels de GRES en Tunisie</li><li>- Identifier leurs limites dans l'implémentation sur le terrain</li><li>- Identifier les instruments potentiels possibles selon les acteurs locaux</li><li>- Identifier les terrains potentiels pour faire des session de jeu</li></ul>	<p>Arbre à problème et arbre à objectifs</p> <p>Grilles des entretiens (22 comptes rendus d'entretiens: 7 agriculteurs, 4 avec des GDA, 4 avec des CRDA, 2 avec des CTV) (voir annexe 2)</p> <p>Schéma des instruments de GRES en Tunisie</p>

Revue de littérature scientifique et grise	Identifier les instruments de GRES dans le monde	Schéma des instruments de GRES dans le monde avec plus de détail dans un tableau Excel
Construction d'un prototype de jeu	Créer une première version du jeu à améliorer tout au long des tests	-5 tests de jeu -2 entretiens avec des chercheurs spécialisés dans l'hydrologie -1 entretien avec une chercheuse spécialiste dans la conception des jeux sérieux -3 prototypes avant le jeu finalisé
Réaliser des sessions de test du jeu	- Améliorer la mécanique du jeu - Améliorer la forme du jeu - Aboutir à un jeu finalisé testable sur le terrain	
Atelier de co-construction avec des acteurs de l'administration (voir annexe 3)		
Faire des entretiens avec des chercheurs spécialisés dans l'hydrogéologie et la conception des jeux sérieux		
Revue de manuel d'observation de jeu sérieux	- Identifier les objectifs des sessions de jeu - Identifier les éléments à observer durant les sessions	- Templates d'observation et d'évaluation de jeu - Grille d'observation et d'évaluation pour chaque session
Participer à des sessions de jeu sérieux avec des chercheurs professionnels dans la facilitation des sessions de jeu sérieux	- Apprendre à faciliter des sessions de jeu sérieux - Se préparer pour les sessions sur le terrain	
Participer à des visites de terrain:	-Identifier des terrains pour l'application du jeu	-3 terrains identifiés

-3 visites à Gabès -2 visites à El Haouaria -1 visite au Kef -2 visites à Zaghouan		
Faire des sessions de jeu	Application du jeu pour répondre aux questions de recherche	-1 session à Bsissi -3 sessions à Gabès -1 session à El Haouaria -1 session à Zaghouan

## 1. Elements de conception

### 1.1 Arbre à problèmes de la gestion des eaux souterraines

Au début de mon stage, j'ai réalisé des entretiens avec des acteurs impliqués dans la GRES (Chefs de CTV, Chefs de GDA, agriculteurs membres d'un GDA, agriculteurs privés) pour comprendre les problématiques autour de la GRES dans le but d'identifier les éléments qu'il faut implémenter dans le jeu. Ces entretiens m'ont permis de créer un arbre à problème qui tourne autour du problème principal de raréfaction en quantité et qualité des Ressources en Eaux Souterraines (RES). L'arbre à problèmes sert d'outil simple dans la méthodologie qui permet la visualisation et l'analyse de problèmes complexes.

L'objectif est d'analyser l'interdépendance des différents facteurs qui contribuent aux problèmes observés et de comprendre les relations de cause à effet entre eux. Ce processus se déroule selon une approche en trois étapes : La première étape de ce processus consiste à articuler clairement et précisément le problème central. Ce problème servira de base à l'analyse ultérieure. Pour résoudre efficacement le problème en question, il est crucial d'identifier les causes principales et sous-jacentes (les racines) qui ont contribué à son existence. Cela implique un examen complet des principaux facteurs qui ont directement contribué au problème, ainsi qu'une exploration des causes secondaires qui peuvent avoir influencé ou exacerbé son développement. La dernière étape est de reconnaître les impacts (branches) et les résultats secondaires (ramifications) que cela implique.

Une fois les causes et les effets déterminés, j'aurais la possibilité de suggérer des solutions appropriées. L'arbre à problèmes sert de base à l'élaboration de la stratégie à venir. Une fois l'arbre initial complété, un second est construit: l'arbre à objectifs. Nous remplaçons le problème par le but à atteindre. Pour atteindre cet objectif, les causes sont remplacées par les actions qui doivent être exécutées. Les résultats attendus du projet prennent la place des répercussions.

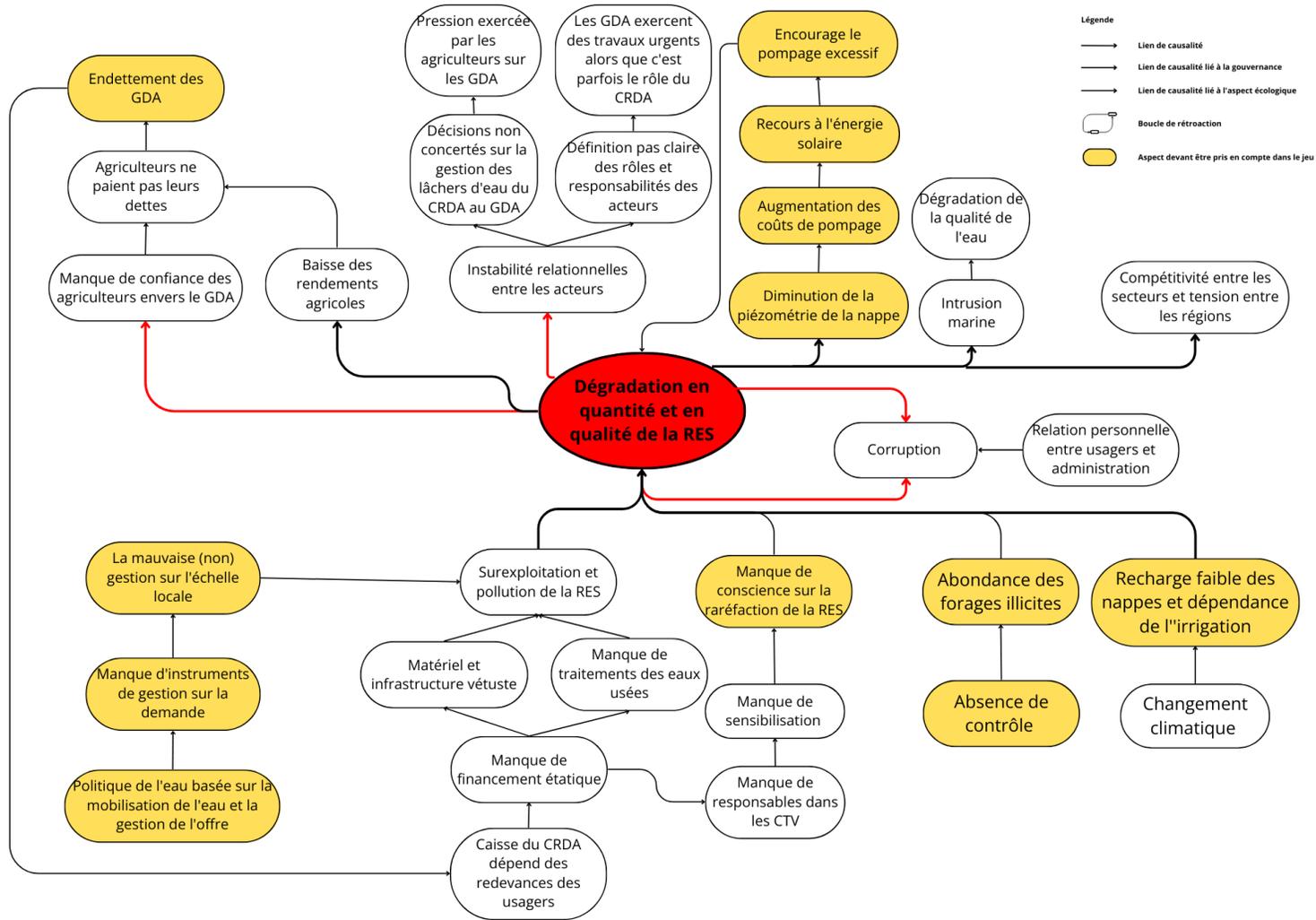


Figure 7: Arbre à problème

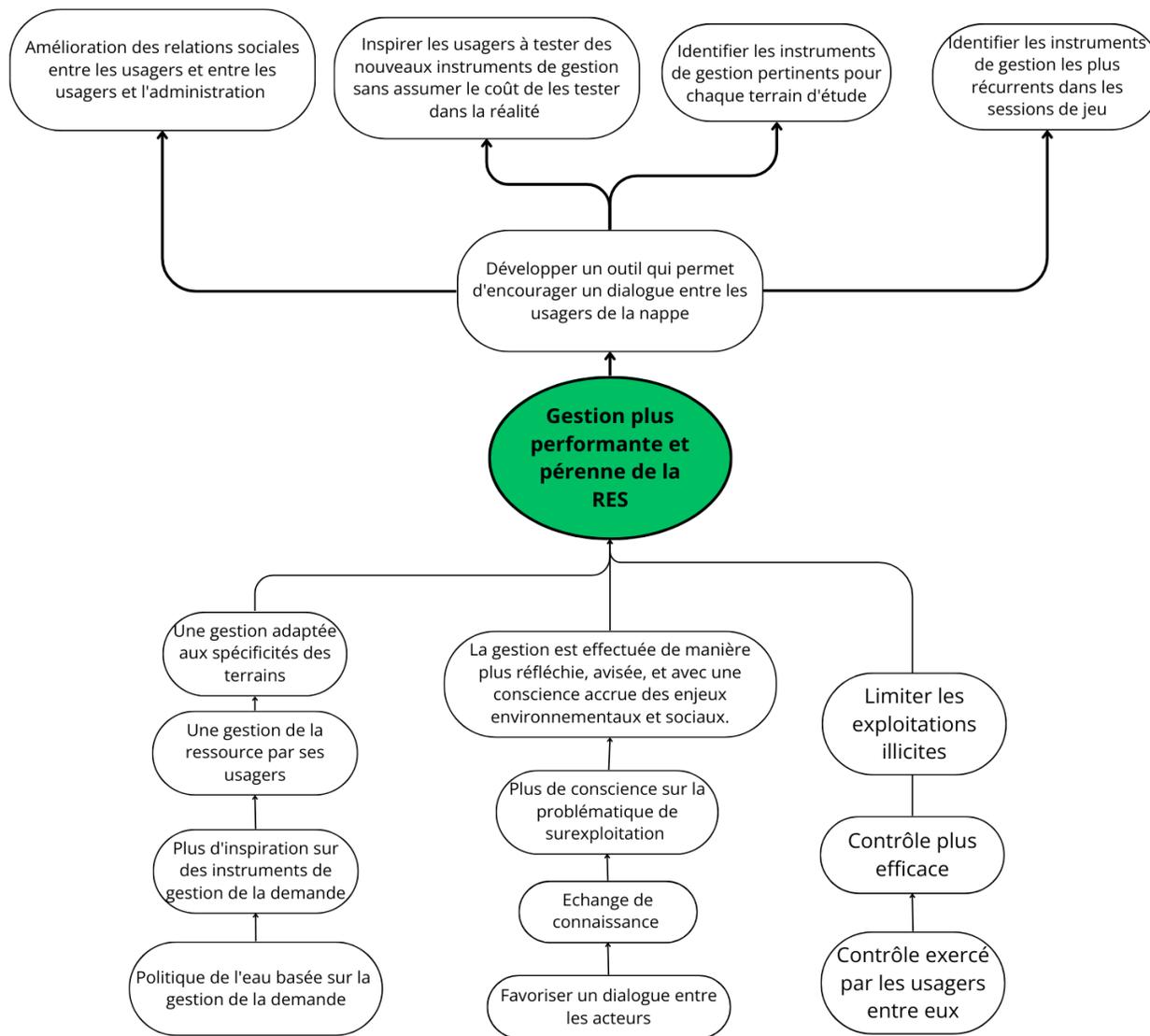


Figure 8: Arbre à objectif

## 1.2 Cartographie des acteurs

La cartographie des acteurs impliqués dans la gouvernance de l'eau permet de :

- Obtenir un aperçu du réseau d'individus impliqués dans la gestion de l'eau pour identifier divers acteurs, y compris des entités gouvernementales, non gouvernementales, locales, nationales et internationales. Ce faisant, il devient possible de discerner les principales parties prenantes, de comprendre les liens entre les acteurs et de reconnaître leurs contributions respectives au processus décisionnel.
- Comprendre les intérêts et les objectifs de chaque partie prenante. Ce processus aide à identifier les domaines où les intérêts s'alignent ou divergent entre les différents acteurs, permettant une résolution plus efficace des conflits et la recherche de solutions qui répondent aux besoins de toutes les parties concernées.
- Faciliter la compréhension des processus de prise de décision

### Cartographie des acteurs impliqués dans la gestion des eaux souterraines en Tunisie

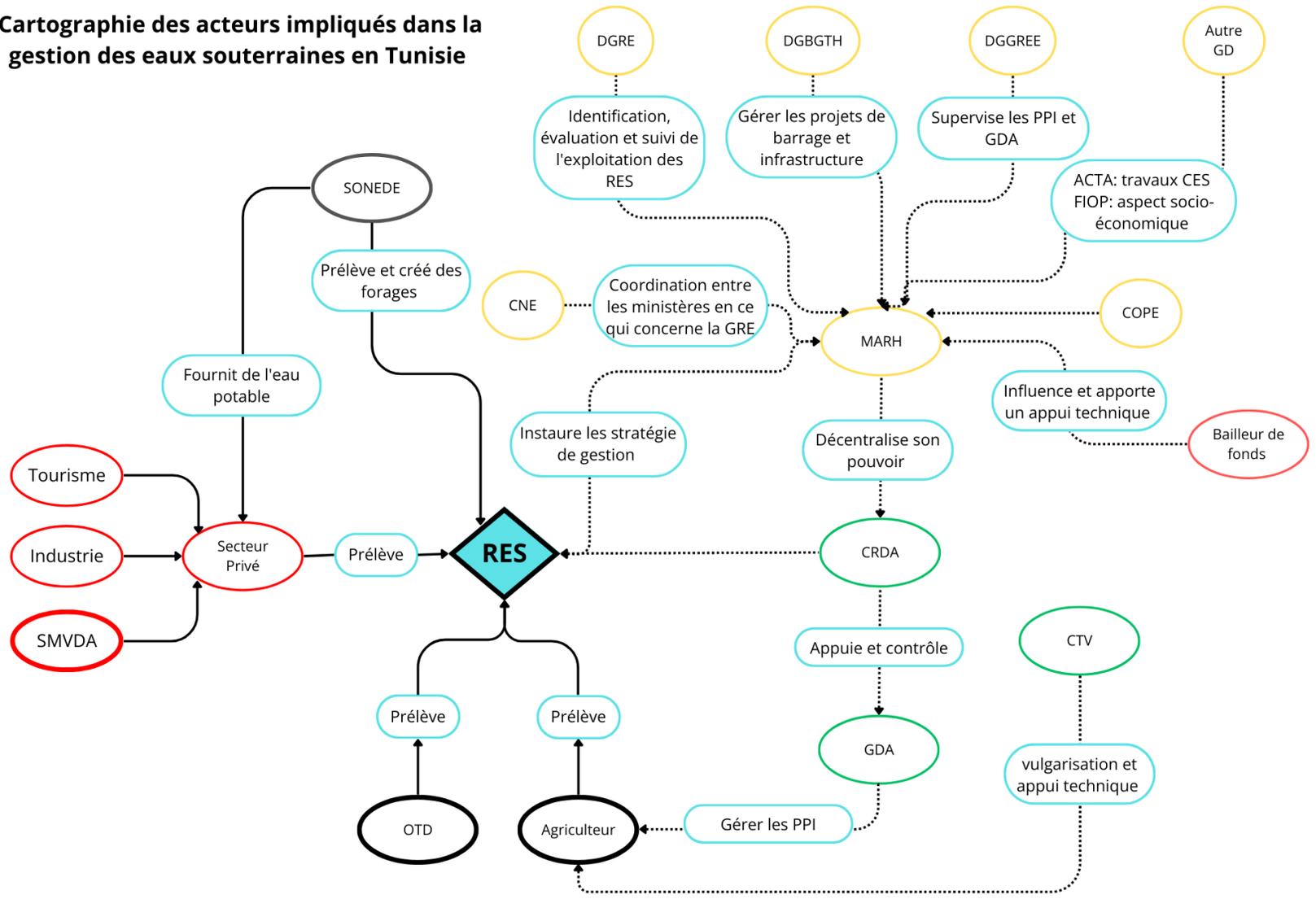


Figure 9: Cartographie des acteurs impliqués dans la gestion des RES en Tunisie

## Légende

	Ressources en eaux souterraines
	Flux physique
	Flux informationnel
	Activité
	Administration centrale
	Administration décentralisée
	Secteur public
	Secteur privé
	Agent extérieur à la Tunisie
	Société civile

## 1.3 Les instruments de gestion actuels et potentiels dans les zones d'études

### 1.4.1 Les instruments de gestion actuels

Lors des entretiens avec les acteurs engagés dans la Gestion des Ressources des Eaux Souterraines (GRES) au sein des zones d'étude, j'ai eu l'opportunité de répertorier les instruments de gestion en cours dans ces régions ainsi que les alternatives envisagées par les acteurs en adéquation avec leur contexte spécifique. Ces instruments ont été regroupés en deux catégories distinctes : les instruments de gestion de l'offre et ceux de la demande. Pour approfondir l'analyse des instruments liés à la gestion de la demande, nous avons procédé à une sous-classification en fonction de divers aspects tels que l'énergie, l'irrigation, le foncier, le débit, les types de culture et les forages. Cette classification élaborée permettra d'obtenir une compréhension plus approfondie et d'identifier la pertinence ainsi que l'acceptabilité de chaque instrument dans le cadre global de la gestion des ressources en eau. Ces instruments identifiés seront ensuite comparés avec les résultats des sessions de jeu, qui répondent directement aux questions de recherche, afin d'évaluer et de confronter les perceptions et les approches des acteurs envers la gestion des eaux souterraines dans les scénarios concrets du jeu.

### Instruments de gestion actuels

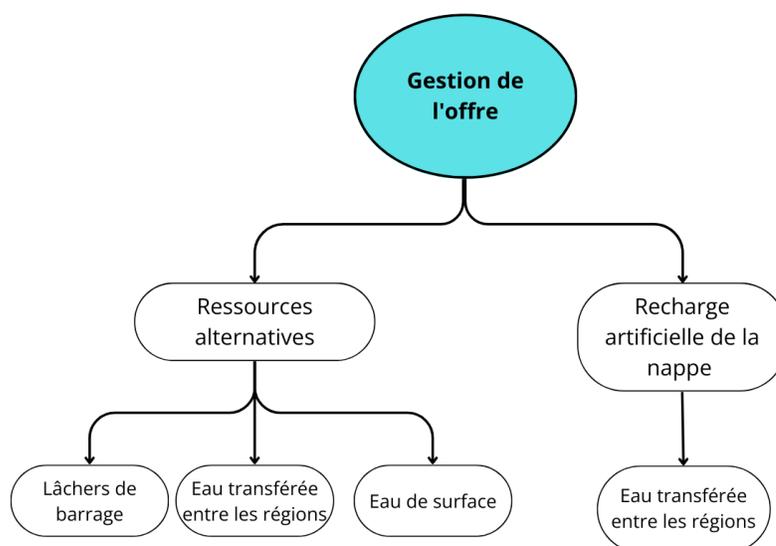


Figure 10: Les instruments de gestion de l'offre en place en Tunisie

## Instruments de gestion actuels

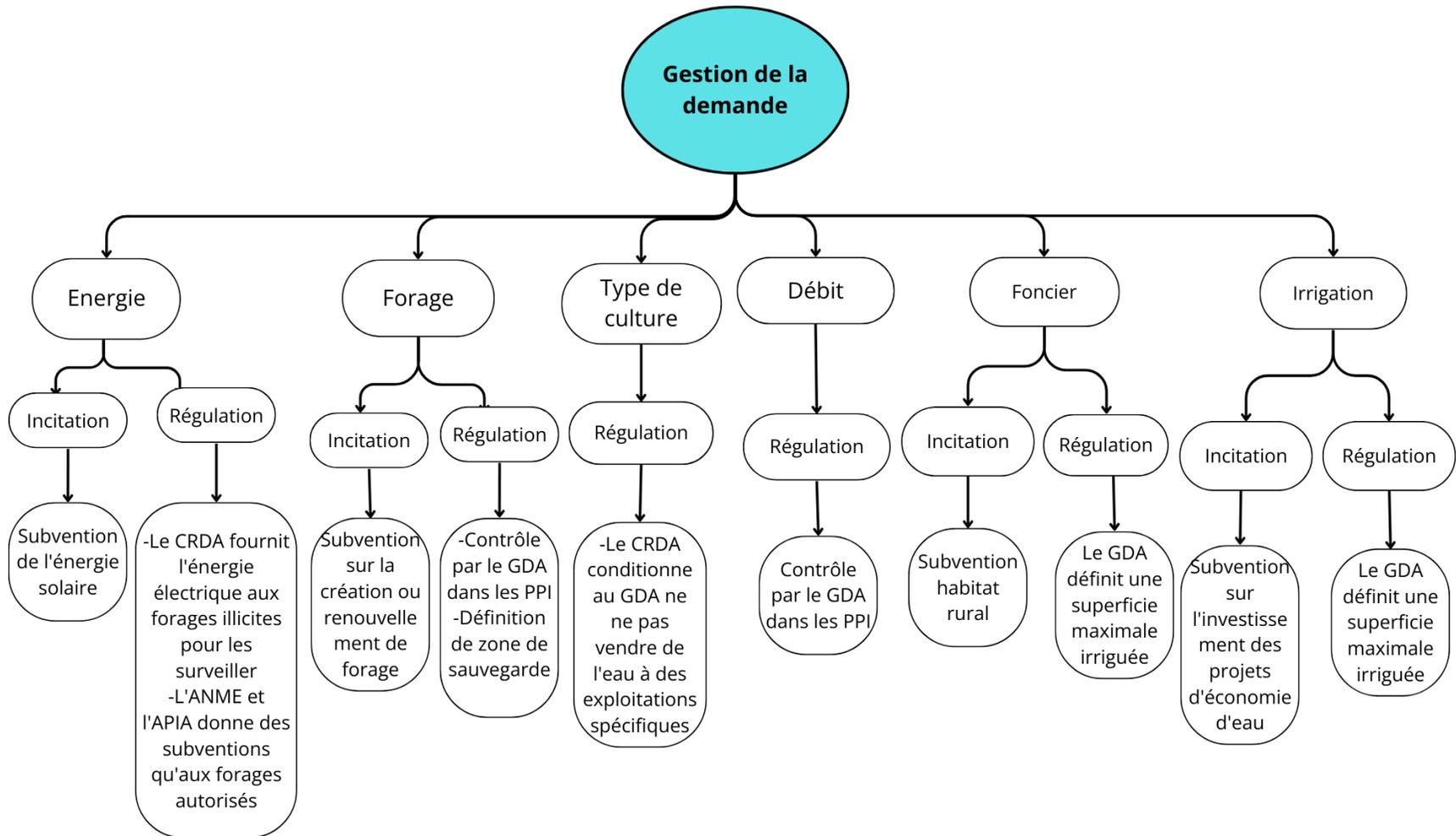


Figure 11: Les instruments de gestion de la demande des RES en place en Tunisie

### 1.4.1 Les instruments de gestion potentiels recensés

#### Propositions recensées d'instruments de gestion alternatif

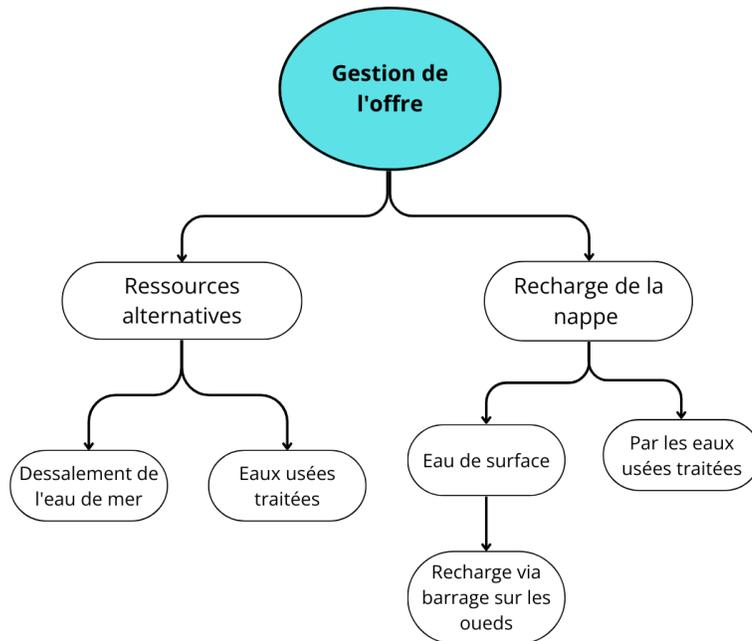


Figure 12: Les propositions recensées d'instruments de gestion de l'offre alternatifs en Tunisie (pour les zones

## Propositions recensées d'instruments de gestion alternatif

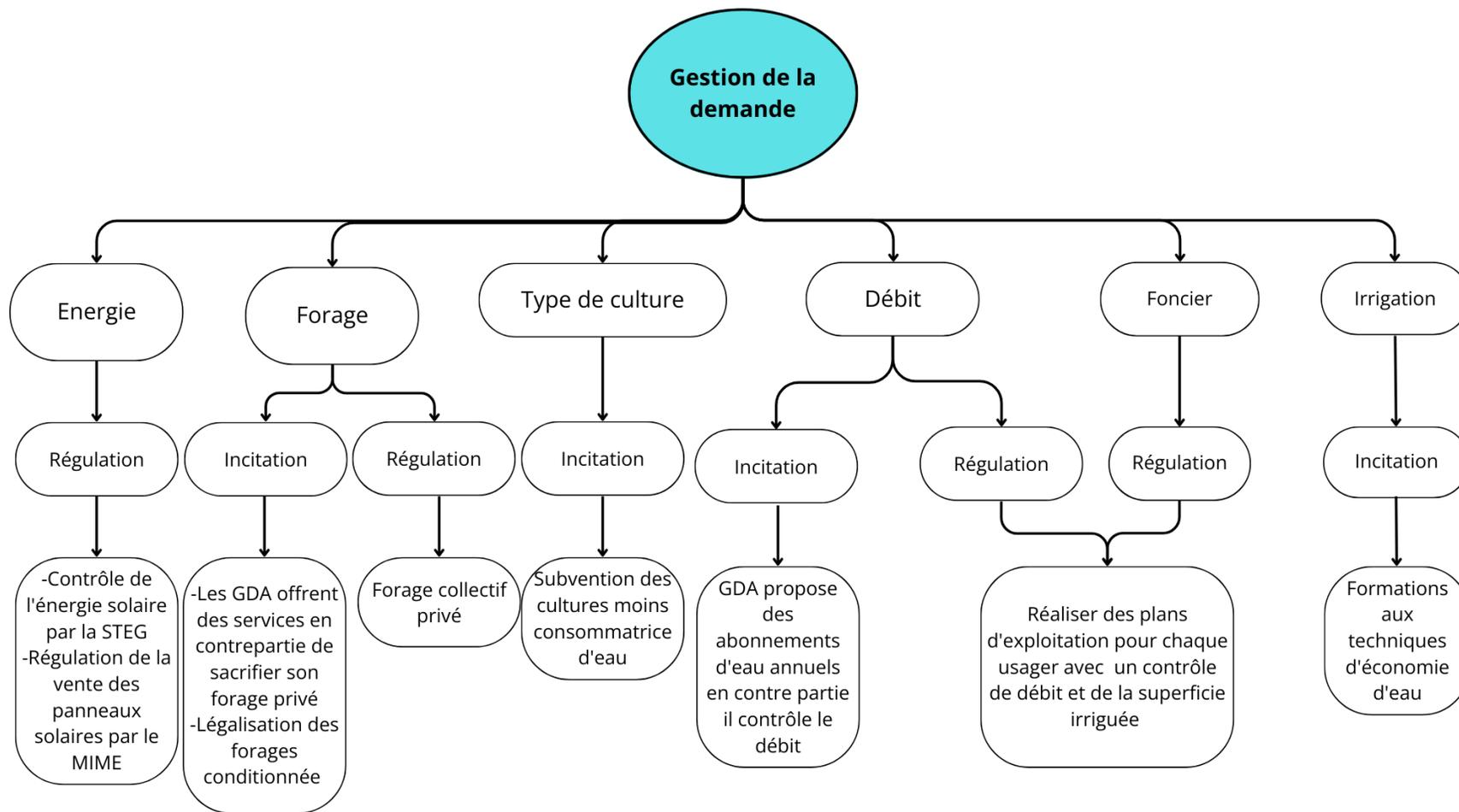


Figure 13: Les propositions recenser d'instruments de gestion alternatifs de la demande des RES

## **2. Prototypes du jeu**

Le processus de construction de notre jeu sérieux a été une entreprise passionnante et complexe, aboutissant à un produit finalisé que nous avons appliqué sur le terrain avec des acteurs impliqués dans la gestion des eaux souterraines. Voici les différentes étapes que nous avons menées pour parvenir à ce produit finalisé:

### **Prototype 1: Un jeu sur les rôles et responsabilités dans la gouvernance locale des eaux souterraines**

Nous avons commencé par élaborer un premier prototype de jeu qui se décompose en deux parties distinctes. La première partie portait sur la gestion locale de la nappe par les usagers et les Groupements de Développement Agricole (GDA), sous le contrôle de l'administration. Le jeu se présentait sous la forme d'un plateau physique représentant un territoire fictif, et les rôles attribués étaient ceux de quatre acteurs : un petit agriculteur, un grand agriculteur, un représentant du GDA et un acteur représentant l'administration.

Chaque joueur se voyait attribuer un système agricole avec des caractéristiques spécifiques, telles que les besoins en eau, la profondeur du forage, le nombre de forages, etc. Le but des joueurs était de satisfaire les besoins en eau de leur système agricole tout en respectant une contrainte budgétaire. L'acteur jouant le rôle de l'administration était responsable de contrôler les extensions illicites et d'accorder ou de refuser les autorisations d'extension de forage. À la fin de cette partie, les joueurs devaient collaborer pour trouver un plan de gestion durable en s'appuyant sur des instruments de gestion.

La deuxième partie du prototype visait à mettre en débat la répartition des rôles et des responsabilités concernant ce modèle de gestion. Les joueurs discutaient du processus décisionnel, déterminant qui fait quoi et quand, pour mettre en place ces instruments. Nous avons testé ce premier prototype avec des étudiants et des encadrants de stage. Un constat important en est ressorti : le joueur incarnant le rôle de l'administration était moins impliqué dans l'action que les autres joueurs, ce qui risquait d'entraîner de l'ennui. Suite à cela, nous avons décidé qu'un des facilitateurs prendrait en charge le rôle de l'administration plutôt qu'un participant.

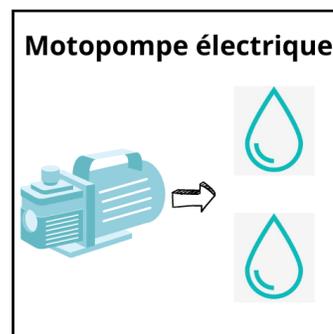
### **Prototype 2: Un jeu sur la gestion locale et son effet sur la ressource en eau souterraine**

Pour améliorer le jeu, nous avons abandonné la deuxième partie du premier prototype et nous nous sommes concentrés sur le développement de la première partie. Pour cela, nous avons

organisé un atelier de co-construction avec des responsables du Comité Régional de Développement Agricole (CRDA) et de l'arrondissement de l'eau à Gabès. Leurs commentaires constructifs sur la mécanique du jeu (rôles, actions, calibrage, etc.) et sur sa forme (matériel nécessaire) nous ont permis de progresser davantage dans la construction du jeu.

Pour approfondir notre connaissance des jeux sérieux, nous avons également réalisé des entretiens avec des chercheurs spécialisés dans la construction de jeux sérieux et des chercheurs experts en hydrogéologie. Leurs conseils et connaissances nous ont inspirés pour définir la forme et la représentation matérielle de la nappe dans notre jeu.

Grâce à l'atelier de co-construction (voir compte rendu en annexe 3) et aux entretiens avec les chercheurs, nous avons pu avancer considérablement dans le développement du jeu, ce qui nous a permis de créer le troisième prototype.



### **Prototype 3: Un jeu permettant de tester différents scénarios de gestion**

Le troisième prototype a bénéficié de nombreuses améliorations tant au niveau de la mécanique que de la forme du jeu. Nous avons procédé à trois autres tests, impliquant des étudiants et des chercheurs, qui ont mis en évidence quelques dysfonctionnements mineurs dans la mécanique du jeu. Par exemple, le GDA devenait riche facilement dans le jeu, ce qui ne correspondait pas à la réalité. Suite aux remarques des chercheurs, nous avons enrichi le rôle du GDA en introduisant des cartes événements qui étaient attribuées à chaque tour.

Un outil essentiel qui nous a fait gagner beaucoup de temps est l'Excel que nous avons développé pour nous aider à calibrer le jeu. Cette feuille de calcul contient les caractéristiques et les ressources de chaque joueur (en eau, argent, etc.), ainsi que les actions qu'ils peuvent entreprendre. Ces éléments sont liés par des fonctions mathématiques permettant de simuler leurs effets sur la nappe et le budget des joueurs. Grâce à cet outil, nous avons pu effectuer des tests informatisés sans avoir besoin de faire des sessions de test avec des participants à chaque fois.

Le développement de notre jeu sérieux a été un parcours enrichissant, passant par plusieurs itérations et améliorations successives. Grâce aux tests, à l'implication des acteurs du terrain et aux conseils des experts, nous avons réussi à créer un outil pertinent pour la gestion concertée des eaux souterraines, prêt à être appliqué sur le terrain avec des acteurs impliqués.

### 3. Méthodologie d'analyse des résultats

#### 3.1 Suivi et évaluation

Les fiches d'observation et de suivi pour les sessions de jeu sérieux ont été conçues en suivant le manuel d'observation des jeux sérieux de Hassenforder et al., (2020). Ces fiches fournissent un cadre structuré pour observer et analyser les interactions des joueurs pendant les sessions de jeu sérieux. Elles visent notamment à évaluer: le partage de connaissances, l'apprentissage, l'expression des valeurs, l'exploration de nouvelles stratégies individuelles et la stimulation de l'émergence de nouvelles organisations.

Les outils d'observation de la session de Jeu:

1- La fiche d'observation de la session (voir annexe 6) est un outil essentiel pour capturer et analyser les données pendant la session de jeu sérieux. Elle est divisée en encadrés distincts pour les données non verbales, verbales et les indicateurs.

a) Données non verbales : Cette section permet de noter les comportements non verbaux des joueurs tels que les gestes, les expressions faciales, les postures, etc. Ces éléments peuvent révéler des émotions, des signaux de communication non verbaux et des réactions vis-à-vis des événements du jeu.

b) Données verbales : Ici, on enregistre les échanges verbaux entre les joueurs pendant le jeu. Cela comprend les discussions stratégiques, les négociations, les questions osées et les réponses apportées, ainsi que les clarifications et les éclaircissements.

c) Indicateurs : Les indicateurs regroupent les mesures spécifiques liées aux objectifs de la session. Cela pourrait inclure des indicateurs de performance individuelle ou collective, des marqueurs de progression, des points clés à surveiller pour évaluer les résultats attendus, etc.

2- Fiche de Suivi des Actions des Joueurs (voir annexe 7): La fiche de suivi des actions des joueurs permet de consigner les actions spécifiques réalisées par chaque joueur à chaque tour de jeu. Cela permet de garder une trace des choix stratégiques et des décisions prises par les participants tout au long de la session.

Cette fiche offre également un moyen de suivre l'évolution des actions des joueurs au fil du temps, ce qui peut fournir des informations précieuses pour l'analyse rétrospective et l'évaluation de l'impact de différentes stratégies adoptées.

3- Fiche de débriefing (voir annexe 8): Le débriefing est une étape cruciale pour tirer des enseignements de la session de jeu sérieux. La fiche de débriefing est utilisée pour mener un examen et une analyse complète de ce qui s'est passé pendant la session.

Cette fiche facilite la réflexion et la discussion sur les sentiments, les événements et les résultats qui se sont produits. Les participants sont encouragés à partager leurs expériences, leurs apprentissages, leurs observations et à discuter des défis rencontrés ainsi que des solutions envisagées.

### **3.2 Collecte de données**

La méthodologie d'analyse des résultats adoptée dans cette étude s'appuie sur les données recueillies lors des sessions de jeu. Cette richesse d'informations est capturée à travers des fiches d'évaluation minutieusement remplies par les facilitateurs pendant chaque session. Ces fiches fournissent un aperçu détaillé des choix, des décisions et des perceptions individuelles et collectives tout au long du jeu. En parallèle, des enregistrements vidéo de chaque session ont été soigneusement transcrits en comptes rendus détaillés, permettant ainsi une rétrospective approfondie des interactions et des discussions qui ont eu lieu pendant le jeu.

Ces sources de données combinées constituent une base solide pour l'analyse des résultats et l'identification des conclusions. Pour éclairer davantage notre compréhension, des grilles d'analyse spécifiques ont été conçues (voir annexe 9 et 10) pour disséquer les actions individuelles, les choix stratégiques et les discussions collectives des participants. La première grille se focalise sur les actions individuelles entreprises lors des trois premiers tours du jeu. Cette analyse fine permet de saisir les stratégies et les priorités adoptées par chaque participant, éclairant ainsi leur impact sur l'évolution du jeu.

La deuxième grille d'analyse se concentre sur les choix d'instruments, les combinaisons d'instruments sélectionnés et les discussions collectives ayant eu lieu pendant les deux derniers tours du jeu. Cette analyse spécifique explore les dynamiques de groupe et les

stratégies collaboratives développées pour faire face aux défis de gestion de l'eau souterraine.

En somme, la méthodologie d'analyse adoptée vise à tirer parti de la diversité des données recueillies lors des sessions de jeu pour examiner en profondeur les choix, les stratégies et les discussions des participants.

#### **4. Conclusion**

En somme, ce chapitre méthodologie a été le fruit d'une démarche rigoureuse et progressive visant à concevoir un jeu sérieux en vue d'explorer et de susciter un dialogue éclairé autour de la gestion des ressources en eau souterraine. À travers une série d'activités soigneusement planifiées, nous avons construit le jeu "Ground-WAG-er".

Nous avons commencé par une revue exhaustive de la littérature scientifique et grise, scrutant les arcanes de la gouvernance et de la gestion de l'eau en Tunisie. Cette démarche nous a permis d'identifier les acteurs clés et de cartographier leur rôle dans la gestion des ressources en eau. En parallèle, une exploration des jeux sérieux existants dans le domaine nous a éclairés sur leurs objectifs et leurs approches.

L'étape suivante a impliqué des entretiens approfondis avec les acteurs engagés dans la GRES. Ces interactions ont permis de cataloguer les instruments de gestion actuellement en place dans les zones d'étude, ainsi que les alternatives perçues par les acteurs en accord avec leur contexte spécifique. L'identification de ces instruments a été structurée selon une classification minutieuse pour mieux appréhender leur pertinence et leur acceptabilité.

Le passage suivant a consisté à sonder la littérature afin d'obtenir une vue d'ensemble des instruments de GRES utilisés à l'échelle internationale. Cette étape a nourri notre compréhension des diverses approches adoptées ailleurs dans le monde pour la gestion des ressources en eau.

L'élaboration du prototype du jeu a constitué une étape cruciale. Ce processus itératif a inclus une série de tests et d'ajustements visant à créer une première version du jeu, qui a ensuite été améliorée au fil de cinq sessions de test et de deux entretiens avec des experts en hydrologie et en conception de jeux sérieux. Ces retours nous ont permis d'aboutir à un jeu finalisé, prêt à être testé sur le terrain.

En parallèle, nous avons préparé le terrain en participant à des visites dans différentes régions pour identifier les zones propices à l'application du jeu. Les sessions de jeu ont finalement été organisées dans diverses localités, allant de Bsissi à Gabès, en passant par El Haouaria et

Zaghouan. Cette démarche méthodique a pavé la voie pour répondre de manière éclairée et rigoureuse à nos questions de recherche en exploitant le potentiel unique du jeu sérieux “Ground-WAG-er” pour engager les acteurs locaux et enrichir le dialogue sur la gestion des eaux souterraines.

## Chapitre 4: Jeu finalisé

### 1. Présentation générale

Ground-WAG-er est un jeu sérieux et spécifiquement un jeu de rôle permettant de débattre et d'expérimenter collectivement différents instruments de gestion des eaux souterraines.

L'objectif de Ground-WAG-er est de:

- Présenter différents instruments de gestion des eaux souterraines possibles, inspirés de modèles<sup>4</sup> de gestion durable actuellement en place à travers le monde.
- Permettre aux acteurs concernés de débattre et de tester différents scénarios (= ensemble d'instruments) de gestion possibles.

### 2. Déroulement

Le jeu se présente sous la forme d'un plateau représentant un territoire fictif composé de parcelles agricoles gérées par des agriculteurs privés et un collectif d'usagers.

Un premier temps de la simulation permet aux exploitants de mettre en place des actions individuelles (approfondissement de forage, choix de culture...).

Dans un second temps, en simulant une situation de rareté de l'eau, le jeu incite les utilisateurs à collaborer pour explorer des instruments de gestion plus durables (allocation d'un quota d'eau fixe, création d'un forage collectif privé...)

Dans un troisième temps, les acteurs peuvent visualiser et débattre des impacts des instruments et scénarios testés sur l'évolution du niveau piézométrique de la nappe.

Ces trois étapes se déroulent pendant 5 tours de jeu (un tour représente une année de culture) pendant lesquels les joueurs suivent le déroulement suivant:

- Un point météo: Chaque tour commence par une annonce de la météo (année pluvieuse, année de sécheresse, etc.) de l'année en cours. Cette information indique de façon indirecte s'il y a une bonne recharge de la nappe ou non.

---

<sup>4</sup> Comme définie par Etienne (2010), un modèle est une vision partagée d'un problème, construite par diverses parties prenantes.

- Prélèvement de l'eau potable et des industries: Après le point météo le facilitateur<sup>5</sup> prélève de la nappe une quantité d'eau destinée aux usages non agricoles et qui représente 20% du total des prélèvements (comme dans le cas Tunisien).
- De nouvelles activités disponibles: Chaque tour le facilitateur annonce la disponibilité de nouvelles activités qui permettent aux joueurs<sup>6</sup> de faire de nouveaux choix concernant leurs systèmes.
- Prélèvement de l'eau: Chaque joueur, selon leurs ordres du jeu, prélève une quantité d'eau souterraine en fonction des besoins de son système.
- Paiement des coûts d'énergie de pompage: les joueurs vont payer les coûts de prélèvements en fonction de la profondeur du pompage.
- Réception des revenus: La satisfaction des besoins en eau génère des revenus qui dépendent de la taille de l'exploitation et du type de cultures.
- Assemblée générale: A la fin de chaque tour, le facilitateur fait un court débriefing pour discuter avec les joueurs de leur satisfaction ou non en fonction de leur situation (en termes d'argent et accès à l'eau, l'état de la nappe, etc.)
- Un temps de débriefing<sup>7</sup> à la fin de la session afin que:
  - Les joueurs partagent leurs expériences de jeu, éprouvant parfois seul ou en groupe avec d'autres membres du collectif ;
  - Le facilitateur aide les participants à trouver de nouvelles pistes de réflexion ou de solutions en faisant le lien entre jeu et situation réelle.

Pendant le temps du jeu, des fiches de déroulé sont collées au mur à chaque tour afin de faciliter le suivi des étapes (voir annexe 4).

### **3. Place des instruments de gestion dans le jeu**

Les tours 4 et 5 constituent le cœur de notre jeu, où les participants se rassemblent en un collectif d'usagers de la nappe pour choisir collectivement de nouvelles règles. Ces règles sont inspirées des instruments de gestion présentés dans le jeu sous forme de 10 cartes différentes (voir Annexe 5). Les joueurs débattent de la pertinence de ces cartes

---

<sup>5</sup> Le facilitateur est la personne qui donne vie au jeu, explique les règles du jeu, organise les rencontres, facilite le dialogue et entretient l'ambiance du jeu. Il est le "maître du jeu" (Hassenforder *et al.*, 2020)

<sup>6</sup> Les joueurs sont les participants à la session qui sont actifs durant les tours de jeu

<sup>7</sup> Le débriefing est la période désignée au cours de laquelle un examen et une analyse complets ont lieu. Il sert d'occasion de réflexion et de discussion sur les événements et les résultats qui se sont produits (Hassenforder *et al.*, 2020).

afin de sélectionner, de manière concertée, 3 cartes qui seront appliquées dès le 4ème tour.

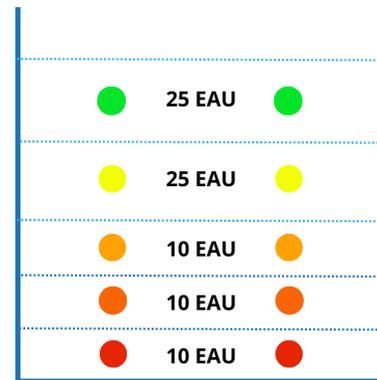
#### 4. Composantes

##### Les ressources

Deux ressources principales sont présentes dans le jeu, l'eau (représentée par des billes bleues) et l'argent (représenté par des billes jaunes). Les actions et les choix des joueurs dépendent de ces deux ressources.

##### La nappe

La nappe est la seule source d'eau dans notre jeu. Elle est représentée par une boîte compartimentée en 5 paliers représentant 5 profondeurs de la nappe. Chaque palier comprend un nombre précis de billes bleues (eau).



##### Le plateau de jeu

##### Caractéristique quantitative de la nappe

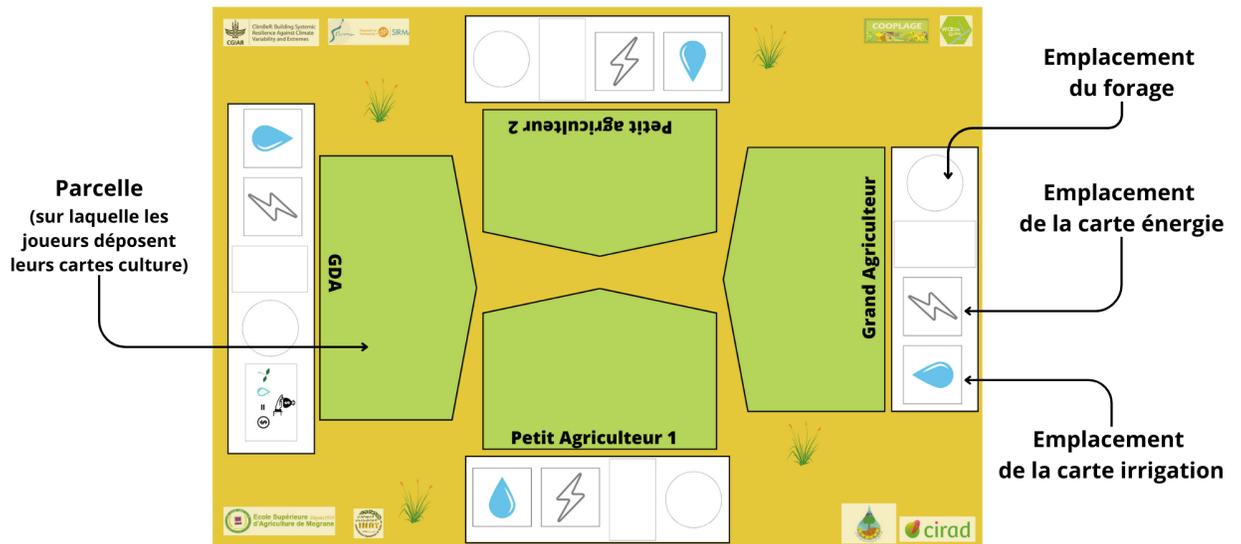


Image 5: Le plateau de jeu

Le jeu se déroule autour d'un plateau physique représentant un territoire fictif et sur lequel il existe des parcelles agricoles gérées par des usagers de la nappe.

### Les forages

Chaque joueur possède un forage privé qui lui permet d'accéder à une certaine profondeur dans la nappe. Le forage est présenté par un bout de pâte à modeler qui respecte le même code couleur que les paliers de la nappe. Par exemple si le forage est jaune, ce dernier peut atteindre le palier 2 (le jaune). De plus, sur chaque forage on trouve une punaise blanche si le forage est autorisé ou une punaise rouge s'il est illicite.

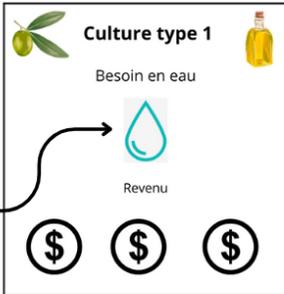
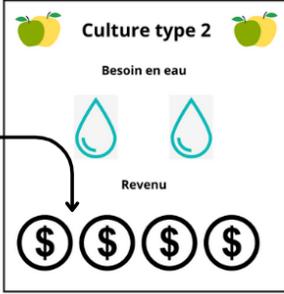
Pour chaque palier il existe un coût de pompage (sauf si le joueur possède des panneaux photovoltaïques). Les coûts sont en fonction de la profondeur du prélèvement.

Coût d'énergie	
Profondeur	\$
	3
	4
	5
	7
	8

### Les cartes

#### Les cartes culture:

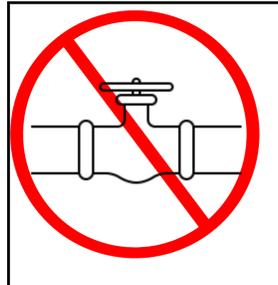
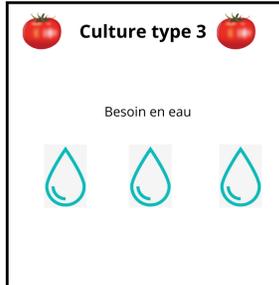
Chaque carte culture représente un assolement de culture donné. Pour rester générique, les cartes étaient représentatives de 3 types d'exploitation numérotées de 1 à 3. Les cultures de type 1 représentent des cultures peu consommatrices en eau (exemple l'olivier)  
 Les cultures de type 2 représentent des cultures moyennement consommatrices en eau  
 Les cultures de type 3 représentent des cultures très consommatrices

	recto	verso
Emplacement des billes bleues  Le revenu que ça génère en billes jaunes		
		
		

en eau (exemple cultures maraîchères)

Chaque agriculteur possède 2 à 3 cartes cultures au début du jeu.

Le GDA par contre n'aura pas le droit de faire ces actions mais il peut aussi tourner ses



cartes cultures pour annoncer la non vente de l'eau à cet exploitant. De plus, le GDA ne tire pas un revenu des cartes cultures mais de la vente de l'eau. Chaque goutte vendu aux parcelles des agriculteurs adhérents lui génère une bille jaune (une unité d'argent).

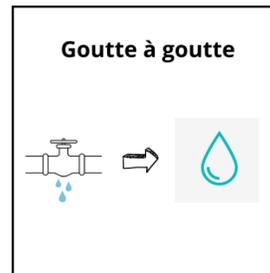
### Les cartes irrigation:

Les gouttes sur les cartes irrigation représentent des pertes en eau associées à la technique d'irrigation.

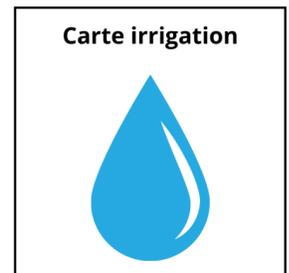
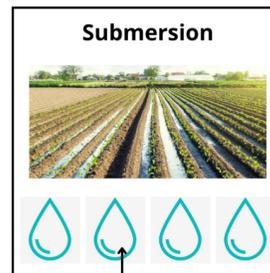
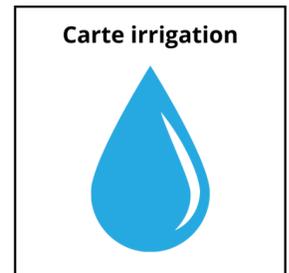


Le GDA ne possède pas une carte irrigation comme les agriculteurs mais il a une carte réseau d'irrigation.

### recto



### verso



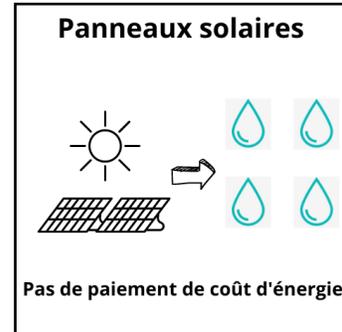
Emplacement des billes bleues

## Les cartes énergie:

Chaque joueur possède une carte énergie sur laquelle il a des informations sur le type d'énergie utilisé pour pomper l'eau de la nappe et les pertes en eau causées par cette technique. Si un joueur a une carte "Panneaux solaires", il ne paie pas les coûts d'énergie de pompage.

Pour la carte "Motopompe électrique", le joueur va consommer 2 gouttes supplémentaires aux besoins d'eau de ces cultures. Ces pertes peuvent être associées à des raisons comme les fuites d'eau, le non-respect du temps d'irrigation; etc.

De même pour la carte "Panneaux solaires", une perte de 4 gouttes est associée à cette technique pour des raisons comme l'évaporation associée à l'irrigation pendant le jour, le coût non variable de la consommation d'énergie, etc.



## Autres cartes

### Nouvelle activité: Les choix liés aux assolements

Pendant le tour 2, les agriculteurs ont le choix de garder les mêmes cultures, de changer pour d'autres cultures (colonne de gauche sur le schéma ci-contre), d'augmenter ou de diminuer le nombre de cartes parcelles (colonne du milieu sur le schéma ci-contre). A chaque tour, ils ont également la possibilité de tourner la carte

\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$	
\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$	
\$ \$ \$ \$	\$ \$ \$ \$	



car il bénéficie des subventions de l'administration.

### Achat de l'eau du GDA

Dans le jeu, le GDA a le droit de vendre de l'eau aux agriculteurs qui ne peuvent plus accéder à l'eau dans la nappe par leurs forages privés. Les prix de vente de l'eau sont moins chers pour les agriculteurs qui sont adhérents du GDA.

Quantité EAU	💰 abonné	💰 NON abonné
	1	3
	2	4
	3	5
	4	6
....	....	....

### Les cartes événement pour le GDA

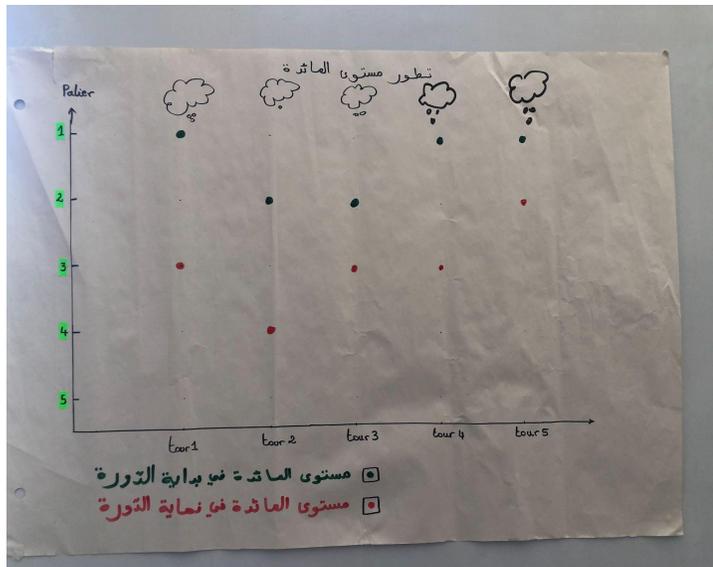
A chaque tour, le GDA reçoit une des trois cartes événements suivantes:

  <p><b>Restriction de la part de l'administration</b></p> <p>Pas d'approvisionnement en eau pour les cultures de type 3</p>   	  <p><b>Frais de maintenance dû à une fuite ! Payez</b></p>      	  <p><b>Subvention de l'administration ! Recevez</b></p>     
--	--	--

### Le graphique de suivi

Ce graphique est affiché à la vue de tous les participants pendant la session de jeu. Il permet de suivre: 1) quel a été le rabattement de la nappe à chaque tour suite aux prélèvements des joueurs (nombre de paliers) 2) l'évolution de la piézométrie de la nappe au fil des tours.

A chaque fois que le facilitateur annonce le point météo, il donne une idée sur la quantité de recharge de la nappe ensuite il marque le palier de départ du tour (si par exemple le tour commence au palier 2, ça veut dire qu'il y a plus de billes bleues (eau) dans le premier palier de la nappe). Puis, il annonce le palier atteint après les prélèvements en fin de tour. Ce graphique aide à discuter l'état de la nappe et l'effet des actions sur cette dernière.



## 5. Les rôles

Dans Ground-WAG-er, il existe 4 rôles distincts:

### 1- Un grand agriculteur privé

Un grand agriculteur est caractérisé par une taille plus grande de l'exploitation (plus d'assolement), une capacité plus grande d'investissement ainsi qu'un forage profond.

### 2- Un petit agriculteur privé

Un petit agriculteur est caractérisé par une petite exploitation (généralement maraîchage et/ou arboriculture), un forage peu profond et une grande dépendance à l'irrigation.

### 3- Un petit agriculteur mixte

Le petit agriculteur mixte (PA1) se distingue par sa capacité à acheter de l'eau à un prix bas en tant que membre adhérent du GDA (Groupement de Développement Agricole). En réalité, deux scénarios peuvent se présenter. Dans le premier cas, le petit agriculteur mixte possède des parcelles à la fois dans le PPI (Périmètre de Protection des Installations) et en dehors du PPI. Par conséquent, il possède un forage privé en dehors du PPI et utilise l'eau du GDA pour irriguer ses parcelles situées dans le PPI.

Dans le deuxième cas, le petit agriculteur mixte est membre adhérent du GDA tout en ayant un forage privé situé dans le PPI. Dans cette situation, l'utilisation du forage privé est strictement illégale.

### 4- Un GDA

Ce rôle est joué en tant que représentant d'un groupement d'agriculteurs adhérents dans un GDA. Il se différencie des autres rôles par son forage très profond, son objectif qui est la vente de l'eau et ses activités.

Au début du jeu, chaque participant possède ses propres caractéristiques prédéfinies, qu'il sera autorisé à modifier à partir du deuxième tour (Tableau 5).

Tableau 5: Les caractéristiques initiales de chaque rôles dans le jeu

	<b>GDA</b>	<b>GA</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>
<b>Caractéristiques initiales</b>				
<b>Capacité de palier max du forage</b>	Palier 4	Palier 3	Palier 2	Palier 2
<b>Cultures</b>	*Catégorie 3 (x1) *Catégorie 2 (x1) *Catégorie 1 (x1)	*Catégorie 1 (x1) *Catégorie 2 (x2)	*Catégorie 3 (x1) *Catégorie 2 (x1)	*Catégorie 1 (x1) *Catégorie 2 (x1)
<b>Energie</b>	Electrique	Electrique	Electrique	Electrique
<b>Mode d'irrigation</b>	Réseau d'irrigation	Submersion	Submersion	Submersion
<b>Besoin en eau théorique (en billes bleues)</b>	6	5	5	3

<b>Besoin en eau réel (énergie+irrig) (en billes bleues)</b>	9	11	11	9
<b>Bilan individuel tour 1 (en billes bleues)</b>	9	11	11	9
<b>Argent de départ (en billes jaunes)</b>	4	6	7	7

## **Chapitre 5: Choix des terrains**

### **1. Critères de choix des terrains d'étude**

Dans son mémoire de fin de master réalisé dans le cadre du projet C4S Groundwater, Imen Dhahri (2023) a identifié 17 conditions favorables à un dialogue sur la gouvernance locale concertée des eaux souterraines, scindées en 3 familles:

- 1) Les conditions liées aux ressources en eau (taille de la nappe, situation de la ressource en eau souterraine, nature hydrologique de la nappe)
- 2) Les conditions relatives aux acteurs concernés et à leurs interactions (reconnaissance de la problématique, désaccords, volonté de dialogue, etc.)
- 3) Les conditions liées au cadre institutionnel, qui englobe à la fois les structures et les règles de gouvernance formelles et informelles.

Suite à ces critères de choix, mes encadrants de stage ont identifié trois terrains potentiels pour appliquer le jeu développé.

Dans son mémoire de fin d'études "Identification des conditions favorables à un dialogue sur la gouvernance locale concertée des eaux souterraines", (Dhahri, 2023) a identifié 3 catégories de critères

- 1) Caractéristiques des conditions liées aux ressources en eau (taille de la nappe, situation de la ressource en eau souterraine, nature hydrologique de la nappe)
- 2) Les facteurs relatifs aux acteurs impliqués et à leurs interactions (reconnaissance de la problématique, désaccords, volonté de dialogue, etc.)
- 3) L'influence du cadre institutionnel, qui englobe à la fois les structures et les règles de gouvernance formelles et informelles.

Suite à ces critères de choix, mes encadrants de stage ont identifié trois terrains potentiels pour appliquer le jeu développé.

### **2. La nappe de Gabès Sud**

Situé dans la région sud-est de la Tunisie, le gouvernorat de Gabès a toujours occupé une place importante sur la route vers les territoires du sud. Sa situation côtière avantageuse et sa proximité avec le golfe de Gabès ont joué un rôle crucial à la fois dans

l'organisation spatiale et le progrès économique. D'une superficie de 7166 km<sup>2</sup>, le gouvernorat de Gabès constitue 4,4% du territoire tunisien total.

Le gouvernorat de Gabès est connu pour sa situation côtière et sa proximité avec la mer Méditerranée. Cette région connaît un climat aride, avec des variations influencées par la mer le long de la côte et les conditions continentales de l'intérieur. Elle peut être divisée en deux zones bioclimatiques : la région côtière moyennement aride et les zones situées à une vingtaine de kilomètres de la mer, qui présentent différentes variations d'aridité, y compris une aridité plus faible et des conditions sahariennes plus à l'intérieur. Les précipitations annuelles varient de 100 à 220 mm. La répartition des précipitations dans la région est principalement influencée par la topographie, avec une certaine contribution du climat continental.

Les ressources en eau souterraines estimées dans le gouvernorat de Gabès s'élèvent à 156.6 millions de mètres cubes, la majorité étant située dans les aquifères profonds (DGRE, 2020). La sécheresse du climat, la nature imprévisible des précipitations et la vulnérabilité des ressources en sols et de la végétation sont autant de facteurs inhérents qui ont considérablement influencé les conditions environnementales et accru leur susceptibilité à l'impact humain. Les frontières de l'agriculture extensive ont entraîné la culture de sols délicats, l'utilisation excessive des pâturages et l'éradication des rares buissons et arbustes indigènes qui luttent pour survivre.

Bien qu'il y ait eu une diminution du pourcentage de personnes travaillant dans l'agriculture, ce secteur joue toujours un rôle crucial dans l'économie de Gabès. Malgré les défis posés par le milieu naturel, notamment le climat sec qui limite l'agriculture sèche et confine les activités agricoles à de petites surfaces, l'agriculture reste importante. En effet, l'élevage extensif sur de vastes pâturages constitue souvent la seule source de revenus pour de nombreuses communautés.

## **Les ressources en eau souterraine**

### **Les nappes phréatiques**

Selon le répertoire 2020 sur l'utilisation des eaux souterraines, le gouvernorat de Gabès comprend plusieurs réservoirs d'eau souterraine, avec des degrés d'importance variables parmi les aquifères distincts. Il existe plusieurs nappes phréatiques à Gabès, à savoir la

nappe Nord Gabès, la nappe Sud Gabès, la nappe El Hamma Chenchou, la nappe Matmatas, la nappe Menzel Habib, la nappe El Bhaeir et la nappe Chareb Soukra Bouloufa (CRDA, 2020; cité par Chrii, (2022)).

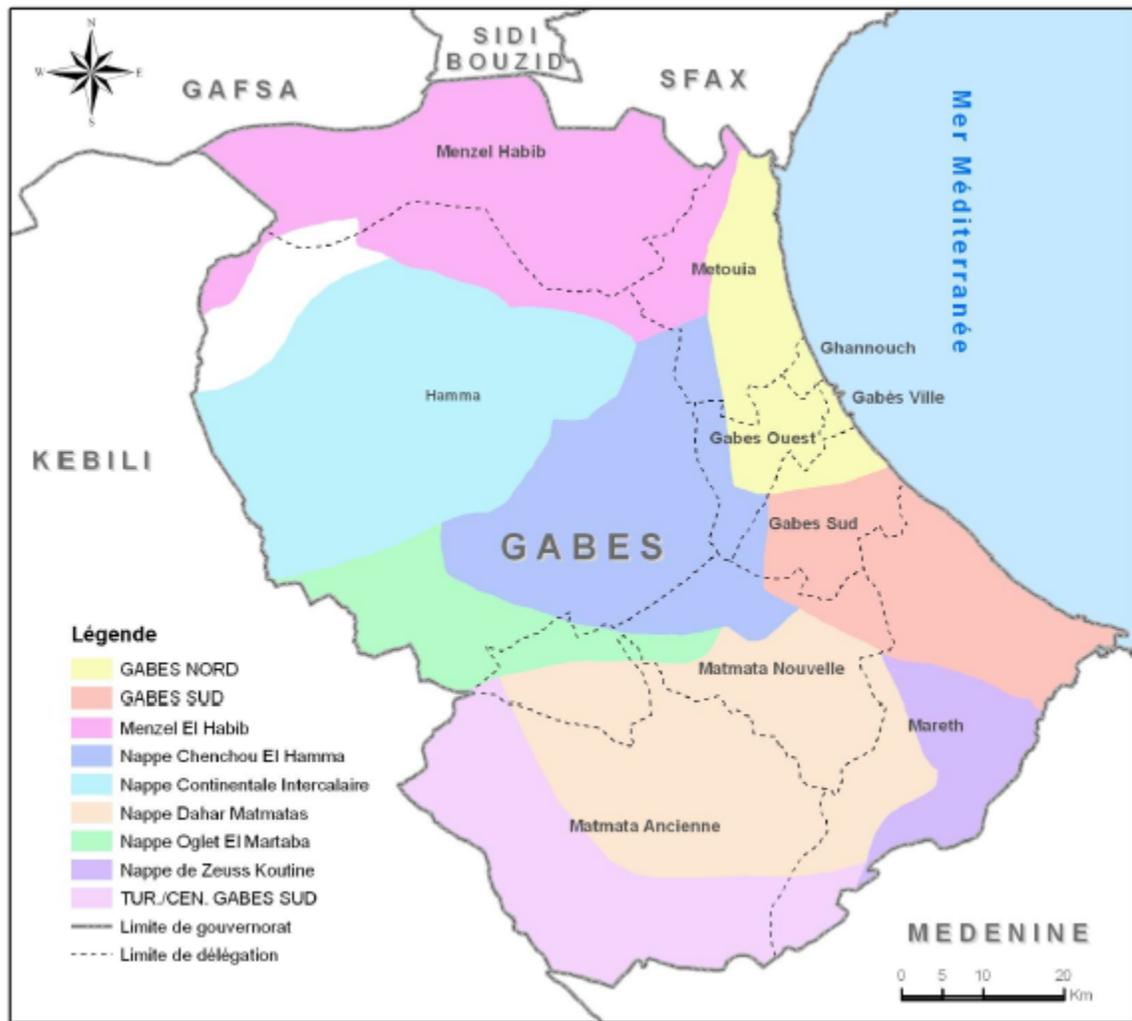


Figure 14: Carte de la répartition géographique des nappes phréatiques dans le gouvernorat de Gabès

Source: (Ministère du transport et de l'équipement, 2011)

### Les nappes profondes

Le gouvernorat de Gabès est riche en ressources en eaux profondes, qui sont de plus en plus exploitées. L'exploitation de ces aquifères se fait par des sources, des pompages et des écoulements artésiens.

Par le biais de 381 forages, quatre aquifères profonds sont exploités dans la région:

- Le système aquifère de Djefara sur la plaine côtière est divisé en trois grands aquifères avec une ressource estimée à 3648 l/s
- Le système aquifère continental Intercalaire développé dans la zone de Chott El Fejej, faisant partie du SASS, a une ressource estimée à 1078 l/s.
- Le système aquifère Toulonien Matmata est distribué dans les Montagnes Mate Mata et sa ressource est estimée à 190 L/s.
- Le système aquifère du Crétacé de Sidi Mansour est distribué dans la zone de Menzel El Habib et sa ressource est estimée à 22 l/s.

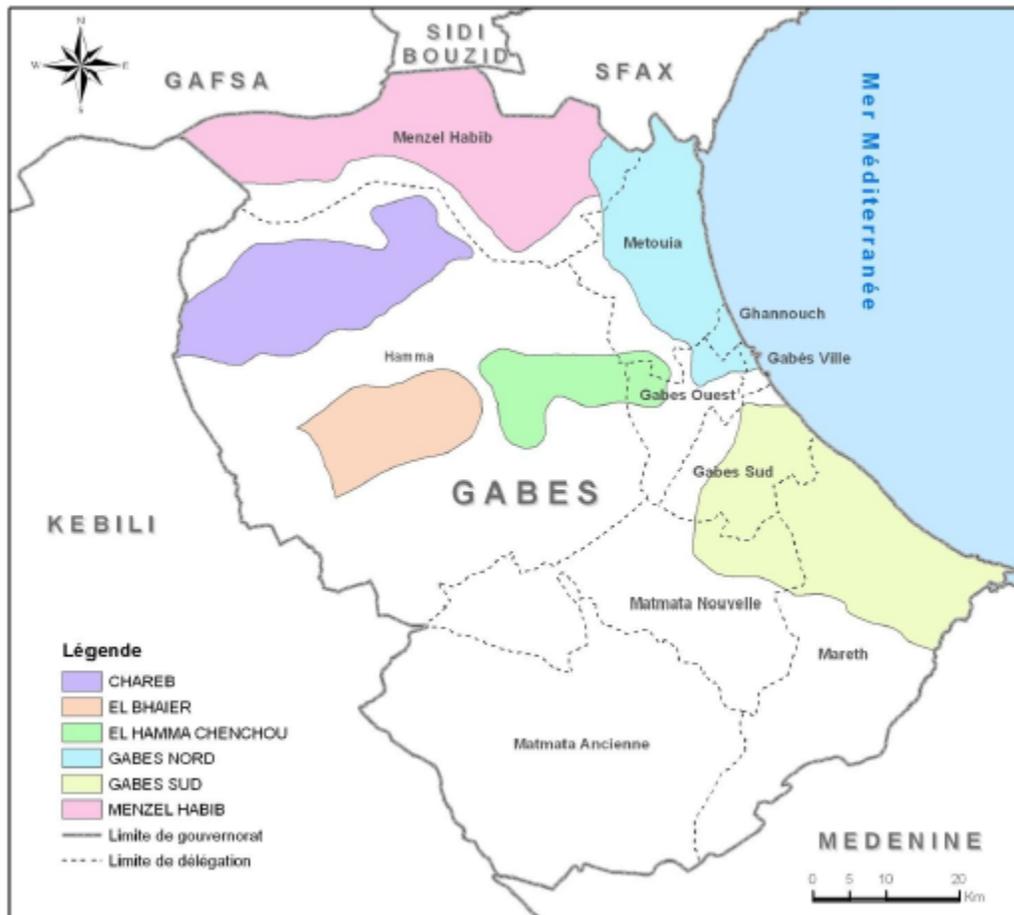


Figure 15: Carte de la répartition géographique des nappes profondes dans le gouvernorat de Gabès

Source: (Ministère du transport et de l'équipement, 2011)

### **Zone d'étude (Limaoua - Gabès Sud)**

Située sur la côte sud-est, la nappe de Gabès Sud s'étend sur trois districts administratifs: Gabès Sud, Matmata Nouvelle et Mareth. L'aquifère a la particularité d'être le réservoir d'eau souterraine le plus grand et le plus exploité. Un chiffre stupéfiant de 49 millions de mètres cubes a été extrait de ses réserves, qui s'élevaient initialement à 36 millions de mètres cubes (CRDA, 2019, cité par Chrii, 2022). Cette dernière décennie, la région de Limaoua a connu une augmentation du nombre des exploitations et elle est devenue attractive grâce aux activités agricoles (essentiellement des cultures maraîchères et arboricoles) et aux investissements. Le 25 décembre 2017, le Gouvernement a pris le décret n° 2017-1401 portant création d'une zone de sauvegarde des ressources hydrauliques de la nappe sud de Gabès, plus précisément la région «Kittana - Limawa - El Medou - Matmata».

Le projet C4S se concentre sur le développement de la zone de Limaoua, où il vise à créer un nouveau GDA. Depuis deux ans, l'équipe du projet s'engage activement dans une démarche participative afin d'accompagner la mise en place de ce nouveau GDA. Durant mon stage, on a réalisé 4 visites de terrain de Gabès, 6 entretiens avec des acteurs locaux impliqués dans la gestion des ressources en eau souterraine, un atelier de co-construction de jeu, un test avec des étudiants stagiaires au CRDA et trois sessions de jeu.

### **3. La nappe d'El Haouaria, Nabeul**

La zone géographique de la plaine de Haouaria est située au nord-est du Cap Bon et s'étend sur une superficie totale de 14 350 hectares dans le gouvernorat de Nabeul. Cette dépression est entourée par la mer Méditerranée sur ses deux côtés et est délimitée par les forêts de Dar Chichou sur l'axe NW/SE, ainsi que le Jbel Haouaria. En se

référant à la définition administrative, les deux délégations de Haouaria et Hammam el-Ghezaz peuvent être qualifiées comme mentionnées précédemment (Figure 16).

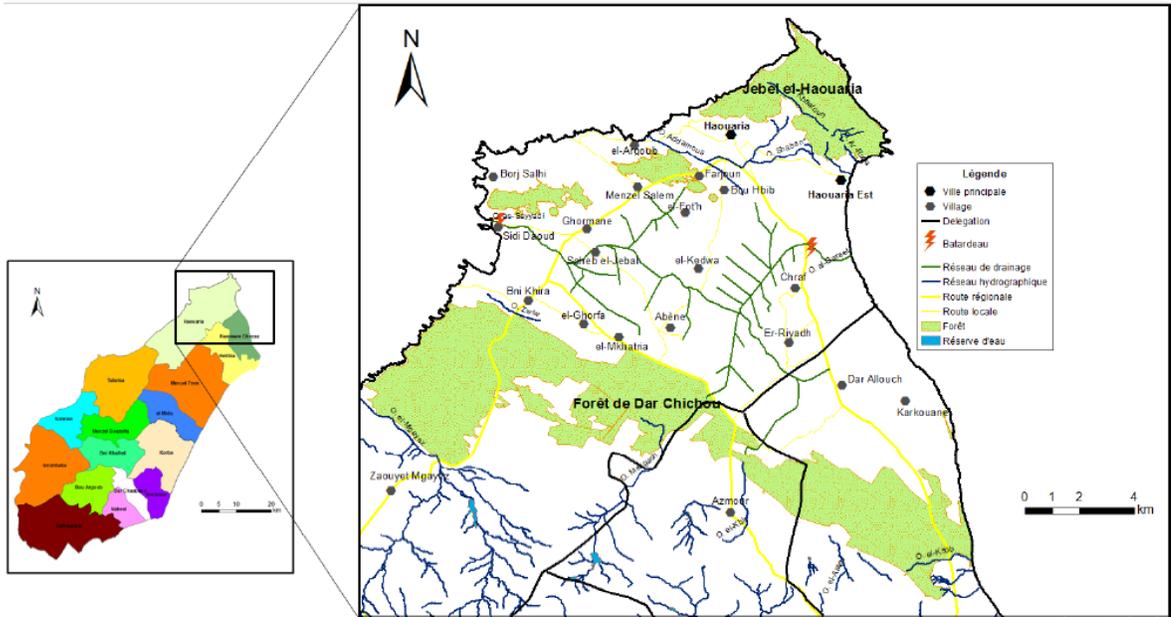


Figure 16: Carte de localisation de la plaine d' El Haouaria (Ghazouani et Mekki, 2016)

La plaine de Haouaria bénéficie de sa position géographique qui lui confère un climat favorable à plusieurs égards. Les températures sont douces et les précipitations importantes, bien qu'irrégulières. De plus, la région connaît des vents forts et fréquents. Le climat de la plaine relève de la catégorie méditerranéenne, appartenant spécifiquement à l'étage bioclimatique subhumide supérieur. Les hivers sont doux et il y a une différence notable de température entre le jour et la nuit.

## Ressources en eau souterraine

### La nappe phréatique

La nappe phréatique présente un écoulement directionnel, coulant d'ouest en est le long de la côte est et d'est en ouest le long de la côte ouest. La recharge de cet aquifère souterrain est principalement facilitée par la faille d'Azmour au sud, datant de l'ère miocène. De plus, la forêt de Dar Chichou et les montagnes du nord Haouaria contribuent à cet approvisionnement en eau par l'infiltration des sables dunaires. Ces

deux sources d'eau convergent au Garaet el-Haouaria. Notamment, le niveau hydrostatique du Garaet est à proximité immédiate de la surface, ce qui se traduit par une importante surface d'évaporation s'étendant sur 825 hectares. Par conséquent, la concentration de sels dans le Garaet est particulièrement élevée.

Il y a environ 5 330 puits de surface qui ont été creusés dans la nappe phréatique. Parmi ceux-ci, environ 4 500 puits sont équipés d'une pompe pour l'extraction de l'eau. La nappe phréatique elle-même fournit une ressource renouvelable de 33 Mm<sup>3</sup>/an, avec des niveaux de salinité variant de 1,5 à 5 g/l et une salinité moyenne de 3,25 g/l. Cependant, il est important de noter que cet aquifère est l'un des plus surexploités puisque son taux d'exploitation se situe actuellement à 182%. (Ghazouani et Mekki, 2016).

### **La nappe profonde**

La vaste source d'eau souterraine connue sous le nom de l'aquifère profond est contenue dans les dépôts marins du Pliocène, en particulier les formations d'Astien et de Plaisancien. Ces gisements sont constitués de sables jaunes et de mélasse et peuvent atteindre une profondeur allant jusqu'à 350 mètres. Dans la zone de Dar Chichou, la nappe phréatique est particulièrement épaisse. Semblable à la nappe phréatique, l'aquifère profond est principalement alimenté par l'importante ligne de faille connue sous le nom d'Azmour, située à côté de la forêt. Cette nappe fournit une ressource renouvelable de 5,2 millions de mètres cubes par an, avec une salinité allant de 0,4 à 5,2 grammes par litre, avec une moyenne de 2,8 grammes par litre. Cet aquifère est accessible par 55 forages, avec un taux d'utilisation de 77 %. Parmi ces forages, 42% sont utilisés pour l'approvisionnement en eau potable, 7% à des fins industrielles et 51% pour l'irrigation. Par ailleurs, le nombre de forages a été multiplié par 7,9, et le prélèvement annuel a été multiplié par 4,3 entre 1975 et 2006, entraînant une baisse annuelle moyenne de 1 à 2 mètres. La baisse la plus importante du niveau piézométrique, de l'ordre de 10 mètres par rapport à 1971, est observée dans le secteur de Dar Allouch et Dar Chichou (Ben Hamouda, 2008).

### **Activités agricoles**

Le maraîchage représente environ 95% des surfaces irriguées, les 5% restants étant dédiés à l'arboriculture fruitière et à l'olivier. Néanmoins, en ce qui concerne les cultures pluviales, les cultures de plein champ ont la priorité, représentant 92 % du total. Par ailleurs, au cours des années 1990, la culture de la tomate occupait environ la moitié des surfaces irriguées. Cependant, au fil du temps, il y a eu une diminution progressive de la culture de la tomate, remplacée par des épices telles que le carvi et la coriandre, les arachides et les pommes de terre.

Pendant mon stage, la zone de Haouaria été le terrain d'étude initial. J'ai effectué deux visites sur place pour me familiariser avec ses caractéristiques et ses problématiques. Ces visites ont été l'occasion de mener des entretiens avec des membres du GDA et de la CTV Chraf.

En outre, dans le cadre du projet Massire, j'ai eu l'opportunité d'accompagner des acteurs de la gestion de l'eau du sud lors d'une visite sur le terrain de Haouaria. Cette visite avait pour but de s'inspirer de la gestion des eaux souterraines mise en place par les GDA de Haouaria.

Enfin, j'ai également mené une session de jeu impliquant des agriculteurs et des membres des GDA Dar Chichou et Abène, ce qui a enrichi ma compréhension du contexte local et des enjeux auxquels ces groupements sont confrontés.

#### **4. La nappe de El Fahs, Zaghouan**

Situé dans la partie nord-est de la Tunisie, le gouvernorat de Zaghouan englobe une superficie totale de 282 000 hectares, soit l'équivalent de 1,8 % de l'ensemble du territoire du pays. Il partage des frontières avec les gouvernorats de Ben Arous et Ariana au nord, Kairouan au sud, Sousse et Nabeul à l'est, et Siliana et Béja à l'ouest. Le gouvernorat de Zaghouan connaît un climat méditerranéen, présentant deux sous-étages bioclimatiques distincts. Les régions du nord et du nord-est relèvent du sous-étage subhumide inférieur, tandis que les régions du sud et du sud-ouest ont un climat semi-aride inférieur. Les précipitations annuelles moyennes varient de 350 à 550 mm par an, avec des variations importantes d'une année à l'autre (Gharbi et Elloumi, 2023).

#### **Ressources en eau souterraine**

Bien que situé dans la région semi-aride de la Méditerranée, le gouvernorat de Zaghouan est riche en ressources hydrauliques. Ces ressources s'élèvent à un volume volumineux de 148 Mm<sup>3</sup> et sont constituées à la fois d'eaux de surface et d'eaux souterraines. En termes d'eau de surface, le volume total atteint 92 millions de m<sup>3</sup> et est exploité grâce à l'utilisation de trois grands barrages (à savoir, le barrage de Bir Mchergua, le barrage d'Oued Erremel et le barrage d'El Khirat) ainsi que 18 barrages plus petits situés à flanc de colline. Au niveau des nappes phréatiques, le gouvernorat de Zaghouan dispose au total de 12 nappes aquifères, soit une capacité collective de 55 Mm<sup>3</sup>. Ces aquifères peuvent être classés en deux catégories distinctes : les aquifères profonds et les eaux souterraines.

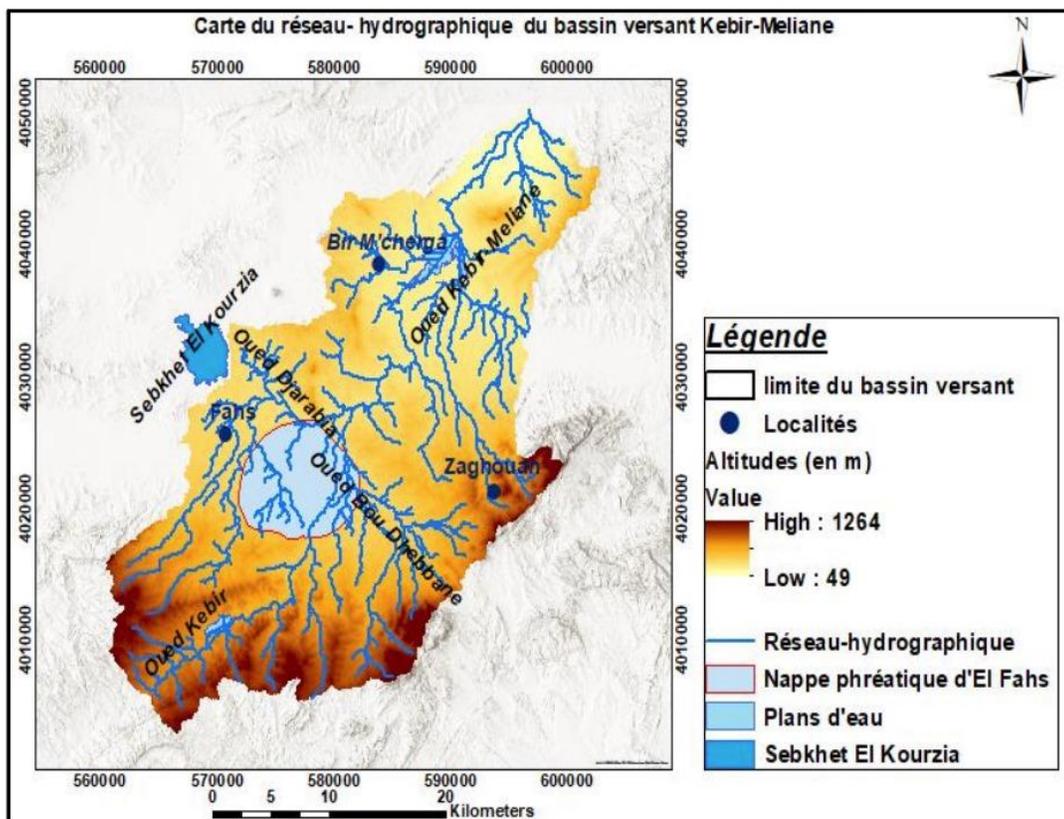


Figure 17: Carte du réseau hydrographique du bassin versant Kebir-Mednine et la nappe phréatique d'El Fais, Zaghouan (Chrigui, 2020)

### Spécificité de la zone d'El Fais

La zone d'El Fahs se présente comme un choix pertinent et riche en problématiques pour notre étude axé sur la gestion des ressources en eau souterraine. Plusieurs caractéristiques spécifiques rendent cette zone d'étude propice à une analyse approfondie.

Tout d'abord, l'une des caractéristiques majeures de cette région est la diminution excessive du niveau de la nappe souterraine, résultant d'une surexploitation de cette ressource.

Dans cette région, une zone de sauvegarde a été délimitée en 2009. Cette mesure indique que les autorités reconnaissent l'urgence de protéger la nappe et de réguler les usages pour éviter des conséquences plus graves.

La présence de cultures dominantes telles que le maraîchage, les légumineuses, les légumes à fleurs, les oliveraies en super intensif et les cultures arboricoles souligne l'importance de l'irrigation dans la région. Le fait que l'agriculture irriguée constitue le revenu principal met en évidence la dépendance des habitants à l'égard de la nappe souterraine pour leurs activités agricoles.

La zone d'El Fahs est confrontée à des usages variés de la nappe, notamment pour l'eau potable et l'irrigation. Cette dualité d'utilisation soulève des enjeux complexes quant à la répartition équitable et durable de la ressource entre les besoins domestiques et agricoles.

La présence de nombreux GDA et de Sociétés de Mise en Valeur de Domaines Agricoles (SMSA) à El Fahs indique que des acteurs organisés sont impliqués dans la gestion des ressources en eau. La vente d'eau par les GDA à la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux (SONEDE) montre également l'importance des acteurs locaux dans la fourniture d'eau pour les besoins en eau potable.

Le problème des forages illicites est un défi majeur dans la région. La nécessité pour la garde nationale d'intervenir avec des lacrymogènes lors du retrait de ces forages témoigne de la sensibilité et de l'ampleur du problème. Les agriculteurs expriment une forte préoccupation concernant la rareté de l'eau, ce qui indique un besoin urgent de solutions efficaces pour prévenir l'exploitation illégale et assurer une gestion durable de la nappe.

Un point essentiel découvert lors des entretiens est la présence de la Société de Mise en Valeur de Domaines Agricoles (SMVDA) El Amaïem, une entité de grande envergure avec des forages, certains légaux et d'autres non. La localisation de cette SMVDA sur la

zone de sauvegarde soulève des questions sur la compatibilité de ses activités avec la préservation de la nappe.

En conclusion, la zone d'El Fahs se révèle être un choix pertinent pour notre travail de recherche en raison de ses caractéristiques liées à la nappe souterraine, à l'existence d'une problématique de gestion des eaux souterraines et à l'influence du cadre institutionnel. La diminution anormale du niveau de la nappe due à la surexploitation, la délimitation d'une zone de sauvegarde, les usages variés de la nappe pour l'eau potable et l'irrigation, ainsi que la présence de structures et acteurs locaux organisés impliqués dans la gestion de l'eau, sont autant d'aspects cruciaux qui méritent une analyse approfondie pour contribuer à la mise en place de mesures de gestion durable des ressources en eau souterraine dans la région d'El Fahs.

## Chapitre 6: Résultats et discussion

### 1. Les sessions de jeu

Suite à la finalisation de la conception du jeu, nous avons orchestré des sessions de jeu in situ sur les terrains de Gabès (Limaoua), Haouaria (Dar Chichou) et Zaghouan (El Fahs). Ces sessions, d'une durée allant de 1h30 à 2h, ont rassemblé un groupe de participants variant entre 4 et 8 individus. Parmi les participants figuraient principalement des agriculteurs, qu'ils soient privés ou membres d'un Groupement de Développement Agricole (GDA), ainsi que des acteurs de l'administration tels que des techniciens, des ingénieurs, des chefs de services et des directeurs. Cette approche a permis de créer un espace d'échange où les différents acteurs locaux ont pu s'engager activement et collaborer autour du jeu.

Tableau 6: Les caractéristiques des sessions de jeu

Session de jeu	Caractéristiques générales de la session				
	Date	Durée totale de la session	Nombre de participants	Genre (H/F)	Type d'acteur
<b>Session 1: Limaoua 1</b>	15 juin	1h50	4	4 hommes	Tous agriculteurs mais en parallèle, trois exercent d'autres métiers : directeur de société ingénieur agronome; PDG
<b>Session 2: Limaoua 2</b>	22 juin	1h56	4	4 hommes	Agriculteurs membre d'un GDA public
<b>Session 3: CRDA administration Gabes</b>	22 juin	1h37	5	5 hommes	*Un chef arrondissement de PPI (GA) *Un chargé du service maintenance et équipement des forages (PA1) *Un chef de service CRDA (GDA) (ingénieur hydrogéologue) *Un chef de service (GDA) *Un ingénieur agronome (PA2)

<b>Session 4: Dar Chichou</b>	26 juin	2h00	8	1 femme 7 hommes	GDA public: un distributeur d'eau, une directrice et deux agriculteurs GDA privé: des agriculteurs
<b>Session 5: El Fahs</b>	14 juillet	1h40	8	2 femmes + 6 hommes	Agriculteurs privés + agricultrice technicienne supérieure de production animale + Responsable de la CTV d'El Fahs

## 2. Analyse des résultats

La partie des résultats repose sur les données collectées lors des sessions de jeu. Ces informations sont capturées sous forme de fiches d'évaluation, soigneusement remplies pendant chaque session par les facilitateurs et les observateurs. En parallèle, les enregistrements vidéo des sessions ont été transcrits en comptes rendus détaillés. Ces données riches en détails fournissent une base solide pour l'analyse et l'extraction des conclusions. Pour affiner notre analyse, deux grilles d'analyse des résultats ont été élaborées (annexe 9 et 10).

### 2.1 Les trois premiers tours (action individuelle)

Pendant les trois premiers tours du jeu, les participants ont pris des décisions individuelles en fonction de leur situation. Initialement, les choix des joueurs étaient basés sur leurs dotations en eau et en argent. Plus un joueur disposait d'argent, plus il était enclin à investir dans des éléments tels que l'énergie ou le matériel d'irrigation. D'ailleurs, une abondance d'eau ou/et d'argent poussait les joueurs à privilégier les actions d'investissement, comme l'acquisition de nouvelles parcelles ou l'installation de panneaux solaires, au lieu de focaliser sur les économies d'eau.

Un autre facteur influençant les décisions des participants en matière d'investissement, d'économie et de recherche de profit était leur ordre de jeu, qui déterminent leur accès à l'eau souterraine (les joueurs jouant en premier ont plus de chance de trouver des billes bleues dans la nappe que ceux qui jouent après). Les joueurs ayant l'opportunité de jouer en premier étaient moins enclins à investir dans du matériel d'irrigation goutte à

goutte en raison de la disponibilité initiale d'eau. Un joueur a d'ailleurs exprimé ce sentiment lors de la troisième session en déclarant : "Au début, j'envisageais d'investir dans le goutte à goutte, mais plus maintenant, car il y a déjà suffisamment d'eau et je suis le premier à jouer." En revanche, les participants jouant en dernier étaient davantage motivés à investir dans des panneaux solaires, une décision expliquée par les coûts plus élevés des prélèvements d'eau profonde.

Ainsi, ces éléments liés aux ressources en eau et en argent des participants ont exercé une influence notable sur leurs choix stratégiques pendant les premiers tours du jeu, reflétant leurs priorités et leurs stratégies pour maximiser leur profit tout en tenant compte de leurs contraintes et opportunités.

À la conclusion de chaque tour, une étape essentielle se déroule sous la supervision du facilitateur. Après avoir marqué les variations de la piézométrie de la nappe sur le graphique affiché, le facilitateur engage les participants dans une réflexion approfondie en leur posant une question fondamentale : "A votre avis, quelles raisons expliquent le rabattement de la nappe ?" Les réponses à cette question revêtent une importance significative pour la compréhension des participants et l'apprentissage collectif. En général, les réponses évoquées tournent souvent autour de la diminution de la recharge de la nappe, traduisant une compréhension commune selon laquelle le rabattement est causé par une insuffisance de la recharge naturelle.

Cependant, il est intéressant de noter qu'à l'occasion, des réponses moins courantes émergent, telles que "Le rabattement est dû à des pratiques non idéales" en se référant à l'adoption des cultures très consommatrices en eau ou l'utilisation de l'énergie solaire. Cette perspective moins conventionnelle reflète une prise de conscience parmi les participants des implications potentielles des pratiques de gestion sur la baisse du niveau de la nappe. Cette divergence dans les réponses souligne la variété des opinions et des perceptions au sein du groupe. En fin de compte, cette phase de réflexion encourage une compréhension approfondie des liens entre les choix individuels, les pratiques collectives et l'état de la nappe, renforçant ainsi l'impact pédagogique et la prise de conscience des enjeux de gestion des eaux souterraines.

## **2.2 Les deux derniers tours (action collective)**

### **2.2.1 Les combinaisons d'instruments testées dans le jeu**

Pendant toute la durée de la partie, les joueurs doivent garder leur casquette de joueur et sélectionner les instruments qu'ils estiment les plus pertinents en fonction de leur situation dans le jeu. Cette sélection d'instruments doit adresser les problèmes rencontrés au cours des trois premiers tours, tels que les dettes et l'iniquité dans l'accès à l'eau. De plus, elle doit contribuer à atteindre l'objectif du jeu, qui est de maintenir la piézométrie de la nappe à un niveau stable. Dans le tableau 7, je présente les instruments choisis au cours des sessions ainsi que leurs effets sur la dynamique du jeu.

Tableau 7: Les combinaisons d'instruments de gestion testées dans le jeu et leurs effets sur la dynamique du jeu

<b>Sessions</b>	<b>Combinaisons d'instruments</b>	<b>Leurs effets dans le jeu</b>
<b>Session 1: Limaoua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forage collectif privé</li> <li>- Légalisation des forages illicites</li> <li>- Communication sur l'état de la nappe</li> </ul>	<p>Chaque joueur voulait garder son forage individuel et aussi utiliser le forage collectif (qui est déjà très profond) en seconde main.</p> <p>Les participants ont opté pour cet instrument même en l'absence de forages illégaux. Cependant, il est à noter que les joueurs n'ont pas maintenu leur rôle de joueur jusqu'à la fin de la session.</p>
<b>Session 2: Limaoua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forage privé collectif connecté à la STEG</li> <li>- Taxe sur la consommation en eau</li> <li>- Tarification de l'eau</li> </ul>	<p>Les joueurs ont abandonné leurs forages privés. Cette action a permis de donner l'accès à l'eau pour les joueurs ayant un forage peu profond.</p> <p>Le forage collectif, a permis une réduction des coûts de pompage pour les participants, offrant ainsi la possibilité de régler d'éventuelles dettes.</p> <p>Tous les joueurs ont prélevé l'eau de la nappe. La taxe été ajoutée pendant le tour 5 car les choix d'instruments pendant le tour 4 n'ont pas diminué les prélèvements.</p>
<b>Session 3: CRDA Gabès</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forage privé collectif</li> <li>- Connecté à la STEG</li> <li>- Taxe sur la consommation d'eau</li> </ul>	<p>Le forage collectif n'a pas donné d'effet positif pendant le tour 4 car les prélèvements sont toujours élevés. Au tour 5, les joueurs ont diminué leurs prélèvements et tout le monde satisfait ces besoins en eau.</p> <p>La taxe n'a pas donné d'effet eu tour 4 mais au tour 5 tout le monde satisfait ses besoins en eau.</p>
<b>Session 4: Dar Chicou</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forage collectif privé</li> </ul>	<p>Le GA et le GDA refusent de rejoindre le forage collectif et gardent leurs forages privés.</p> <p>Diminution des prélèvements. Tout le monde satisfait ses besoins en eau au tour 5.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taxe sur la consommation d'eau</li> <li>- Tarification de l'eau</li> </ul>	Lorsque les joueurs paient l'eau en fonction de l'unité d'eau prélevée au lieu de couvrir les coûts de pompage, ceux qui n'ont pas accès aux couches supérieures de la nappe commencent à économiser de l'argent. Cela incite également les autres participants à envisager de réduire leurs quantités prélevées.
<b>Session 5: El Fahs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forage collectif privé</li> <li>- Energie solaire connecté à la STEG</li> <li>- Taxe sur la superficie irriguée</li> </ul>	Effet du forage collectif pareil à la session 2. Diminution des prélèvements d'eau. Tous les joueurs ont prélevé l'eau et satisfait leurs besoin d'eau. La taxe sur la superficie irriguée a permis de diminuer le nombre de parcelles irriguées dans le jeu quand les joueurs n'ont pas assez d'argent pour payer la taxe.

Parmi la plupart des sessions, les joueurs (ou une partie d'entre eux) étaient motivés à explorer des solutions collectives. Toutefois, dans la première session, après avoir choisi la carte "forage collectif privé", les participants ont refusé de renoncer à leurs forages privés, étant donné qu'ils avaient déjà investi dans l'approfondissement de ces forages pendant les tours d'actions individuelles.

L'instrument le plus fréquemment choisi au cours des sessions a été la création d'un forage collectif privé. Ce choix découle de la rareté de l'eau et de la difficulté d'accès à celle-ci, en particulier aux tours 2 et 3. En outre, dans le but de réduire les coûts de pompage, les joueurs optent pour la création collective d'un forage, alimenté par l'énergie solaire, et partagent ainsi les coûts d'investissement.

La proposition de taxe sur la consommation d'eau et de tarification de l'eau émane régulièrement des joueurs qui éprouvent le plus de difficultés à satisfaire leurs besoins en eau. Ces participants comprennent clairement que les prélèvements excessifs des autres joueurs sont la principale raison de la diminution des ressources dans la nappe. Dans le but d'assurer leur propre accès à l'eau, ils mettent en avant ces instruments en exprimant leur besoin, par des commentaires tels que : "Nous avons besoin d'une taxe sur les consommations", "Certaines cultures consomment beaucoup d'eau", "Les autres prélèvent beaucoup et ne me laissent pas assez d'eau".

Lors de la lecture des instructions au verso des cartes des instruments de gestion et grâce à l'accompagnement des facilitateurs, la majorité des joueurs dans la plupart des sessions n'ont rencontré aucune difficulté dans la mise en œuvre des instruments dans le jeu. Pendant le processus de sélection des instruments, les joueurs engagent des discussions collectives pour examiner les choix possibles et exprimer leurs intérêts.

Cependant, il est parfois observé qu'il existe des participants qui tentent d'imposer leurs idées, comme l'illustre le commentaire d'un joueur : "C'est moi le président" (PA1, session 3). Cette dynamique de discussion et de débat entre les participants reflète leur engagement actif dans le jeu et leur désir de trouver des solutions qui répondent au mieux à leurs besoins et à la situation contextuelle.

### **2.2.2 Retour à la réalité**

À la conclusion du jeu, un moment de débriefing est orchestré par le facilitateur afin de favoriser un dialogue ouvert avec les participants. Ce dialogue constitue un retour à la réalité durant lequel les instruments de gestion testés durant la partie sont discutés en profondeur. Le facilitateur encourage les participants à partager leurs perceptions du jeu, à exprimer leurs émotions ressenties pendant la partie et à débattre de leurs stratégies. Dans les différentes sessions que nous avons menées, les perceptions du jeu par les participants étaient majoritairement positives, comme en témoigne un participant affirmant : « Nous sommes heureux que les jeunes de notre pays s'intéressent aux problèmes de l'eau et de l'environnement » (session 2). D'autres participants ont exprimé le sentiment d'espoir suscité par le jeu : « Malgré que ce ne soit qu'un jeu, je me sens mieux et moins stressé » et « Vous nous avez donné de l'espoir en discutant des différentes options » (session 5).

Après avoir recueilli les impressions des participants, le facilitateur aborde la question des instruments testés dans le jeu et de leur impact sur la dynamique du jeu. Les participants reconnaissent généralement que l'effet des instruments est perceptible dans le contexte du jeu, mais qu'en réalité, le succès de leur mise en œuvre pourrait s'avérer plus complexe. Certains participants expriment leur espoir que les solutions identifiées dans le jeu puissent être réalisables : « Nous espérons vraiment que dans la réalité, nous pourrions créer un forage collectif et résoudre tous nos problèmes » (session 2). D'autres soulignent que bien que les instruments choisis semblent pertinents pour les problèmes du jeu, leur mise en œuvre réelle serait plus complexe en raison de divers facteurs comme la législation, les autorisations administratives et les capacités des agriculteurs (session 4).

Dans les tableaux ci-dessous, nous analysons les résultats des discussions portant sur l'ensemble des instruments testés dans le jeu et discutés lors du débriefing. L'objectif est d'évaluer quels instruments sont considérés comme réalistes et envisageables par les acteurs locaux sur le terrain, ainsi que dans quelles conditions.

<b>Création d'un forage collectif privé</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions d'acceptabilité</b>	<b>Contraintes freinant leur acceptabilité</b>
<p>Nécessitent une autorisation de l'administration</p> <p>Les forages collectifs privés sont considérés comme étant "plus simples à contrôler pour le CRDA" d'après un chef de service du CRDA.</p>	<p>Ces forages sont acceptables pour les utilisateurs qui ne disposent pas d'un forage privé fonctionnel (cf ci-contre). Leur mise en place nécessite cependant une organisation des tours d'eau.</p> <p>En ce qui concerne le financement des forages collectifs, il existe une divergence d'opinions. Les agriculteurs estiment que ces forages devraient être entièrement subventionnés par l'État. Cependant, l'administration soutient que les coûts de création devraient être partagés entre les usagers, tandis que l'État pourrait ensuite subventionner une partie de ces coûts. Cette différence de point de vue met en lumière la complexité des aspects financiers et des responsabilités liés à la mise en place et à l'entretien de tels forages.</p>	<p>Une limite de cet instrument réside dans le cas où il y aurait, par exemple, quatre agriculteurs, dont trois résident à proximité les uns des autres, tandis que le quatrième habite légèrement plus loin. Dans ce scénario, le quatrième agriculteur pourrait ne pas être intéressé à partager un forage avec les autres en raison de la distance de ses parcelles.</p> <p>Pour les agriculteurs disposant déjà d'un forage privé fonctionnel, leur intérêt pour les règles de gestion collective peut être limité. Cela peut s'expliquer par le fait que ces agriculteurs ont déjà accès à l'eau via leur propre forage, ce qui les place en dehors des préoccupations d'un collectif.</p>

<b>Connecter l'énergie solaire à la STEG</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions pour être acceptable dans la réalité</b>	<b>Contraintes freinant leur acceptabilité</b>
<p>Envisageable par les participants (agriculteurs et l'administration)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'administration fait le lien entre les agriculteurs et la STEG</li> <li>- Le débit des panneaux doit être élevés pour que ça soit rentable pour les agriculteurs et la STEG</li> </ul>	<p>Nécessite des investissements élevés</p>

<b>Taxe sur la consommation d'eau</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions d'acceptabilité</b>	<b>Contraintes freinant leur acceptabilité</b>
<p>Sujet délicat, les agriculteurs sont tous d'accord que cet instrument ne sera jamais acceptable par les usagers. Certains agriculteurs ou groupes d'intérêts pourraient s'opposer activement à la mise en place d'une taxe, notamment s'ils estiment que cela va à l'encontre de leurs intérêts personnels.</p>	<p>Selon l'administration, le contrôle des prélèvements et le comptage de la consommation sont compliqués dans le cas où les agriculteurs ont leurs forages privés. L'application de cet instrument sera plus efficace lorsqu'elle est combiné avec d'autres instruments d'incitation (exemple l'accès à un forage collectif) et dans le cadre d'un collectif comme les GDA. Dans ce cas, les règles sont fixées par la collectivité et le contrôle sera plus efficace.</p>	<p>Les agriculteurs pourraient percevoir la taxe comme une charge financière supplémentaire, surtout si leurs revenus sont déjà limités. Ils pourraient s'inquiéter de l'impact de la taxe sur leurs coûts de production et leur compétitivité sur le marché.</p>

<b>Légalisation des forages illicites</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions d'acceptabilité</b>	<b>Contraintes freinant leur acceptabilité</b>
<p>L'idée de légaliser les forages illicites est considérée comme une mesure positive par certains acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau souterraine. Cette approche permettrait de mettre en place des conditions et des règles pour l'utilisation de ces forages. Par exemple, en légalisant les forages déjà en place et en interdisant la création de nouveaux forages, on pourrait instaurer un système plus contrôlable (cf ci-contre).</p>	<p>Cependant, sa faisabilité dépend de certaines conditions. Pour que cette approche fonctionne, il est suggéré d'équiper les nouveaux forages légalisés d'une pompe de débit fixe et d'un compteur. Cela permettrait de contrôler et de quantifier les prélèvements d'eau de manière plus précise. Dans cette optique, la création d'un nouveau GDA pourrait être rendue obligatoire pour les agriculteurs souhaitant réaliser de nouveaux forages. Ce GDA agirait comme un lien entre les agriculteurs et l'administration, facilitant ainsi la communication et la mise en place des règles.</p>	<p>Cet instrument est seulement proposé par l'Etat dans des cas spécifiques (exemple le GDA de Bsissi). L'application de cet instrument risque d'encourager la création de nouveaux forages illicites.</p>

<b>Tarification de l'eau</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions d'acceptabilité</b>	<b>Contraintes freinant leur acceptabilité</b>
Oui, existe déjà dans le cas des GDA Pour les agriculteurs privés cet instruments n'est pas acceptable. Un agriculteur privé n'accepte pas de payer pour l'utilisation d'une propriété privé (le forage).	Les agriculteurs sont des membres d'un GDA public.	La tarification des eaux souterraines peut en effet être perçue comme inéquitable si elle ne tient pas compte des besoins et des coûts différents entre les agriculteurs. Dans le cas des agriculteurs disposant de leurs propres forages privés, leurs besoins en eau peuvent varier en fonction de facteurs tels que la profondeur du forage, la capacité de pompage et les caractéristiques de leurs cultures.

<b>Taxe sur la superficie irriguée</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions d'acceptabilité</b>	<b>Contraintes freinant leur acceptabilité</b>
Session 1: "Cette taxe n'est pas possible, les agriculteurs n'acceptent pas ce genre de règle sauf si elle est imposée par l'Etat."	"Plus facile à contrôler si les agriculteurs sont regroupés en collectif" (Administration, session 3)	Une taxe pourrait être accepté lorsque combinée avec d'autres instruments d'incitation comme le forage collectif (dans un modèle de gestion)

<b>Contrôle et sanction</b>		
<b>Envisageable sur le terrain?</b>	<b>Conditions d'acceptabilité</b>	<b>Remarque</b>
L'ensemble des aspects liés au contrôle et aux sanctions sont perçus comme relevant de la compétence de l'État. Selon les participants, un Groupement de Développement Agricole (GDA) ne peut en aucun cas assumer ce rôle. Ils expriment que "les agriculteurs n'acceptent pas ce genre de règle sauf si elle est imposée par l'État".	Selon les agriculteurs: le contrôle doit être lié à une loi et fait par l'administration	Cette perspective souligne le rôle central que les participants attribuent à l'État en tant qu'autorité régulatrice pour mettre en œuvre et faire respecter les réglementations liées à la gestion des eaux souterraines.

Les instruments les plus fréquemment testés et utilisés dans le jeu étaient la « création d'un forage collectif privé » et la « connexion de l'énergie solaire à la STEG ». Ces deux instruments ont également été jugés comme les plus réalistes pour les trois zones d'études. Toutefois, la taxe sur la consommation d'eau a émergé comme l'un des trois

instruments les plus fréquemment testés dans le jeu, mais lors des débriefings, ce sujet est souvent devenu délicat. Les participants, principalement des agriculteurs, insistent sur le fait que les agriculteurs ne seraient pas enclins à accepter une taxe, car elle impacterait leurs coûts de production, leurs prix de vente et, en fin de compte, leur compétitivité sur le marché.

D'autre part, l'instrument de la « légalisation des forages illicites » n'a été choisi qu'une seule fois pendant le jeu. Cependant, lors des débriefings et lors du retour à la réalité, l'idée de légaliser les forages illicites a été perçue positivement par certains acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau souterraine. Un responsable de la DGRE, lors d'un entretien en 2023, a souligné que la seule manière de contrôler efficacement les forages illicites serait de les légaliser sous certaines conditions précises, comme l'installation d'un compteur pour mesurer le volume d'eau prélevé et le paiement de redevances, ainsi que la communication de la superficie irriguée à l'administration.

### **3. Conclusion**

Les résultats obtenus à partir des sessions de jeu sérieux "Ground-WAG-er" ont fourni des éclairages précieux pour discuter les hypothèses énoncées dans le chapitre 2 de ce travail. Premièrement, nos résultats ont corroboré l'hypothèse 1. Lors des trois premiers tours du jeu, les participants ont pris des décisions influencées par leurs dotations en eau et en argent, ainsi que par l'abondance ou la rareté de l'eau et l'ordre de jeu. Ces facteurs ont exercé une influence importante sur les choix stratégiques des participants, montrant ainsi la variabilité des préférences en fonction de leur rôle et de leurs intérêts personnels. Les interactions entre les acteurs ont également été déterminantes dans la formation de leurs préférences pour certains instruments de gestion.

Deuxièmement, en lien avec l'hypothèse 2, les moments de réflexion approfondie ont permis aux participants de partager leurs opinions et leurs perspectives sur les facteurs contribuant au rabattement de la nappe.

Troisièmement, nos résultats ont validé l'hypothèse 3 en montrant des différences d'opinion entre les acteurs locaux et l'administration centrale concernant la faisabilité et l'efficacité des instruments de gestion de l'eau souterraine. Par exemple, les participants ont estimé que la légalisation des forages illicites était réalisable, se basant sur des

exemples concrets de leur région, tandis que les acteurs de l'administration ont évoqué des critères plus complexes à considérer.

Quatrièmement, en lien avec l'hypothèse 4, la présence d'acteurs de l'administration centrale lors des sessions de jeu a permis d'identifier des défis institutionnels et des obstacles potentiels à la mise en œuvre des instruments de gestion. Leurs contributions ont enrichi la compréhension des contraintes réelles auxquelles ces instruments pourraient être confrontés.

Cinquièmement, les résultats ont confirmé l'hypothèse 5 en démontrant que les choix et les préférences exprimés dans le jeu peuvent différer de ce que les acteurs déclarent dans les entretiens formels. Par exemple, certains instruments considérés comme réalisables dans le jeu ont été jugés plus complexes à mettre en œuvre dans la réalité, notamment en raison de contraintes légales ou techniques.

Enfin, nos résultats ont également validé l'hypothèse 6 en mettant en lumière que certains instruments de gestion de l'eau souterraine, bien que perçus comme réalisables dans le contexte du jeu, pourraient se heurter à des obstacles dans la réalité en raison de contraintes institutionnelles, politiques ou techniques. L'exemple de la création de forages collectifs privés et de la légalisation des forages illicites illustre ces contraintes potentielles.

En somme, les résultats de notre étude, basés sur les sessions de jeu sérieux et les analyses qui en découlent, ont apporté des éléments concrets pour discuter et valider les hypothèses énoncées. Ils soulignent l'importance de prendre en compte les nuances et les interactions complexes entre les acteurs et les instruments de gestion de l'eau souterraine.

## **4. Discussion**

### **4.1 Implications pratiques**

Les implications pratiques de cette étude sont variées et peuvent avoir des répercussions significatives sur la gestion locale de l'eau souterraine. En premier lieu, l'utilisation du jeu sérieux a permis aux acteurs locaux de mieux appréhender la complexité des enjeux liés à la gestion de l'eau souterraine. En les engageant activement dans la prise de décisions et en leur faisant expérimenter les conséquences

de leurs choix, le jeu a favorisé un partage de connaissances et une prise de conscience accrue des défis associés à cette ressource.

De plus, les résultats de l'étude ont contribué à identifier les préférences des acteurs locaux des zones d'études en matière d'instruments de gestion de l'eau souterraine. Les interactions et les discussions au sein du jeu ont également mis en lumière les contraintes institutionnelles, politiques et techniques qui pourraient entraver la mise en œuvre de ces instruments. Cette compréhension approfondie des préférences et des obstacles peut guider la conception de modèles de gestion locaux.

Un autre impact significatif est la promotion de la collaboration et de la communication entre les parties prenantes. Le jeu sérieux a encouragé les participants à travailler ensemble pour relever les défis du jeu, reflétant ainsi la nécessité de coopération dans la réalité pour gérer durablement les ressources en eau souterraine. Cette expérience pratique de collaboration peut renforcer les interactions entre les acteurs et favoriser des solutions collectives.

En outre, les résultats obtenus à travers le jeu sérieux ont validé certaines des hypothèses initialement formulées. Cette validation renforce la crédibilité et la pertinence des conclusions tirées de l'analyse. De plus, l'approche novatrice du jeu sérieux peut être un outil puissant pour sensibiliser le public aux enjeux de la gestion des eaux souterraines. En organisant des séances de jeu publiques ou des démonstrations, il est possible d'impliquer un large éventail de personnes et de susciter un intérêt accru pour cette problématique cruciale.

Pour conclure, cette étude peut apporter des informations pratiques pour guider les décideurs, les chercheurs et les acteurs engagés dans l'amélioration de la gestion de l'eau souterraine. Les enseignements tirés du jeu sérieux offrent des perspectives diversifiées sur les préférences, les contraintes et les solutions potentielles, contribuant ainsi à des prises de décision plus éclairées et à des politiques mieux adaptées à la réalité du terrain.

## **4.2 Limites de l'étude**

Notre jeu sérieux "Ground-WAG-er" présente certaines limitations qui doivent être prises en compte lors de l'interprétation de ses résultats et de sa portée potentielle. Tout d'abord, il est important de reconnaître que la gamme des instruments de gestion des eaux souterraines est vaste et diversifiée. Cependant, en raison des contraintes de

conception et de jouabilité, le jeu ne peut pas couvrir l'ensemble de ces instruments. Le jeu se concentre sur les instruments jugés réalisables dans le contexte du jeu et susceptibles de se situer dans la marge de manœuvre des acteurs locaux. Par conséquent, certaines options de gestion pourraient ne pas être représentées dans le jeu, ce qui pourrait limiter la représentativité des choix disponibles pour les participants. De plus, il est essentiel de noter que ce jeu a été spécifiquement développé pour aborder les enjeux spécifiques de la gestion de l'eau souterraine en Tunisie. Les contextes hydrogéologiques, institutionnels, politiques et socio-économiques peuvent différer considérablement d'une région à l'autre. Bien que le jeu aborde des principes généraux et des concepts largement applicables, il peut nécessiter des adaptations afin qu'il soit applicable dans d'autres terrains. Ces adaptations pourraient impliquer des ajustements aux scénarios, aux instruments de gestion et aux paramètres du jeu afin de refléter fidèlement les réalités locales.

### **4.3 Recommandations**

Le jeu "Ground-WAG-er" a été conçu de manière à être accessible à un large éventail de participants, y compris ceux qui n'ont pas de connaissances préalables en agriculture, hydrogéologie ou politique de l'eau.

La capacité du jeu à proposer des informations contextuelles et des explications en temps réel est une fonctionnalité remarquable. Les participants peuvent développer une compréhension claire des enjeux et de l'impact de leurs choix, sans aucune connaissance préalable. De plus, les facilitateurs peuvent simplifier les concepts techniques, rendant le jeu à la fois éducatif et captivant pour tous les âges. Nous avons ajouté du matériel supplémentaire pour garantir que le jeu soit entièrement accessible, notamment des fiches de suivi des sessions et une vidéo illustrant son parcours. Ces ressources peuvent servir de guides pour d'autres utilisateurs du jeu, en les aidant à comprendre les mécanismes du jeu, les objectifs et les concepts sous-jacents.

Pour les personnes envisageant de tester le jeu "Ground-WAG-er" avec différentes catégories de participants ou dans d'autres contextes caractérisés par des problèmes de gestion locale des eaux souterraines, quelques recommandations clés peuvent être formulées. Tout d'abord, il est conseillé d'adapter le jeu en fonction du public cible et des spécificités régionales. Cela peut impliquer la modification des scénarios, des instruments de gestion et des paramètres du jeu pour mieux refléter les réalités locales

et les préoccupations des participants. En outre, afin de maximiser l'efficacité du jeu en tant qu'outil pédagogique ou de sensibilisation, il est recommandé de favoriser des discussions ouvertes après chaque session de jeu. Ces discussions peuvent permettre aux participants de réfléchir aux choix qu'ils ont faits, d'analyser les résultats et les conséquences de leurs décisions, et de discuter des implications plus larges de la gestion de l'eau souterraine dans leur région respective. En incorporant des retours d'expérience de diverses participants, le jeu peut également évoluer et s'améliorer au fil du temps, devenant ainsi un outil plus efficace pour explorer des solutions durables et adaptées à chaque contexte.

## Conclusion générale

Cette étude se penche sur les divers instruments de gestion des eaux souterraines mis en place à l'échelle mondiale. Son objectif est de servir d'inspiration aux acteurs locaux, en les encourageant à discuter de l'acceptabilité et de la faisabilité de ces instruments pour résoudre les défis liés à la gestion de leurs propres aquifères. Pour ce faire, elle propose un outil interactif sous forme de jeu sérieux, où les joueurs peuvent collaborer pour explorer différentes alternatives de gestion des eaux souterraines. Cette approche interactive permet aux participants de tester ensemble ces solutions, favorisant ainsi une meilleure compréhension des enjeux et des opportunités de gestion durable des ressources en eau souterraine dans leur contexte local.

En résumé, ce travail a fourni une piste de dialogue entre les acteurs locaux concernant la gestion des ressources en eaux souterraines, ce en explorant la mise en application d'instruments de gestion s'inspirant des modèles de gestion tunisiens et internationaux via un jeu sérieux novateur : "Ground-WAG-er". En suivant une méthodologie structurée reposant sur des sessions de jeu et leur observation, ce travail a engendré des éclairages considérables quant aux préférences des acteurs locaux dans les zones d'études à l'égard des différents instruments de gestion des eaux souterraines. En outre, les découvertes ont substantiellement corroboré nos hypothèses originelles, attestant que les acteurs locaux affichent des perspectives plurielles en ce qui concerne les instruments de gestion, lesdites perspectives étant indissociables de leurs rôles, intérêts et interactions respectifs dans le jeu et dans la réalité. Le jeu "Ground-WAG-er" s'est avéré être un outil efficace pour favoriser la compréhension des enjeux complexes liés à la gestion de l'eau souterraine et pour encourager le partage de connaissances et d'expériences liées à la gestion de cette ressource. Le rôle des facilitateurs permet d'aider les participants à appréhender les concepts liés à la gestion des eaux souterraines sans prérequis de connaissances techniques. La création de ressources complémentaires, telles que les fiches de suivi et une vidéo explicative, renforce la facilitation du jeu et son accessibilité.

L'expansion potentielle du jeu vers d'autres terrains et avec différents groupes de participants ouvre des perspectives prometteuses. Les recommandations formulées pour tester le jeu dans des contextes divers, tels que le Maroc, soulignent l'importance de l'adaptation des scénarios et des instruments de gestion pour refléter les réalités locales.

En somme, cette étude a contribué à la recherche en proposant une méthodologie innovante et en explorant des implications pratiques et théoriques pour la gestion de l'eau souterraine. Le jeu

"Ground-WAG-er" se profile comme un outil potentiellement puissant pour sensibiliser et engager divers publics dans la gestion durable de cette ressource. Alors que cette recherche a abouti à des découvertes prometteuses, elle ouvre également la voie à des pistes de recherche futures, notamment l'adaptation du jeu pour inclure des acteurs de l'administration centralisée et du MRHP dans le processus de prise de décision. En fin de compte, "Ground-WAG-er" représente un pas en avant vers une gestion plus participative, éclairée et efficace de l'eau souterraine, offrant ainsi une contribution significative à la recherche et à l'action dans le domaine de la gestion des ressources en eau.

## Références bibliographiques

- Al Atiri, R. (2006).** Evolution institutionnelle et réglementaire de la gestion de l'eau en Tunisie.
- Alvarez, J. et al. (2007)** *Serious Game: just a question of posture?*, p. 426.
- Armstrong, M. (2023)** 'Where Water Stress Will Be Highest by 2040', 22 March. Available at: <https://www.statista.com/chart/26140/water-stress-projections-global/>.
- Barreteau, O. et al. (2013)** 'Selecting among five common modeling approaches for integrated environmental assessment and management', *Environmental Modelling & Software*, 47, pp. 159–181. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.05.005>.
- Beaulieu, P. (2019)** 'Les nappes phréatiques, des réservoirs naturels d'eaux souterraines | Centre d'information sur l'eau'.
- Ben Hamouda, M.F. (2008)** *Approche hydrogéochimique et isotopique des systèmes aquifères côtiers du Cap Bon: cas des nappes de la côte orientale et d'Haouaria*. Thèse. Institut National Agronomique de Tunisie.
- BPEH (2020)** 'Rapport National du Secteur de l'Eau Année 2020'.
- Chrigui, R. (2020)** *Contribution sous une plateforme SIG des facteurs hydrologiques du bassin versant Kebir-Meliane et caractérisation hydrochimique des eaux de la nappe phréatique d'El Fahs (Zaghouan)*. Mémoire de fin d'études. Faculté des sciences de Tunis.
- Chrii, S. (2022)** *Exploration d'options pour la gestion collective des eaux souterraines : Cas de Limaoua, Gabès Sud*. Mémoire de fin d'études. Institut National Agronomique de Tunisie.
- Closas, A., Imache, A. et Mekki, I. (2017)** 'Groundwater Governance in Tunisia A Policy White Paper', *Groundwater Governance in the Arab World* [Preprint].
- Dhahri, I. (2023)** *Identification des conditions favorables à un dialogue sur la gouvernance locale concertée des eaux souterraines*. Mémoire de fin d'études. Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne.
- Elloumi, M. (2016)** 'La Gouvernance Des Eaux Souterraine en Tunisie', *IWMI Project Report* [Preprint], (7).
- Ferjani, A. (2023)** *Elaboration et Test d'une méthodologie d'accompagnement à la gouvernance locale concertée des eaux souterraines à Aousja Ghar El Melh*. Mémoire de fin d'études. Ecole Supérieure des Ingénieurs de Medjez El Bab.
- Foster, S. et al. (2009)** 'conceptual framework for assessment of provisions and needs'.
- Foster, S. et P. Loucks, D. (2006)** *Non-renewable groundwater resources: a guidebook on socially-sustainable management for water-policy makers - UNESCO Bibliothèque Numérique*.
- Frija, I. et al. (2016)** 'Gestion de l'usage d'une nappe par un groupement d'agriculteurs :

l'expérience de Bsissi Oued El Akarit en Tunisie', *Alternatives Rurales* [Preprint].

**Gafrej, R. (2017)** 'Gouvernance de l'eau en Tunisie Etude du cas du gouvernorat de Kasserine'.

**Gharbi, I. et Elloumi, M. (2023)** 'L'agriculture irriguée en Tunisie : politiques hydrauliques et politiques de régulation foncière', *Cahiers Agricultures*, 32, p. 17. Available at: <https://doi.org/10.1051/cagri/2023010>.

**Ghazouani, W. and Mekki, I. (2016)** 'les ressources en eaux souterraines de la plaine de haouaria, tunisie : etat fragile, acteurs multiples et nécessité d'un changement intégré'.

**Hassenforder, E., Dray, A. et Daré, W. (2020)** *Observation manual for collective serious games*. CIRAD.

**Laterra, P., Federico and Alejandra (2023)** *MARCHI: A serious game for participatory governance of ecosystem services in multiple-use protected areas - ScienceDirect*.

**Macé, M. (2021)** 'Qu'est-ce que le stress hydrique? Comment y répondre? | Centre d'information sur l'eau', 8 February. Available at: <https://www.cieau.com/eau-transition-ecologique/enjeux/quest-ce-que-le-stress-hydrique-comment-y-repondre/>.

**Marlet, S. et Mnajja, A. (2017)** 'Guide pour l'action : transfert de la gestion des périmètres publics irrigués aux associations d'irrigants en Tunisie'.

**Ministère du transport et de l'équipement (2011)** 'Atlas Gabès'.

**Molle, F. et Closas, A. (2016)** 'Groundwater Governance: A Synthesis'.

**Molle, F. et Closas, A. (2020)** 'Comanagement of groundwater: A review', *WIREs Water*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.1002/wat2.1394>.

**ONU environnement (2018)** 'Progrès en matière de gestion intégrée des ressources en eau.', *Base de référence mondiale pour l'indicateur 6.5.1 de l'ODD 6 : degré de mise en œuvre de la GIRE*. [Preprint].

**ONU pour l'alimentation et l'agriculture et AQUASTAT (2020)** 'Ressources renouvelables d'eau douce intérieures par habitant (mètres cubes) - Tunisia'. Available at: <https://data.worldbank.org>.

**Schmoll, P. (2011)** 'Jeux sérieux : exploration d'un oxymore', *Revue des Sciences sociales*, (45), pp. 158–167.

**Wijnen, M. et al. (2012)** 'Managing the Invisible : Understanding and Improving Groundwater Governance'.

## **Annexes**

## Annexe 1: Les instruments de GRES dans le monde

La gestion de l'offre		
Instrument de gestion et définition	Méthodes	Source d'eau
<p><b>Ressources alternatives</b></p> <p>L'utilisation de sources d'eau alternatives fait référence à l'utilisation de sources d'eau qui ne proviennent pas d'aquifères souterrains ou d'eaux souterraines pour répondre aux besoins en eau. Cette approche est fréquemment adoptée à diverses fins, telles que la conservation des ressources en eaux souterraines, l'atténuation des répercussions environnementales ou la lutte contre les limitations de la disponibilité de l'eau.</p>	Collecte et stockage de l'eau	Pluie
	Transfert de l'eau	Eau de surface (rivières, lacs, réservoirs... )
	Mélange de l'eau	Eaux de surface et eaux souterraines
	Dessalement de l'eau	Eau de mer et eaux saumâtres
	Traitement de l'eau	Eaux usées
<p><b>Gestion de la recharge des aquifères</b></p> <p>La pratique de la gestion de la recharge de l'aquifère consiste à réapprovisionner délibérément un aquifère dans le but de l'utiliser ultérieurement ou d'en tirer des avantages environnementaux. Le processus de recharge de l'aquifère s'articule autour de cinq objectifs principaux : (1) Améliorer la capacité de stockage pour faire face aux fluctuations de l'offre et de la demande en</p>	<p>Les lâchers de recharge: Les barrages construits sur des cours d'eau intermittents ont pour but de capter et de contenir les eaux de crue. L'utilisation de ces barrages peut varier, mais une application courante est la libération contrôlée d'eau dans le lit du cours d'eau en aval. Cette libération contrôlée aide à maintenir un équilibre entre la capacité d'infiltration des aquifères qui se trouvent en dessous.</p>	Eaux de crue
	Réservoirs de percolation ou déversoirs de recharge: La construction de barrages dans des cours d'eau	Eaux de surface

<p>eau tout au long de l'année ; (2) Protéger les aquifères côtiers de l'intrusion d'eau salée ; (3) Atténuer l'épuisement des niveaux des eaux souterraines; (4) Amélioration de la qualité des eaux souterraines ; et (5) Maintenir l'écoulement naturel de l'eau et des écosystèmes qui dépendent des eaux souterraines. La mise en œuvre de la recharge gérée des aquifères est personnalisée pour s'adapter aux conditions spécifiques de la zone, en tenant compte de facteurs tels que le type d'aquifère, le terrain, l'utilisation des terres et les fins prévues de l'eau traitée. Le processus de recharge artificielle nécessite la présence de sols superficiels perméables. Dans les cas où les sols de surface ne possèdent pas la perméabilité nécessaire, des méthodes alternatives telles que l'utilisation de tranchées ou de puits dans la zone non saturée, ou l'injection directe d'eau dans les aquifères via des puits peuvent être employées pour la recharge artificielle.</p>	<p>intermittents a pour but de capter et de retenir l'eau qui s'infiltrer dans le sol, améliorant ainsi la capacité de stockage dans les aquifères non confinés. Par conséquent, cette eau stockée peut ensuite être extraite en aval.</p>	
	<p>Traitement des aquifères du sol: La technique implique la recharge et la restauration des réserves d'eau souterraines dans les aquifères. Cette méthode implique la collecte de l'eau, qui est ensuite soumise à un prétraitement afin d'éliminer les éventuelles impuretés. L'eau traitée est ensuite injectée dans le sol, lui permettant de s'infiltrer et de reconstituer l'aquifère. Grâce à cette approche, la préservation et la gestion durable des ressources en eaux souterraines sont facilitées.</p>	<p>Eaux usées traitées; Eau de dessalement</p>
	<p>Stockage et récupération dans l'aquifère: Le processus d'injection d'eau dans un puits dans le but de la stocker et de la récupérer dans le même puits peut être une technique intéressante, en particulier dans les aquifères saumâtres. Dans ces cas, l'objectif principal est de stocker l'eau, l'accent étant moins mis sur la nécessité d'un traitement approfondi de l'eau.</p>	<p>Eaux de surface, Eaux usées traitées; Eau de dessalement; Eaux d'une autre aquifère</p>
	<p>Stockage, transfert et récupération de l'eau dans l'aquifère: Le processus d'injection d'eau dans un puits dans le but de la stocker puis de l'extraire d'un autre puits. Cette méthode a pour fonction supplémentaire de traiter l'eau de l'aquifère en prolongeant sa durée de stockage.</p>	<p>Eaux de surface, Eaux usées traitées; Eau de dessalement, Eaux d'une autre aquifère</p>

	<p>Bassins d'infiltration: Le processus consiste à rediriger l'eau de la surface vers des bassins et des canaux séparés du flux principal. Cela permet à l'eau de s'infiltrer à travers une zone non saturée et d'atteindre finalement l'aquifère non confiné en dessous.</p>	<p>Eaux de surface</p>
<p>Comptabilité de l'eau</p> <p>La méthodologie de la comptabilité de l'eau offre un moyen de recueillir des données initiales concernant l'accessibilité et l'utilisation des ressources en eau, ainsi que de surveiller les modifications du mouvement et du stockage de l'eau dans une zone spécifique au fil du temps. La comptabilité de l'eau sert d'outil pour déterminer s'il y a de l'eau disponible pour une distribution supplémentaire et pour évaluer la viabilité des mesures globales mises en œuvre dans un bassin. De plus, il fournit les informations nécessaires pour optimiser l'allocation de l'eau et concevoir des stratégies efficaces de consommation d'eau.</p>	<p>Les bilans hydriques</p> <p>Comptage volumétrique</p> <p>Analyse de cycle de vie</p> <p>Comptabilité économique de l'eau</p> <p>Gestion intégrée des ressources en eau GIRE</p> <p>Cartographie spatiale</p>	

Sources: (Heederik et Tuinhof, 2002; Lautze et al., 2018; Bricker et al.,2017)

La gestion de la demande		
Point de vue de gestion	Instrument	Définition
<p><b>Gestion de l'énergie de pompage d'eau à usage agricole</b></p> <p>Le concept de gestion de l'énergie dans le pompage englobe l'optimisation de l'efficacité énergétique dans les systèmes de pompage de l'eau agricole. L'objectif est de minimiser la consommation d'énergie et les dépenses associées liées à l'irrigation et aux autres opérations de pompage, tout en assurant un approvisionnement en eau suffisant. Diverses mesures réglementaires sont utilisées pour faciliter ce type de gestion, notamment la réduction des subventions à l'énergie électrique, au diesel et au butane. Par ailleurs, la promotion des installations d'énergies renouvelables, telles que l'énergie solaire, couplée à une assistance technique pour leur dimensionnement, constitue une incitation à améliorer l'efficacité énergétique sans aggraver</p>	<b>Incitation</b>	
	Subventionner l'utilisation de l'énergie solaire pour le pompage de l'eau agricole	Une approche pour rendre les installations solaires photovoltaïques plus accessibles aux exploitations agricoles consiste à mettre en œuvre des options de financement qui permettent de répartir les coûts d'investissement sur une plus longue période. Une autre méthode efficace pour aider les petits producteurs à surmonter les coûts d'investissement initiaux élevés liés à l'investissement dans la production d'électricité hors réseau consiste à fournir des subventions ciblées.
	<b>Régulation</b>	
	Appui technique de la conception des systèmes d'énergie solaire	Limiter les subventions aux agriculteurs qui ont eu recours à des installateurs agréés pour éviter les sur-dimensionnements des stations de panneaux photovoltaïques
	Comptage de l'énergie	Après l'investissement initial dans la construction du forage, les dépenses énergétiques deviennent le deuxième coût le plus important. De plus, dans les cas où la quantité d'eau prélevée n'est pas communiquée à l'organisme de gestion de l'aquifère, la tarification de l'énergie sert d'alternative. La tarification de l'énergie peut être un outil précieux pour façonner les schémas de pompage. Il existe deux types de tarification distincts : - les tarifs forfaitaires (unique) , où les paiements sont fixés en fonction de la puissance de la pompe à eau souterraine de

l'épuisement des ressources aquifères.		l'agriculteur. Charges mensuelles fixe basées sur la puissance de leur pompe - les tarifs au compteur, sur la base de la quantité d'énergie consommée.
	Réduction subvention	Réduire les subventions pour l'utilisation du butane ou de l'électricité
	Augmenter la tarification de l'énergie	Augmenter le prix de vente de l'énergie
<b>Gestion des forages</b>		
La gestion des forages implique la mise en œuvre de mesures de surveillance et de contrôle des forages existants et abandonnés. Cela comprend la réalisation d'un inventaire de la quantité et des attributs spécifiques des puits actuels, tels que leur emplacement, leur profondeur et leur accessibilité énergétique. En outre, il nécessite la mise en place d'un système pour réglementer l'autorisation de nouveaux puits ou l'approfondissement des anciens. Ces outils contribuent collectivement à atténuer l'exploitation excessive de l'aquifère.	<b>Incitation</b>	
	Prime retrait d'un puits	Gratification immédiate et unique pour le retrait d'un puits
	<b>Régulation</b>	
	Surveillance du nombre par les utilisateurs	Autorégulation par les usagers pour réduire les coûts de contrôle, augmenter la sensibilisation des parties prenantes et leur intégration dans la participation à la gestion des eaux souterraines
	Redevances	Payer des redevances selon le nombre de puits d'un agriculteur si les volumes d'eau ne sont pas connus.
	Contrôle et Sanction	Sanction en cas de violation de la réglementation
	Autorisations de prélèvement	les nouveaux prélèvements et l'approfondissement des prélèvements existants doivent passer par des autorisations de l'administration
Permis de	Pour procéder à l'utilisation des ressources en eau, il est nécessaire	

	captage	d'obtenir un permis de captage. Ce permis comportera des dispositions précisant les conditions nécessaires à l'exercice d'activités susceptibles d'avoir un impact sur la quantité et la qualité des réserves d'eau souterraine.
	Recensement forage	Recensement complet des forages existants dans la zone
	La gestion collective des forages	Remplacer la gestion de plusieurs forages privés par une gestion collective d'un nombre limité de forages. Cette gestion peut être assurée par des associations des irrigants comme en Espagne ou par des groupes d'agriculteurs comme dans le cas de Bssi.
<b>Gestion des assolements de cultures</b>  Accompagner une conversion vers des cultures qui valorisent mieux l'eau, ou vers des cultures moins consommatrices en eau	<b>Incitation</b>	
	Politique de changement de culture	Accompagner une conversion vers des cultures qui valorisent mieux l'eau
	Génétique/sélection variétale	Utilisation de semence moins nécessiteuse en eau
	Subvention/don de plantes	Subvention/don sur ce type de semences
<b>Gestion volumétrique de l'eau</b>  La gestion et la régulation des prélèvements et pompages d'eau dans les forages, qu'il s'agisse de nouveaux prélèvements ou de l'approfondissement des	<b>Incitation</b>	
	Gratification pour la réduction de consommation d'eau	Subvention graduelle en fonction de la consommation

<p>prélèvements existants, impliquent diverses mesures. Ces mesures comprennent l'installation de compteurs d'eau, la mise en place de limiteurs de débit et la délivrance de permis de comptage qui précisent les types de pompes admissibles et les débits autorisés. Ces instruments de régulation jouent un rôle crucial dans l'encadrement de ce type de gestion de l'eau.</p>	Régulation	
	Compteur d'eau	Le compteur volumétrique est utilisé pour déterminer avec précision la consommation d'eau, garantissant que seule la quantité nécessaire est utilisée. Il détecte non seulement les fuites et autres formes de perte, mais permet également d'économiser de l'argent en ne payant que l'énergie nécessaire pour pomper la quantité requise.
	Redevances	L'objectif de la redevance est de favoriser la régulation des concepts abstraits et de financer l'organisme chargé de la gestion des eaux souterraines. La détermination du taux d'imposition est effectuée soit par un organe directeur centralisé, soit par une institution administrative décentralisée, tandis que la vérification du paiement est supervisée par une organisation ou une institution distincte.
	Tarification	En règle générale, l'extraction des eaux souterraines se produit sur une propriété privée à l'aide d'équipements privés. Par conséquent, il y a deux alternatives à considérer : établir un coût pour la ressource réelle ou pour les différents composants nécessaires à l'extraction de l'eau souterraine, y compris la pompe, le forage et la consommation d'énergie. La détermination d'un prix de l'eau a plusieurs objectifs, comme couvrir les dépenses d'entretien des infrastructures d'approvisionnement en eau et rémunérer le personnel chargé de la gestion de l'aquifère ou l'association des irrigants. De plus, il sert de moyen de régulation du prélèvement des eaux souterraines.
	Sanction	Sanction en cas de violation de la réglementation
	Permis de captage	Pour procéder à l'utilisation des ressources en eau, il est nécessaire d'obtenir un permis de captage. Ce permis comportera des dispositions précisant les conditions nécessaires à l'exercice d'activités susceptibles d'avoir un impact sur la quantité et la qualité des réserves d'eau souterraine.

	Marché de l'eau	Le concept d'un marché des eaux souterraines s'articule autour de l'échange de droits sur les eaux souterraines entre des individus ou des entités et des parties externes. Ce marché fonctionne selon un ensemble de caractéristiques de gouvernance, qui comprennent les dépendances suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>- du régime hydrologique en vigueur</li> <li>- de l'historique des échanges informels et/ou des droits</li> <li>- des types et du nombre de détenteurs et d'utilisateurs de droits sur les eaux souterraines</li> <li>- des dispositions matérielles prises pour acheminer l'eau</li> </ul>
	Communication sur l'état de la nappe	Informier régulièrement tous les usagers sur l'évolution de l'état qualitatif et quantitatif des ressources en eau souterraine
<b>Gestion des surfaces irriguées</b>	<b>Incitation</b>	
	Etablir un plan d'assolement	Un quotas d'eau est attribué pour chaque exploitation en fonction de la superficie
	<b>Régulation</b>	
	Redevances	Pour inciter à diminuer l'irrigation, il est possible de payer des redevances en fonction de la taille des surfaces irriguées.
<b>Gestion par les pratiques d'irrigation</b>	<b>Incitation</b>	
	Subvention méthode d'irrigation économe en eau (Goutte à goutte)	
Encourager l'adoption de techniques d'irrigation efficaces qui favorisent la conservation de l'eau sur les parcelles individuelles et dans les systèmes et régions		

irrigués plus vastes. Cela peut inclure des incitations financières pour la transition vers l'irrigation goutte à goutte, la mise en œuvre de mesures pour détecter et traiter les fuites d'eau au sein du réseau d'irrigation, et d'autres initiatives connexes.	Optimisation de l'irrigation par la formation réalisée par une administration, association, organisation...	
	<b>Régulation</b>	
	Contrôle des fuites	Mesurer le débit d'alimentation en tête (en amont) et la somme des débits prélevés (en aval) qui doivent être en équilibre pour vérifier s'il y a des fuites
<b>Gestion de l'eau virtuelle</b>	<b>Incitation</b>	
	Quantification de l'eau virtuelle des productions agricoles	Estimation des produits à fort coût en eau virtuelle afin de limiter leur exportation
L'objectif de la gestion de l'eau virtuelle est d'évaluer et de suivre la quantité d'eau utilisée indirectement dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement d'un produit ou d'un service particulier. Cela englobe l'eau utilisée dans la fabrication, la modification, le transport et l'utilisation de biens et de services. L'objectif est d'améliorer l'utilisation de l'eau en reconnaissant les possibilités d'efficacité, en minimisant les déchets et en mettant en œuvre des pratiques de gestion durable de l'eau dans tout le système.		
<b>Changement d'activité professionnelle</b>	<b>Incitation</b>	

<b>Réorientation de profession</b>	Emploi hors agricole	Le mécanisme d'assurance pour la reconversion dans les secteurs alternatifs est une considération importante. La baisse du nombre de personnes engagées dans des travaux agricoles peut être attribuée à divers facteurs, notamment l'allongement de la durée des études et l'amélioration de l'accessibilité et de l'expansion des infrastructures routières.
------------------------------------	----------------------	--

Tableau 5: Les instruments de gestion des RES dans le monde

Sources: (Mokhtari, 2011; Esteban et Albiac, 2012; Shock et al., 2013; Erdlenbruch et al., 2013; Frija et al., 2016; Beaton et al., 2019)

## **Annexe 2: Les grilles d'entretiens**

### **Entretien administration centralisée**

**NOM -**

**Poste à l'Admin-**

**ZONE –**

**DATE/2023 -**

### **Partie 1 : La gestion actuelle des ressources en eaux souterraines**

Quelles sont vos tâches en tant que professionnel œuvrant à la gestion de l'eau souterraine?

Que pensez-vous de la politique actuelle des eaux souterraines? Gestion de l'offre (transfert d'eau, dessalement, traitement eaux usées, barrage), gestion de la demande (subvention équipement, GDA, périmètre d'interdiction, GIRE)

Que pensez-vous des différents instruments (périmètre de sauvegarde, d'interdiction, GDA, transfert d'eau, redevance eau profonde, tarification de l'eau) actuellement en place ?  
L'efficacité de certains, les limites d'autres ?

--

**Définir un processus décisionnel avant:**

Votre opinion sur le processus de prise de décision pour ces instruments de gestion ?

C'est quoi votre rôle dans le processus décisionnel ? Dans quelle étape intervenez-vous?

Quelles sont les étapes dans lesquelles vous souhaitez intervenir?

Vos souvenirs en lien avec les expériences professionnelles vécues sur des problématiques de mise en œuvre de la gestion de l'eau souterraine?

**Partie 2 : Le futur de la ressource en eaux souterraines**

Quelles sont les perspectives ministérielles quant à la gestion de la ressource ? (plan d'action, nouvelle législation, orientation politique choisie)

Selon vous, quelles règles, quel dispositif de gestion pourrait s'avérer efficace pour une gestion durable ? Et comment faire en sorte de le rendre opérationnel avec le réalisme et les difficultés du terrain ?

Entretien GDA  
NOM INTERVIEWÉ :  
POSTE :  
DATE :

Partie 1 : Les règles de gestion actuelle des eaux souterraines

Quelles sont les règles actuelles mises en place à l'échelle de la nappe ? Comment caractérisez-vous leur efficacité, leur limite ? Pourquoi ?

Concernant la règle de zone de sauvegarde, sous quelles conditions acceptez-vous une demande pour construction/extension de forages ?

Partie 2 : Les rôles et responsabilités actuelles

→ **Présenter le processus décisionnel**

Votre opinion sur le processus de prise de décision pour ces règles de gestion ?

C'est quoi votre rôle dans le processus décisionnel ? Dans quelle étape intervenez-vous?

--

Quelles sont les étapes dans lesquelles vous souhaitez intervenir?

--

Quelle place ont les autres acteurs impliqués dans la gestion de la nappe?  
Qu'en pensez-vous ?

--

Vos souvenirs sur des problématiques de mise en œuvre des règles de la gestion de l'eau souterraine?

--

### Partie 3 : Les règles de gestion alternatives futures

→ **Présenter la liste règle de gestion offre & demande (incitation / régulation)**

**Quelles règles, quel dispositif de gestion pourrait s'avérer pertinent pour le cas de Limaoua ?  
Et comment faire en sorte de le rendre opérationnel avec le réalisme et les difficultés du terrain ? (Efficacité et limites)**

Partie 4 : Les rôles et responsabilités de règles alternatives futures

Vous avez mentionné que “.....” pourrait être un instrument de gestion pertinent pour le cas de limaoua. Comment imaginez vous le processus décisionnel pour cette règle? Quelle place aurait quel acteur dans les différentes étapes?

Généralement comment ça se passe si on veut introduire un nouvel instrument? exp nouveau forage public, incitation pour la goutte à goutte?

**Entretien griculteur**

**NOM INTERVIEWÉ :**

**POSTE :**

**DATE :**

Partie 1 : Caractéristiques agricoles

Type de culture, surface (ha), % surface irriguée, type d'accès à l'eau, profondeur du forage, type d'énergie pour le pompage, présence compteur volumétrique

Partie 2 : Les règles de gestion actuelle des eaux souterraines

**Quelles sont les règles actuelles mises en place à l'échelle de la nappe ? Est-ce qu'elles sont efficaces ? Quelles sont leurs limites ?**

**Autorisation pour extension/nouveau forage sur la zone de sauvegarde : sous quelles conditions l'administration accepte ?**

Partie 3 : Les rôles et responsabilités actuelles

Actuellement quel est votre rôle dans la gestion de la ressource ?

Vous avez mentionné "....." comme règle de gestion de la nappe: Que pensez-vous de l'application de règles ? Quel rôle pourriez-vous jouer ?

Quel est le rôle des autres acteurs (GDA, CRDA) vis-à-vis de ces règles ? Qu'est ce qui devrait changer pour une meilleure application de ces règles ?

#### Partie 4 : Les règles de gestion alternatives futures

→ **Présenter la liste règle de gestion offre & demande (incitation / régulation)**

**Quelles règles, quel dispositif de gestion pourrait s'avérer pertinent pour le cas de Limaoua ?  
Et comment faire en sorte de le rendre opérationnel avec le réalisme et les difficultés du terrain ?  
(Efficacité et limites)**

--

Partie 5 : Les rôles et responsabilités de règles alternatives futures

Vous avez mentionné que “.....” pourrait être une nouvelle règle de gestion pertinente pour le cas de limaoua. Quel sera votre rôle dans l'application de cette règle?

--

## **Annexe 3: Atelier de co-construction du jeu sérieux**

**Présents:**

**P1: Agriculteur et membre du comité exécutif**

**P2: Agriculteur**

**P3: Agriculteur et chef GDA Bsissi**

**P4: Chef service CRDA**

**L'équipe du projet C4S: Emeline HASSENFORDER - Samia CHRIL - Sarra KEKLI - Martin BOULAY**

**Date: 26/04/2023**

**Durée: 1h45 (10h - 11h45)**

### **1. Présentation de notre projet**

- Cadre institutionnel
- Le projet en 2 mots : problème des eaux souterraines ; règles alternatives de gestion de la nappe

### **2. Tour de table**

### **3. Présenter objectifs de la réunion**

- On est entrain de travailler sur un outil de simulation qui permet de tester des instruments de gestion par les acteurs impliqués dans la gestion de la nappe
- Suite aux entretiens qu'on a fait ici à Gabès, on a recueillis des suggestion sur différents instruments de gestion de l'eau souterraine
- Aujourd'hui on vise à recueillir vos commentaires sur ce qui a déjà été fait de l'outil (choix des rôles, des activités, des ressources choisies, de l'organisation générale) et à co-construire ensemble des scénarios alternatifs pertinents

### **4. Test du prototype**

**Phase 1 : Explication de notre jeu**



Pourquoi cet outil?

- Outil de simulation pour tester de nouvelles règles sans conséquences, avant de le mettre réellement en place sur le terrain
- Se veut générique, utilisable dans des conditions différentes : that's why it's simplified !
- Possible de faire la même chose en ligne, mais seule une personne peut le manipuler et les autres juste voient les résultats : forme compliquée. L'intégration de tous les acteurs est par contre plus importante via la manipulation de matériel.
- L'outil peut être utilisé dans d'autres cas (pas que le cas de Limaoua)
- Montrer une photo exemple d'outil finalisé

**P3** : “ Il est difficile de convaincre des agriculteurs d'une chose que n'a pas été testé ou qu'ils n'ont jamais vue pratiquée ailleurs. Ça sera intéressant si votre outil permettra les agriculteurs de tester de nouveaux instruments de gestion sans qu'ils auront besoin de les tester réellement”

Emeline : “Justement leur outil permet de faire ça”

**P3** : “En 2001 à Bsissi, on a suggéré de mettre des compteurs dans les vannes et de donner 70 milles m<sup>3</sup> d'eau pour chaque agriculteur mais les agriculteurs n'étaient pas d'accord. Le GDA a alors suggéré de proposer des abonnements annuels de 50 dt et depuis la consommation d'eau d'irrigation a diminué de 30%. Les agriculteurs à Bsissi ont aussi diminué d'exploiter les cultures maraichères. Moi personnellement je mets la pompe en marche une seule fois par semaine” ... “Avant en 2000, les agriculteurs n'étaient pas pour la création des GDA et que les GDA imposent des règles. Mais après ils étaient tous impressionnés par les réalisations des GDA comme le pavage des routes, le pompage par l'électricité.. Les agriculteurs n'écoutent pas si tu les impose des règles sans contrepartie”

## **Phase 2 : Test d'un tour du scénario de base**

- Présenter les différents rôles et activités



\*Explication de la boîte représentant la nappe\*

**P3** : “En 2008 le niveau de la nappe dans mon forage été -12m, j’ai placé la pompe à -17m et jusqu’à aujourd’hui je pompe l’eau sans problème et la salinité est à 3g et qlq”

\*Explication des rôles\*

- Pour les pertes en eau en fin de tour :

**P4** : “ une cuillère sur deux (30%) c trop”

**P2** : “10% ça va”

**P4** : “Les rôles sont bien présentés mais les activités ne sont pas bien représentées. Par exemple pour les grands agriculteurs il faut bien présenter les cultures qu’ils cultivent en générale (dans le cas de Limaoua, ils cultivent généralement des oliviers, grenadiers, pêcher), il faut mentionner s’ils y a des agriculteurs qui exploitent plus d’eau que leurs besoins. Faut ajouter d’autres caractéristiques qui font la différence entre grand et petit agriculteur pour montrer en fonction de quoi on fait la différence entre les deux: comme le type de culture. Les grands agriculteurs cultivent souvent de l’arbo et les petits agriculteurs cultivent du maraîchage car ils ont besoin de l’argent le plus tôt possible. La superficie n’indique pas si l’agriculteur est petit ou grand. Parfois un agriculteur a 10 ha et s’identifie comme petit agriculteur. C’est plus une question de capacité pour l’investissement. De plus, le fait que c’est un grand agriculteur ne peut pas dire qu’il consomme plus d’eau. Les grands agriculteurs généralement ont des cultures

qui consomment moins d'eau que les petits agriculteurs et en plus ils investissent dans des pratiques économiques en eau. Aussi les nappes sont différentes et ont des caractéristiques différentes, le fait de dire qu'on a atteint 200 m donc il faut creuser encore 50m, n'est pas faisable pour toutes les nappes donc il faut prendre en considération la question de la qualité et la disponibilité de l'eau. Si tu dois atteindre 200 m pour trouver l'eau, ça veut dire que ta construction n'est pas correcte dès le début. Aussi la nappe n'est pas continue, tu ne peux pas être sûre que tu trouvera l'eau en creusant, parfois la nappe s'arrête à 200 m mais il y a une autre nappe à 350 m"

Il ajoute "Il y a des agriculteurs qui ont des forages très anciens de 20 m et quand il n'arrive plus à pomper l'eau et demande au CRDA une autorisation pour créer un autre forage, le CRDA ne peut lui autoriser que un forage de 50m hors dans sa zone il n'y a plus de nappe phréatique. Dans ce cas il n'a pas le droit de remplacer son forage"

**P2** : "les petits agriculteurs peuvent consommer plus d'eau que les grands agriculteurs car ils utilisent parfois l'irrigation de submersion alors que le grand agriculteur a une installation du goutte à goutte"

**P4** : "En conclusion, tous ceux qui pratiquent le maraîchage et les cultures de fourrages sont des petits agriculteurs parce qu'ils ont toujours besoin d'un fond de roulement et les grands ont toujours des cultures d'olivier de 50/60 ha et donc n'est pas très dépendant de l'irrigation"

Sarra : "Quels rôles doit le CRDA jouer dans l'outil?"

**P4** " freiner les autorisations, contrôler la situation, faire des bilans"

\*Explication du matériel"

- Le dé pour la décision de CRDA (autorisation de forage)



**P4** : “ Dans les zones de sauvegarde et d’interdiction, la question des autorisations n’est pas au hasard. Il existe des lois dans cette affaire”

Sarra “Le hasard ne représente pas le point de vue du CRDA mais le point de vue de l’agriculteur. Un agriculteur après qu’il a déposé sa demande au CRDA, ne sait pas si la réponse sera positive ou non. Pour représenter ça on a choisi le dé”

**P2** “ Je vous conseille d’éliminer cette idée parce que y n’a pas des autorisations dans ce moment “

**P1** “Pour la création de nouveau forage c’est interdit par la loi. Après c’est la décision de l’agriculteur de faire un forage illicite ou non”

**P1** “les agriculteurs qui ont un forage illicite travaillent en cachette. Ils ne demandent ni des subventions ni l’aide de l’Etat afin que le CRDA ne soit pas au courant de son forage”

**P1** “ les agriculteurs qui ont une autorisation pour un forage phréatique et qui ont ensuite créé un forage de plus de 50m, ne prennent pas de subvention (et ne demande pas la subvention car pour bénéficier d’une il faut que l’APIA vient sur terrain et fait le contrôle sur la profondeur)”

**P4** “ Quand quelqu’un fait une demande de forage dans la zone d’interdiction, la réponse sera négative et envoyée automatiquement et dans les zones de sauvegarde les autorisations sont positives que pour les forages phréatiques. Mais à l’exception de la zone de sauvegarde de Gabès on refuse même les demandes de forage phréatique car il n’y a pas de nappe phréatique. En contrepartie, les agriculteurs vont faire des forages illicites parce que à 1000% la demande sera refusée. MAIS on crée une marge (de flexibilité quand ils suivent la loi) pour permettre à qlq agriculteurs de créer des forages. Dans les zones où il n’y a pas de GDA cette

marge sera plus large car il n' y aura pas d'autocontrôle comme dans le cas des GDA. Dans le cas du GDA Bsissi, il y a un autocontrôle, quand un agriculteur pense à créer un forage illicite les autres agriculteurs vont passer l'information au CRDA" "Les agriculteurs parfois demandent au CRDA une autorisation de forage phréatique (qui est généralement donnée par le ministre mais dans le cas de Gabès c'est le CRDA qui la donne) par l'argument que c'est leur droit (de créer des forages phréatiques dans une zone de sauvegarde) par la loi. C'est vrai qu'il existe qlq nappes phréatiques dans les zones de Mdou, Limaoua et Tmoula et nous (CRDA) acceptons leurs demandes mais on a rendu compte qu'ils vont après dépasser les 50m, et vont jusqu'à 150m. Le CRDA ici se trouve dans une situation critique, d'un côté, il ne peut pas refuser la demande car dans ce cas l'agriculteur peut envoyer une plainte au ministre et de l'autre côté il ont un souci que l'agriculteur va faire un dépassement. Là le rôle des GDA -comme GDA Bsissi- apparaît (rôle d'autocontrôle)"

**P3** " J'ai une question (pour P4) : < un agriculteur qui cultive du maraîchage et un jour son forage arrête de pomper l'eau, il fait quoi?> "

**P4** " si son forage est légal il peut faire une demande d'un forage complémentaire"

**P3** "Cette procédure peut prendre de 2 à 6 mois"

**P4** "La procédure n'est pas automatique, on demande de l'agriculteur de faire un rapport technique et de filmer par caméra le forage à part l'enquête qu'on fait nous même afin de décider finalement si ce forage doit être remplacé ou non, parce que parfois ce n'est pas une question de la disponibilité de l'eau mais un dysfonctionnement de la pompe ou un besoin de débouchage (colmatage), ces problèmes peuvent être réparés. Une fois que la diagnostique montre que évidemment le forage doit être remplacé, on donne une compensation. Jusqu'à ce temps l'agriculteur doit chercher une autre solution pour dépanner. C'est pas au CRDA ici de trouver une solution "

Martin : "Qu'est ce que vous pensez de la pâte à fixe pour présenter les parcelles et des punaises pour les forages"

**P4** : "En réalité le nombre de forage est énorme, là je vois que quelques uns"

Martin : "Il faut faire plus simple, on ne peut pas mettre des forages partout. Pour cet outil il y a 4 acteurs et on représente que les forages de ces acteurs"

**Faire un déroulé du jeu :**



Martin et Sarra font un tour du jeu et explique comment se fait l'extraction de l'eau, la recharge de la nappe et les rôles de chaque acteur.

À un certain moment dans le jeu la nappe atteint 200m et c'est le tour du deuxième petit agriculteur de jouer. Mais cet agriculteur a un forage qui lui permet de pomper jusqu'à 150m. Ici Martin propose d'ajouter une extension de forage (punaise rouge).

Sarra "Pendant le premier tour, on joue la situation telle qu'elle est. Vous dans ce cas vous allez réagir comment?"

**P2** "J'aimerais adopter une méthode d'irrigation qui permet d'éviter que je me trouve dans cette situation" "y a t'il un moyen dans l'outil (jeu) pour que je diminue ma consommation d'eau?"

**P4** "Pour dépenser moins il faut d'abord changer de culture"

**P1** "La solution est d'économiser l'eau, le deuxième forage \*pointe vers la punaise rouge\* n'est pas la solution"



## 5. Courte restitution des points importants des entretiens par rapport aux nouveaux instruments

\*Présentation de l'idée de forage collectif privé avec panneaux solaires\*

- P4** : " En réalité les forages collectifs privés existent mais ce sont des forages familiaux, une famille de 5/6 frères qui partagent un forage mais l'idée d'un forage collectif pour des agriculteurs qui n'ont aucun intérêt commun ne marche pas. Sauf s'ils créent ensemble une société privé"
- P1** : "Les forages collectifs privés peuvent économiser l'eau. Au lieu que chaque agriculteur crée un forage et consomme l'eau à tort et à travers, les agriculteurs peuvent créer un seul forage ensemble"
- P4** : " Un forage collectif ne veut pas dire qu'il y aura moins de consommation, il peut diminuer le coût mais pas nécessairement la consommation d'eau. Le fait de partager un forage peut même augmenter la consommation par exemple si on a 3 agriculteurs partagent un forage privé qui ont besoin de 3L + 5L + 5L d'eau. Celui qui devrait consommer que 3, va consommer 5 juste car les autres consomment 5 "
- P3** : " Pour économiser l'eau il faut d'abord autoriser l'installation de l'énergie solaire que pour les forages légaux"
- P4** : "En ce qui concerne l'énergie solaire, il existe deux types d'autorisations données par deux organismes l'APIA et L'ANME et les deux ne donnent pas d'autorisations ou de subventions pour les forages illicites. Les agriculteurs qui installent des panneaux solaires et ont un forage illicite sont en train de le faire sans passer par l'APIA ou l'ANME mais de directement

aller aux sociétés d'installation. Dans ce cas il faut voir avec la politique du ministère de l'industrie, des mines et de l'énergie"

## **6. Points retenus**

Martin : "Je vous invite à lire la liste des instruments de gestions retenu et proposer d'autres instruments"

**P4** propose le cas du Mancha : Faire des plans d'exploitations, fixer les quotas et contrôler si les agriculteurs sont en train de suivre leurs plans

## **7. Mise en situation des points retenus**

Sarra : " D'après vous comment peut-on simuler le cas de l'Espagne dans l'outil?"

Quelle forme cela prend dans l'outil ?

**P4 :**

- Éliminer des forages
- Faire un grand bassin
- Alimenter le bassin et puis distribuer l'eau pour les agriculteurs
- Chaque agriculteur propose un plan d'exploitation
- En fonction du plan d'exploitation on calcule le quota d'eau

## **8. Conclusion**

## **9. Remerciements**

On revient dans 3 semaines avec amélioration du prototype suite à vos commentaires, si cela vous tente de ré-essayer ?

Tous les invités ont accepté de se réunir une deuxième fois pour essayer l'outil finalisé.

## Annexe 4: Le déroulé des tours du jeu

Déroulé du premier tour	
1	Point météo
2	Prélèvement eau potable et industrie
4	Prélèvement de vos besoins en eau
5	Paiement de vos coûts d'énergie
6	Réception des revenus
7	Assemblée générale <ul style="list-style-type: none"> <li>• Situation individuelle</li> <li>• A propos de la nappe</li> </ul>

Déroulé du deuxième tour	
1	Point météo
2	Prélèvement eau potable et industrie
3	Nouvelles activités disponibles <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approfondir son forage</li> <li>• Changer de culture</li> <li>• Evènement GDA</li> </ul>
4	Prélèvement de vos besoins en eau
5	Paiement de vos coûts d'énergie
6	Réception des revenus
7	Assemblée générale <ul style="list-style-type: none"> <li>• Situation individuelle</li> <li>• A propos de la nappe</li> </ul>

:

Déroulé du quatrième tour	
1	Point météo
2	Prélèvement eau potable et industrie
3	Nouvelle activité disponible : L'action collective
4	Prélèvement de vos besoins en eau
5	Paiement de vos coûts d'énergie
6	Réception des revenus
7	Assemblée générale <ul style="list-style-type: none"> <li>• A propos de la nappe</li> <li>• Fonctionnalité de l'instrument</li> </ul>

Déroulé du troisième tour	
1	Point météo
2	Prélèvement eau potable et industrie
3	Nouvelles activités disponibles <ul style="list-style-type: none"> <li>• Approfondir son forage</li> <li>• Changer son type d'irrigation</li> <li>• Changer son type d'énergie</li> <li>• Evènement GDA</li> </ul>
4	Prélèvement de vos besoins en eau
5	Paiement de vos coûts d'énergie
6	Réception des revenus
7	Assemblée générale <ul style="list-style-type: none"> <li>• Situation individuelle</li> <li>• A propos de la nappe</li> </ul>

<b>Déroulé du cinquième tour</b>	
<b>1</b>	<b>Point météo</b>
<b>2</b>	<b>Prélèvement eau potable et industrie</b>
<b>3</b>	<b>Nouvelle activité disponible :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• 2ème tour de l'action choisi en tour 4</li><li>• Nouveau choix d'action collective</li></ul>
<b>4</b>	<b>Prélèvement de vos besoins en eau</b>
<b>5</b>	<b>Paiement de vos coûts d'énergie</b>
<b>6</b>	<b>Réception des revenus</b>
<b>7</b>	<b>Assemblée générale</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• A propos de la nappe</li><li>• Fonctionnalité de la règle</li></ul>

## Annexe 5: Les cartes des instruments de gestion dans le jeu

1

### Taxe sur la superficie irriguée

L'objectif de cet instrument est de définir un nombre maximal de parcelles en irrigué par usager en fonction de la disponibilité de l'eau dans la nappe et de la profondeur des forages. Le non respect de cette règle engendre le paiement d'une taxe.

A définir :

- **Le nombre de parcelle à partir du quel l'usager doit payer une taxe**
- **Le montant de cette taxe**
- **Nécessite la carte numéro 7**

2

### Communication sur l'état de la nappe

Cet instrument consiste à informer sur les caractéristiques hydrologiques de la nappe : **eau disponible par palier** et l'**estimation de la recharge de l'année prochaine** pour appuyer les usagers dans leur définition de nouvelles règles de gestion.

**Exemple :** définir un quota d'eau par usager au vu des données connues

3

## Allocation d'un quota d'eau fixe

Tous les agriculteurs disposent d'une autorisation de prélèvement qui spécifie le volume d'eau souterraine (quota) pouvant être pompé annuellement.

Caractéristiques:

- **Nécessite la carte numéro 2**
- **Quota modifiable à 7 EAU maximal/usager/tour**
- **Nécessite la carte numéro 7**

4

## Taxe sur la consommation d'eau

Cet instrument consiste en la mise en œuvre d'une taxe sur les prélèvements, définie en fonction du risque de surexploitation de la nappe et des besoins des usagers.

A définir:

- **Taxe (nombre de flous) à payer lorsque : prélèvement d'eau est > à une quantité d'eau prédéfinie**
- **Compatible avec la carte numéro 3**
- **Nécessite la carte numéro 7**

5

## Création d'un forage collectif

Cette règle consiste en la création d'un forage collectif géré par un groupe d'agriculteurs autoorganisés en association d'irrigant.

1. Mise en contexte : tous les forages deviennent illicites (punaise rouge)
2. Fermer tous ces forages et un emplacement est désigné pour héberger le forage collectif
3. Demander l'autorisation à l'administration
4. Définir le tour d'eau
5. Répartir équitablement les coûts d'énergie

6

## Tarification de l'eau

Cette règle consiste en la **définition d'un montant de flous par unité d'eau prélevée.**

Caractéristiques:

- **Nécessite la carte numéro 7**
- Ex : 1 flous par 1 EAU

7

## Contrôle et sanction

Cet instrument consiste en la définition d'un système de contrôle et de sanction. Il peut être opéré par un acteur extérieur (administration, police de l'eau) ou intérieur (membres de l'association d'irrigants, autocontrôle entre agriculteurs). Des outils peuvent venir appuyer le contrôle tel que l'installation de compteur d'eau, la télédétection, les visites à l'improviste chez les agriculteurs.

En cas de non respect des règles de gestion prédéfinies, l'utilisateur sera sujet à des sanctions (amendes graduées, travaux de maintenance, prison)

A définir :

- Type de contrôle et acteur pour sa mise en œuvre
- Type de sanction et acteur pour son application

8

## Légalisation de forages illicites

Cet instrument vise à résoudre le problème des forages illicites. Pour cela :

1. Signer l'accord conditionnel avec l'administration
2. Punaise rouge devient blanche
3. Obligation de :
  - rejoindre le groupement d'agriculteurs
  - respecter le quota d'eau **fixé en amont = 7 EAU/usager/tour**
  - interdiction d'extension de forage

**Appliquer les caractéristiques des cartes 2 & 3**

9

## Connecter le forage collectif à l'énergie solaire à la STEG

### Carte extension à la n°5

Dans le cas d'un forage collectif fonctionnant à l'énergie solaire, le connecter à la STEG permet d'économiser les coûts d'énergie lié à l'extraction de l'eau souterraine.

1. Négocier un deal d'achat & vente avec la STEG
2. Signature du contrat entre l'administration, la STEG et le collectif

10

## Contrôle par l'énergie

Cet instrument vise à réduire les quantités d'eau prélevées en exerçant un contrôle sur l'énergie servant pour extraire l'eau des sous-sols.

1. Mise en contexte : uniquement des motopompes électriques
2. Le collectif d'agriculteurs fixe un nombre de chevaux maximum sur chaque pompe. Débit limité à 7 EAU par tour par agriculteur

## Annexe 6: Fiche d'observation de session de jeu

Lieu		Nombre total de participants	Hommes		Femmes	
Date		Nom du jeu	Ground'Wag'Er			

### Briefing

Heure de début		Heure de fin	
<u>Commentaires</u>			

### Temps de jeu

Heure de début		Heure de fin		
Nombre de tours de jeu				
<b>Rôle</b>	<b>Nom du joueur</b>			<b>Catégorie socio-pro</b>
Petit agriculteur 1				
Petit agriculteur 2				
Grand agriculteur				
GDA				

<b>Stimuler l'émergence de nouvelles organisations</b>		
<b>Éléments non verbaux</b>	<b>Éléments verbaux</b>	<b>Indicateurs</b>
<i>Arrangements licites ou illicites (gestes, attitudes, regroupement, sortie d'un membre)</i>	<i>Phrases création collectif</i>	<i>Nombre de ressources échangés=</i>
	<i>Phrases sur les décisions des règles de gestion, plans de gestion, sanction, nouvelles lois...</i>	<i>Joueur élu représentant</i>
	<i>Phrase sur l'interaction au sein du collectif</i>	<i>Nombre de sanctions</i>
	<i>Échange de ressource (prêt d'argent, d'eau)</i>	<i>Autres</i>

<b>Favoriser le transfert de connaissances et l'apprentissage</b>	
<b>Éléments non verbaux</b>	<b>Éléments verbaux</b>

Utilisation d'objets pour sa compréhension (prise de notes sur une feuille)	Phrases sur l'apprentissage (J'ai compris, je ne pensais pas que...)
Changement d'action effectué suite à la compréhension du jeu	Question de compréhension sur la dynamique du jeu

Nombre de questions posées	
Décompte des éléments qualitatifs exprimés (nombre de fois où le verbe comprendre/savoir est dit par exemple)	

Faire exprimer les valeurs		
Éléments non verbaux	Éléments verbaux	Indicateurs
Signes physiques d'approbation / désapprobation  Action interdite, d'entraide, d'exclusion d'un joueur	Phrases jugement de valeurs (c'est juste / injuste, tu n'as pas le droit...)	Nombre de joueurs enfreignant les règles / tour

## Debriefing

Heure de début		Heure de fin	
La session a-t-elle	Duré plus longtemps :	Démarré en retard :	
Combien de personnes sont arrivés ou partis en cours de session ?			
Des personnes sont-elles restées en retrait ?	Oui, combien ?		Non

## Autres commentaires

## Annexe 7: Fiche de suivi des actions des joueurs

		BRIEF		TEMPS DE JEU		DEBRIEF	
Lieu		Heure de début		Heure de début		Heure de début	
Nbr participants							
Date		Heure de fin		Heure de fin		Heure de fin	

	Heure de début
Tour 1	
Tour 2	
Tour 3	
Tour 4	
Tour 5	

### Actions individuelles

	GDA – Joue en				
	Approfondissement de forage	Choix de culture	Changement de technique d'irrigation	Changement de type d'énergie	Commentaires
Tour 2					
Tour 3					

	Grand agriculteur – Joue en				
	Approfondissement de forage	Choix de culture	Changement de technique d'irrigation	Changement de type d'énergie	Commentaires
Tour 2					
Tour 3					

	Petit Agriculteur 1 – Joue en

	Approfondissement de forage	Choix de culture	Changement de technique d'irrigation	Changement de type d'énergie	Commentaires
Tour 2					
Tour 3					

	<b>Petit Agriculteur 2 – Joue en</b>				
	Approfondissement de forage	Choix de culture	Changement de technique d'irrigation	Changement de type d'énergie	Commentaires
Tour 2					
Tour 3					

Action collective

	Actions choisies	Freins et leviers	Effets sur le jeu
Tour 4			
Tour 5	-	-	-

**Actions imprévues**



## Annexe 8: Débriefing

### 1. Emotions

Tour de table sur : Est-ce que vous avez passé un bon moment ? Comment vous êtes-vous senti ?

### 2. Evènement

Décodage collectif du choix des actions. Retracer ensemble le déroulé du jeu puis expliciter ensemble pourquoi cela s'est passé ainsi. Se baser sur l'évolution du graphique piézométrique pour suivre le déroulé.

AG tour 4

AG tour 5

--

### 3. Lien à la réalité

Est-ce que le jeu reflète bien la situation réelle ?
--

--

## Annexe 9: Grille d'analyse des résultats des 3 premiers tours (action individuelle)

Session de jeu	Caractéristiques des 3 premiers tours : Actions individuelles					
	Ordre de jeu	Investissement dans les types de culture	Ajout d'extension illícite	Investissement dans l'irrigation	Investissement dans l'énergie	Niveau d'équité (flous & eau) entre les joueurs
<b>Session 1: Limaoua 1</b>	Premier : PA 2 Deuxième : GA Troisième : PA 1 Quatrième : GDA	PA1: CT3 changée par CT1 PA 2: CT 2 changée par CT1 GA n'a rien changé	Personne n' a ajouté des extensions	PA 2; GA; PA 1= tous	le GA; GDA	GDA et PA 1 endetté au tour 2 PA 1 et GDA endetté au tour 3 PA 1 n'a pas eu d'eau au T2 et T3
<b>Session 2: Limaoua 2</b>	Premier : PA 2 Deuxième : GDA Troisième : GA Quatrième : PA 1	GA (3ème) : Echange 1 CT2 -> 1 CT1 PA 1 (4ème) : Achète 1 CT1 PA 2 (1er) : Achète 1 CT1	Personne n' a ajouté des extensions	PA 2 ; PA 1	Le GDA; le GA ; PA 1	En flous, tous bien sauf PA 1 En EAU, difficile pour tous (doivent retourner des cultures) mais particulièrement pour PA1 qui n'a pas pu irriguer au T3
<b>Session 3: CRDA administration Gabes</b>	Premier : PA 1 Deuxième : GDA Troisième : GA Quatrième : PA 2	GA (3ème) : Achète 1 CT1 & 1 CT 2 PA 1 (1er) : rien PA 2 (4ème) : échange 1 CT2 -> 1 CT1	GA en tour 3: palier 4	PA 2 ;	Les 4 joueurs ont investis	Ecarts très très prononcés entre grand domaine avec des forages profonds, vente d'eau... (GA et GDA) et les petits. Autant sur le gain d'argent que sur l'accès à l'eau

<b>Session 4: Dar Chichou</b>	Premier: PA 1 Deuxième: GDA Troisième: GA Quatrième: PA 2	PA1 (1er) a échangé CT3 par CT1 GA (2ème) ajoute une CT2 PA 2 (4ème) ajoute une CT3	GA en tour 2: palier 4 puis 5 PA 2 en tour 3: palier 3	PA1; PA2	Le GA (3ème) et le PA 2 (4ème)	écart entre le PA1 qui joue en premier et le PA2 qui est le 4ème écart entre le PA2 (4ème) et le GDA (3ème) qui les deux ont des difficultés pour satisfaire ses besoins en eau mais le GA s'en sorte bien car il a plus d'argent et donc capable d'approfondir son forage
<b>Session 5: El Fahs</b>	Premier : PA 2 Deuxieme: GDA Troisieme: PA 1 Quatrieme: GA	PA 2: change CT2 par CT1 PA 1: ajoute une CT1	GA en tour 2: palier 5 PA1 en tou 2: palier 4 PA2 en tour 3: palier 4	Tous	GDA	écart entre PA 2 (joue en premier mais trouve des problèmes dans la satisfaction de ces besoins en eau) et le GA (quatrième: joue le dernier mais il a assez d'argent pour trouver des solutions)

Session de jeu	Caractéristiques des 3 premiers tours : Actions individuelles				
	Ordre de jeu	Evolution collective de la quantité d'eau prélevée (T1 à T3)	Evolution individuelle des ressources financières	Evolution de la piézométrie	Citations / Eléments remarquables
<b>Session 1: Limaou a 1</b>	1: PA 2 2: GA 3: PA 1 4: GDA	Décroissance de la quantité collective prélevée (40 T1, 27 au T2 et 21 au T3) mais surtout du fait que PA 2 n'a pas satisfait 2 fois ces besoins en eau (T2 et T3)	Au tour 3 GDA : 7 GA : très riche PA 1 : 3 mais a dû emprunter PA 2 : 8	tour 1: 1-3 tour 2: 2-5 tour 3: 2-5	"Pour diminuer les prélèvements, une des solutions est de diminuer la superficie irriguée" (agriculteur et ingé agronome)

<b>Session 2: Limaou a 2</b>	1: PA 2 2 : GDA 3: GA 4 : PA 1	Tour 3 : GDA ; GA et PA 2 doivent retourner une carte. PA 1 n'a pas d'eau	GDA: moyen tout du long GA: Très bien tout du long PA 1: Pas bien puis doit emprunter pour revenir ok PA 2: bien	tour 1: 1-3 tour 2: 2-4 tour 3: 2-3	Ils n'ont pas beaucoup épuisé la nappe car ils n'ont pas fait d'extension de forage et ont du en contre partie retourner des cartes
<b>Session 3: CRDA administration Gabes</b>	1: PA 1 2: GDA 3: GA 4: PA 2	GA très cupide (5 parcelles) bloquant complètement PA 2 qui n'a pas eu d'eau au T2,3,4	Écart très fort. GDA riche, GA très riche, PA 1 moyen, PA 2 très pauvre	tour 1: 1-2 tour 2: 2-5 tour 3: 2-5	Sarra : Saviez vous que c'est la première session qu'on arrive au palier 5 au tour 2 ? *Tout le monde rigole* PA 1 : Et nous sommes des responsables sur l'eau Le PA1 voulait au début changer de système d'irrigation mais lors du t3 il n'a au final rien changé car je cite : "PA 1 : Plus maintenant, vu qu'il y a suffisamment d'eau et je joue le 1er" = reflet d'une mentalité orientée sur une stratégie individuelle Tension fin du tour 4 après les innombrables échecs pour remonter piézométrie. Injonction de "C'est moi le président" - PA 1 pour énoncer quelle règle sera mise en place, Débat/plusieurs propositions sur quelle règle pour solutionner l'appauvrissement constant de la nappe
<b>Session 4: Dar Chichou</b>	1: PA 1 2: GDA 3: GA 4: PA 2	Tour1: tous ont prélevé Tour 2: tous sauf PA2 Tour 3: PA1 et GDA seulement	3 joueurs ont été endetté pendant le jeu (sauf le PA1), PA2 n'a pas réglé ses comptes à la fin	tour 1: 1-2 tour 2: 2-5 tour 3: 2-5	

<b>Sessio n 5: El Fahs</b>	1: PA 2 2: GDA 3: PA 1 4: GA	Tour 1: tous ont prélevé Tour 2: tous ont prélevé (2 ont prélevé en illicite) Tour 3: tous sauf PA2	tour 1: tous biens tour 2: GDA, GA et PA1 endettés tour 3: GA endetté	tour 1: 1-2 tour 2: 2-5 tour 3: 2-5	"Notre problème c'est qu'on a ça (montre les billes jaunes= argent), mais qu'on n'a pas ça (montre les billes bleues=eau)" GA: "J'ai gagné dans le jeu mais pas dans la réalité"
------------------------------------	---------------------------------------	--	--	---	--

**Annexe 10: Grille d'analyse des résultats des 2 derniers tours (action collective)**

	Quelle combinaison d'instruments T4	Quels effets sur le jeu T4	Quelle combinaison d'instruments T5	Quels effets sur le jeu T5
<b>Session 1: Limaoua 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Forage collectif privé</li> <li>* Légalisation des forages illicites</li> <li>* Communication sur l'état de la nappe</li> </ul>	<p>Pas d'effets car ils n'ont pas voulu le tester dans le jeu car impossible dans le jeu selon eux.</p> <p>Ils n'avaient pas de forage illicite</p> <p>Chacun voulait garder son forage individuel et utiliser le collectif (qui est très profond) en seconde main.</p>		
<b>Session 2: Limaoua 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tarification de l'eau</li> <li>* Forage privé collectif</li> <li>* Connecté à la STEG</li> </ul>	<p>1 joueur n'a pas eu d'eau au T3 et tous ont du retourner des cartes. Au T4 ils ont tous eu de l'eau grâce au FPC et ont économisé de l'argent avec le connecté à la STEG. Piézo T4 : 1-3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* FCP</li> <li>* Connecté à la STEG</li> <li>* Taxe sur l'eau</li> </ul>	<p>Piézo : 1-2</p> <p>Tous ont eu 100% eau (PA1 a retourné une carte)</p> <p>Situation financière très bien pour tous</p>
<b>Session 3: CRDA Gabes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Taxe sur l'eau</li> <li>* Forage privé collectif</li> <li>* Connecté à la STEG</li> </ul>	<p>Pas d'effets positifs, PA 2 n'a toujours pas accès à l'eau depuis le T2.</p> <p>Piézo : 2-5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Taxe sur l'eau</li> <li>* Forage privé collectif</li> <li>* Connecté à la STEG</li> <li>* Taxe sur la superficie</li> </ul>	<p>Pour la première fois depuis le 1er tour, PA 2 a pu prélevé de l'eau, et il restait de l'eau au fond du palier 5 à la fin du tour (Piézo : 2-5)</p>
<b>Session 4: Dar Chichou</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Forage collectif privé</li> <li>2- Tarification de l'eau</li> <li>3- Taxe sur la consommation d'eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le GA et le GDA refusent de rejoindre le nouveau collectif</li> <li>- Taxe = 1 bille jaune pour chaque unité d'eau à partir de la 6ème bille bleu</li> <li>- Tarification= 1 bille jaune pour chaque deux billes bleues</li> <li>- PA1 et PA2: ont payé la taxe et la tarification</li> <li>- PA1 n'a pas irrigué une parcelle d'olivier</li> <li>- Le GA n'a pas satisfait ces besoins en eau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1- Forage collectif privé</li> <li>2- Tarification de l'eau</li> <li>3- Taxe sur la consommation d'eau</li> </ul>	<p>-Tous le monde a satisfait ces besoins en eau -Diminution des prélèvements d'eau</p>

<b>Session 5: El Fahs</b>	1- Forage collectif privé 2- Taxe sur la superficie irriguée 3- Energie solaire connectée à la STEG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La fixation d'une taxe à payer si le nombre de parcelle est supérieure à 2</li> <li>- Le GA décide de diminuer le nombre de parcelles (de 3 à 2)</li> <li>- Tous les joueurs ont prélevé l'eau et satisfait leurs besoin d'eau</li> <li>- Les joueurs ont réglé leurs dettes car les coûts ont diminué vu qu'il ne payent plus les coûts de pompage</li> <li>- Diminution des prélèvements en eau</li> </ul>		
-----------------------------------	---	---	--	--

	Conditions pour être acceptable dans la réalité	Autre instrument discuté	Remarques - Citations - Éléments remarquables
Session 1: Limaoua 1	<p>1 - <b>Forage collectif privé</b> : C'est possible s'il y a des agriculteurs privés voisins et veulent chacun créer un forage. De plus, cela permet de diminuer le nombre de forages individuels mais il doit être assez profond pour satisfaire les besoins de tous ces usagers</p> <p>2 - <b>Légalisation des forages illicites</b> : Oui, dans le cas de Limaoua c'est un intérêt qu'ont les agriculteurs (<b>non pas comme allocation d'un quota d'eau fixe</b>). L'idée de légaliser les forages illicites est bonne car c'est une bonne incitation qu'à partir de laquelle il est possible d'imposer des conditions et donc des règles. Par exemple, par la légalisation des forages qui existent déjà et interdire les nouveaux forages. Pour ce faire, le nouveau GDA doit être le lien entre les agriculteurs et l'administration et chaque agriculteur sur Limaoua doit faire partie du GDA avant même de demander de faire un nouveau forage.</p> <p><b>Contraintes:</b></p> <p>1 : La limite de cet instrument est si par exemple il y a 4 agriculteurs dont 3 habitent à côté mais un écarté un peu donc ça ne l'intéresse pas de partager un forage avec les autres car ils sont loin de ces parcelles.</p>	<p><b>Taxe sur la superficie</b> : Cette taxe n'est pas possible, les agriculteurs n'acceptent pas ce genre de règle sauf si elle est imposée par l'Etat.</p> <p><b>Allocation d'un quota d'eau fixe</b> : Selon RT (agriculteur), il faut changer l'esprit des agriculteurs (ce qui est difficile soit impossible) ou ça doit être imposé par la loi. Selon RB, A Limaoua, c'est des agriculteurs privés et le contrôle des forages privés n'est pas possible. Déjà ces agriculteurs n'ont pas besoin d'un GDA, ils ont leur forage et ils pompent sans problème. Qu'est-ce qui va les convaincre à rejoindre un collectif qui contrôle leur consommation ? Dans le cas de programme agricole fixés en amont avec des quantités d'eau fixe par an par agri, c'est possible mais la limite de cet instrument est que ça marche que pour des GDA qui distribuent l'eau et peuvent contrôler les quantités. De plus, il faut un responsable et connaisseur pour calculer les besoins et définir les quotas.</p> <p><b>Contrôle et sanction</b> : Tout ce qui se réfère au contrôle et sanction est vu comme devant être orchestré par l'état. Un GDA selon eux ne peut en aucun cas faire ça. "les agriculteurs n'acceptent pas ce genre de règle sauf si elle est imposée par l'Etat"</p>	<p>C'était la 1ere fois que l'on mettait vraiment en place le tour 4, nous n'avons pas assez insisté pour qu'ils gardent la casquette de joueur jusqu'à la fin du tour</p> <p>Tout ce qui se réfère au contrôle et sanction est vu comme devant être orchestré par l'état. Un GDA selon eux ne peut en aucun cas faire ça. "les agriculteurs n'acceptent pas ce genre de règle sauf si elle est imposée par l'Etat" « Nous sommes heureux que les jeunes de notre pays s'intéressent aux problèmes de l'eau et de l'environnement » Hedi ben mahmoud PA2</p>

	Conditions pour être acceptable dans la réalité	Autre instrument discuté	Envisageable sur le terrain ?	Remarques - Citations - Éléments remarquables
Session 2: Limaoua 2	<p><b>Connecter l'énergie solaire à la STEG:</b> Il faut que le débit d'énergie soit élevée afin que ça soit rentable pour les agriculteurs et la STEG</p>	<p><b>Taxe sur la superficie :</b> Dans leur cas non. Au sein du GDA public et dans la région tenu par Issa, le max d'hectares autorisés est de 2 ha en irrigué. Dans le nouveau GDA, ce sera juste une taxe à l'entrée dans le GDA de 50 dt, quelque soit la superficie.</p> <p><b>Allocation d'un quota d'eau fixe :</b> Ils espèrent que dans le futur, le nouveau collectif de Limaoua pourra implémenter cette mesure</p> <p><b>Contrôle et sanction :</b> Pour les agriculteurs privés, tu ne peux pas les obliger à payer une taxe car ils n'acceptent pas. Ils ont 20 à 30 ha. Il faudrait contrôler par le débit : Pour le débit il faut imposer un numéro de moteur qui pompe un certain débit maximum, il y a des pompes de 5/7/8 chevaux.</p>	Allocation d'un quota d'eau fixe -Forage collectif privé	Meilleure session en terme d'objectif jeu de stabiliser les prélèvements. Ne se sont pas amusé jusqu'au 3ème tour. Ils n'ont pas été motivé pour sortir du jeu et faire un debriefing complet. « on espère bien que dans la réalité on peut faire ça (de créer un forage collectif) tous nos problèmes vont être résolus » PA1

	Conditions pour être acceptable dans la réalité	Autre instrument discuté	Remarques - Citations - Éléments remarquables
<b>Sessio n 3: CRDA Gabes</b>	<p><b>Taxe sur la superficie irriguée :</b> <i>Plus facile à contrôler si les agriculteurs sont regroupés en collectif (Si Rida)</i></p> <p><b>Taxe sur la consommation d'eau :</b> <i>Même remarque (Si Rida)</i></p> <p><b>Forage collectif privé :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>*Plus simple à contrôler pour le CRDA (Si Sofien)</i></li> <li><i>*C'est possible de créer des FCP si les agriculteurs sont réunis sous forme de coopérative</i></li> <li><i>Il faut un organisme qui organise ces collectifs pour que ça fonctionne</i></li> <li><i>*100% subventionné par l'Etat</i></li> </ul>	<p><b>Tarifcation de l'eau :</b> <i>C'est le président du collectif qui s'occupe du contrôle</i></p> <p><b>Légalisation des forages illicites :</b> <i>Instrument pertinent (Sofien) C'est possible de le faire à condition d'équiper le forage nouvellement légalisé par une pompe de débit fixe et un compteur (MHT) Ce n'est pas possible pour toutes les régions. Le ministre accepte ces légalisations sauf pour les régions où il y a des problèmes sérieux comme le cas de Bsissi qui ont un risque élevé d'intrusion marine.</i></p>	<p>Ils se sont très bien appropriés le jeu mais il n'est pas ressorti grand chose du debriefing. Pire session en terme d'objectif jeu de stabiliser les prélèvements</p>

	Conditions pour être acceptable dans la réalité	Envisageable sur le terrain ?	Remarques - Citations - Elements remarquables
<b>Session 4: Dar Chichou</b>	<p><b>Forage collectif privé:</b></p> <p><i>Acceptables par les usagers qui n'ont pas un forage privé fonctionnel -L'organisation des tours d'eau: Dans le cas du GDA de abéne, chaque année une liste de tour d'eau est créée. Le premier qui s'inscrit sera le premier à prélever l'eau durant la semaine et ainsi de suite.</i></p> <p><i>-Les agriculteurs ayant un forage privé fonctionnel n'ont pas d'intérêt dans les règles de gestion collective</i></p> <p><i>"Mais peut-être que ça ne fonctionne pas bien quand il y a une différence significative dans les consommations et les besoins en eau, ce qui peut créer des conflits; ou bien un des usagers ne veut pas payer l'électricité. "</i></p>	<p><b>Forage collectif privé:</b></p> <p><i>diminue les coûts d'énergie et permet aux usagers de faire des stratégies ensemble (ex. Qui cultive quoi)</i></p>	<p>Un membre du GDA Dar Chichou: "Dans la réalité, ces instruments ne sont pas réalistes pour notre cas. Il n'y a pas des grands agriculteurs privés dans la zone de dar Chichou. Tous les agriculteurs sont petits et généralement membres d'un GDA public" « on a choisi les instruments qui nous semblent pertinents pour nos problèmes dans le jeu mais dans la réalité c'est plus compliqué et il faut prendre d'autres facteurs en question comme la loi, les autorisations de l'administration et les capacités des agriculteurs » Responsable du GDA Dar Chichou: "ce n'est pas possible d'empêcher les agriculteurs à cultiver par exemple des pommes de terre si le prix de pommes de terre est élevé sur le marché cette année"</p>

	Conditions pour être acceptable dans la réalité	Autre instrument discuté	Envisageable sur le terrain ?	Remarques - Citations - Elements remarquables
<p><b>Session 5: El Fahs</b></p>	<p><b>Forage collectif privé:</b>  <i>-pour créer un forage collectif il faut que les usagers partage les coûts de construction et qu'il y a un problème d'accès à l'eau afin de convaincre l'administration à donner une autorisation.</i>  <i>-il faut que les contributions financières des usagers soient en fonction de leurs besoins en eau.</i>  <i>-le contrôle est fait par les usagers entre eux</i></p> <p><b>Taxe sur la superficie irriguée:</b>  <i>-Que les agriculteurs qui ont des problèmes d'accès à l'eau vont accepter une taxe contre la fourniture de l'eau</i>  <i>1: les forages collectifs sont profonds et les couts de pompage sont élevés</i>  <i>1: les coûts de constructions sont élevés</i></p>	<p><b>Légalisation des forages illicites:</b>  <i>-la légalisation ou l'électrification des forages illicites doivent être conditionnés pour que le but de préserver la ressource soit atteint</i></p> <p><b>Contrôle et sanction</b>  <i>-le contrôle des forages illicites n'est pas possible, il faut que l'administration prélève l'eau potable à travers les forages illicites pour limiter leurs consommations.</i></p>	<p>- Les forages collectifs: permet de résoudre les problème des agriculteurs qui ont des forages non fonctionnels, ps: les agriculteurs qui ont venu pendant la session on beaucoup de forage non fonctionnel et d'après ce qu'ils disent, il n'envisagent pas faire un forage illicite, Je ne sais pas si c'est par principe ou par manque de moyens ou par peur de la loi</p> <p>- La taxe sur la superficie irriguée: les joueurs pensent que ce n'est pas équitable le fait qu'il y a des agriculteurs qui sont méga riche et ont des parcelles de 30 ha et plus en irriguée quand à eux ils galèrent à irriguer 2 ha</p> <p>Ils n'ont pas discuter la faisabilité par rapport aux lois mais par rapport à l'acceptabilité par la majorité des agris</p>	<p>Il n'y a aucune mentalité de collectif dans cette zone, ni aucun accompagnement. Le jeu est porté sur le collectif. L'écart est important entre ce qui est représenté dans le jeu et la réalité du terrain où ils sont seuls et sans accompagnement. Il n'est pas possible d'envisager de nouvelles mesures de gestion juste comme cela. Pour autant ils sont ressortis avec le sourire et plus confiant qu'à l'arrivée.</p> <p>GA: " Malgré que c'est juste un jeu, je me sens mieux et moins stressé"</p> <p>GDA: "Vous nous avez donné de l'espoir en discutant des différentes options"</p> <p>GA : "Dans la zone d'El Fahs, il n'y a pas une équité entre les usagers, Il existe des usagers qui abusent l'exploitation de l'eau souterraine"</p> <p>GA : "on a choisi les instruments pertinents pour notre zone"</p>

Annexe 11: Les résultat de l'évolution de la nappe pour chaque session

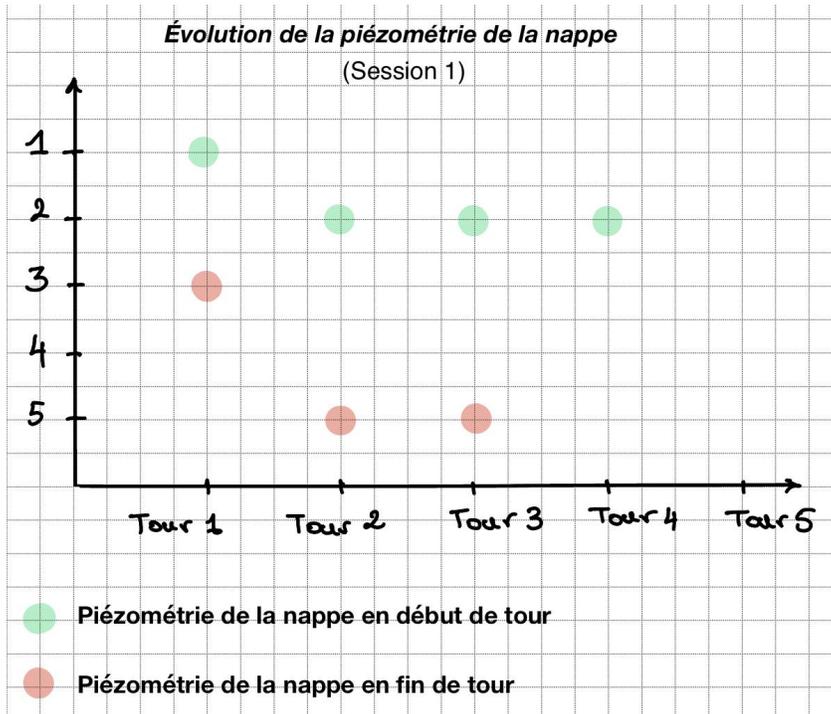


Figure 19: Graph de suivi de la piézométrie de la nappe pour la session de Limaoua 1

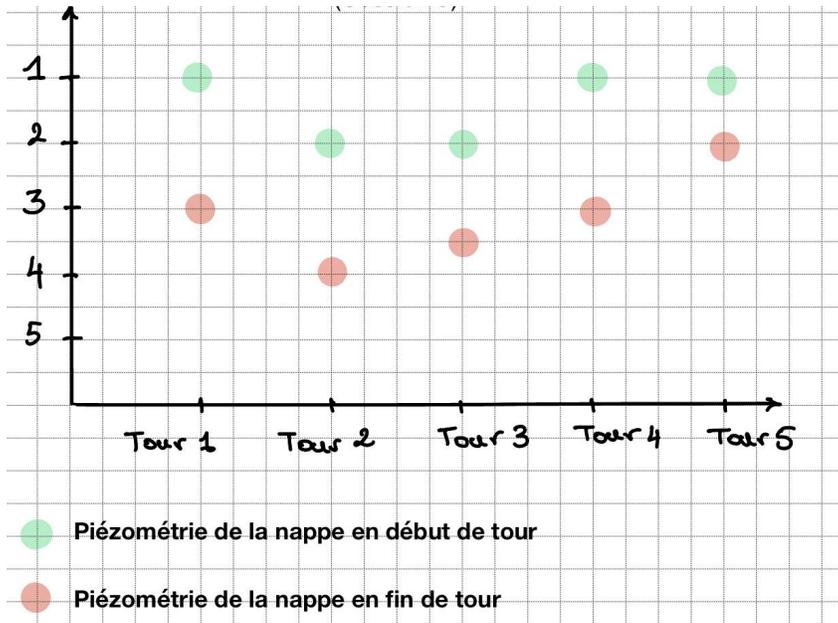


Figure 20: Graph de suivi de la piézométrie de la nappe pour la session de Limaoua 2

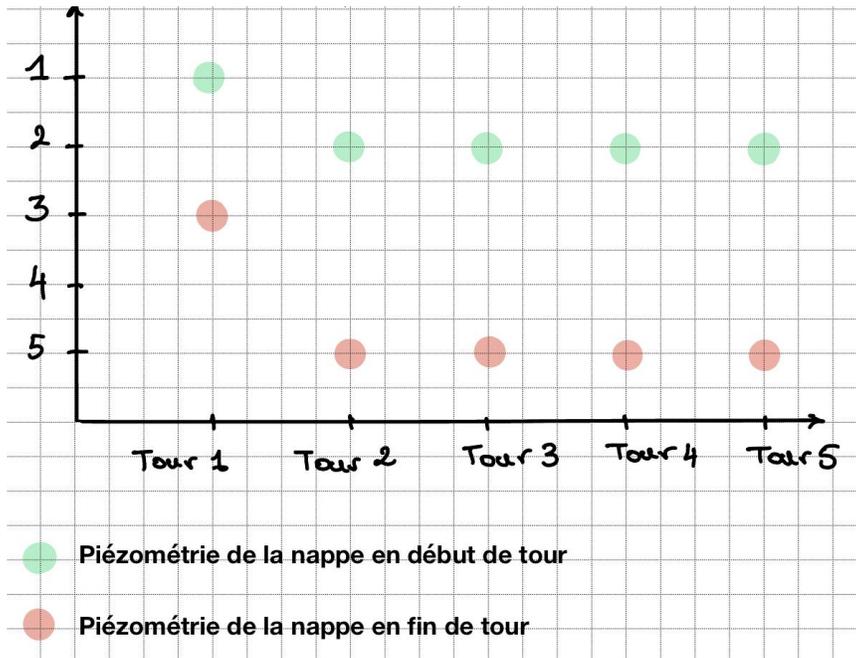


Figure 21: Graph de suivi de la piézométrie de la nappe pour la session de Limaoua 3

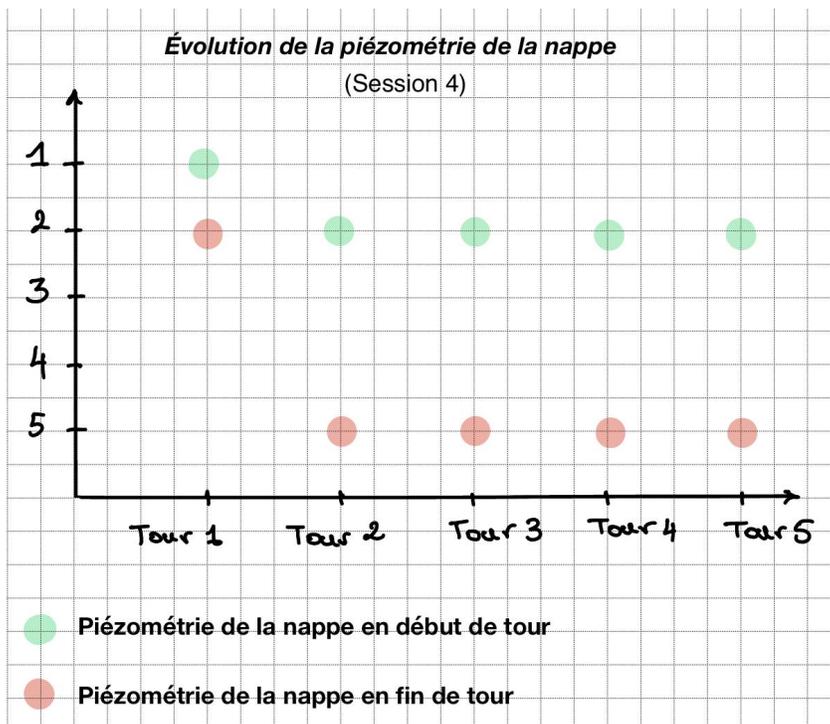


Figure 22: Graph de suivi de la piézométrie de la nappe pour la session d'El Haouaria

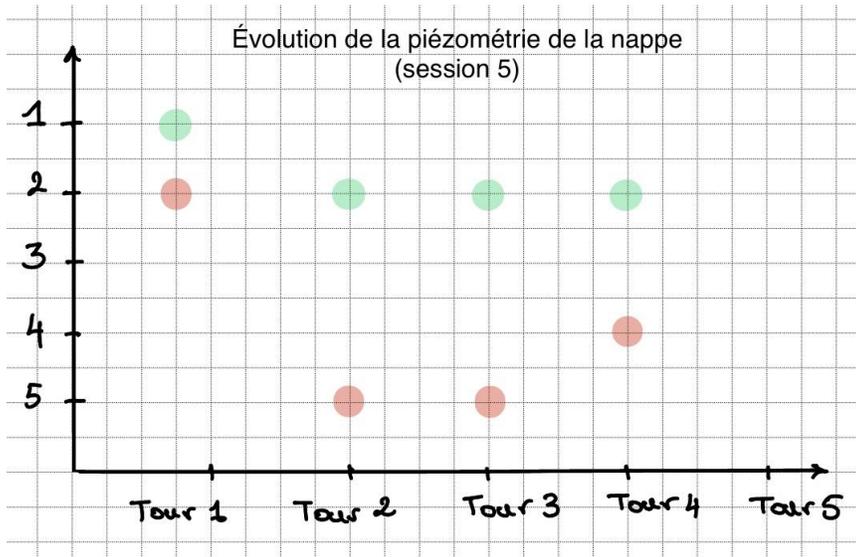


Figure 23: Graph de suivi de la piézométrie de la nappe pour la session d'El Fahs