

Analyse problématisée du sujet et retour d'expériences

Eaux souterraines et changement climatique

« Il est possible d'assurer un avenir durable et équitable dans le domaine de l'eau. Il faut pour cela changer radicalement la façon dont nous apprécions, gérons et utilisons l'eau. Cela commence par traiter l'eau comme notre bien collectif mondial le plus précieux, essentiel à la protection de tous les écosystèmes et de toutes les formes de vie. » (Global Commission on the Economics of water, Mars 2023)

2023

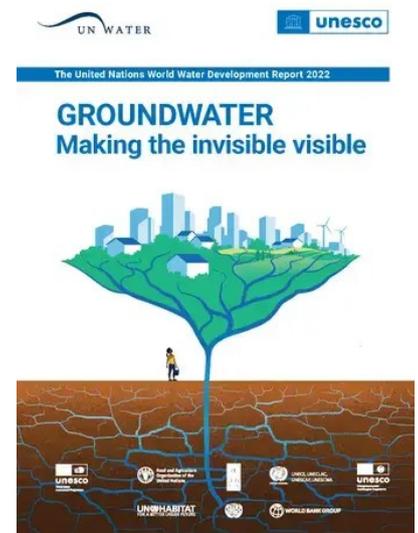
Introduction	2
Axe 1: Transmission des connaissances	10

<i>France</i>		10
	Le BRGM et l'effort de vulgarisation scientifique : Une nouvelle carte de la situation des nappes d'eau souterraine plus précise et plus claire	10
	Etude de cas : le travail du BRGM dans la nappe d'Alsace	11
	La nappe du Champigny : des acteurs multiples pour faire avancer la recherche et communiquer	11
	Enjeux de transmissions scientifiques : une multiplication des publications sur le sujet alarmant des nappes	12
<i>Maroc</i>		12
	Une transmission des connaissances nécessaire au Maroc, du fait des impacts multiples du changement climatique sur les ressources en eau	12
	Une transmission des connaissances sur les enjeux des eaux souterraines passant par la culture mais qui ne permet pas aux différents acteurs de s'emparer de ces enjeux du fait d'un mode de gouvernance centralisé et administratif des eaux souterraines au Maroc.	13
<i>Egypte</i>		14
	Disponibilité et développement des connaissances sur les systèmes d'eau	14
	Les eaux souterraines, une ressource d'adaptation face au dérèglement climatique	
Axe 2: Gouvernance multi-acteurs et territoire.		19
<i>France</i>		19
	La gouvernance des eaux souterraines en France	19
	Limites gestion FR	20
	Etude de cas d'une gouvernance concertée des eaux souterraines : la nappe du Champigny, un territoire de dialogue	21
<i>Maroc</i>		22
	Une gouvernance des eaux souterraines au Maroc mise sous tension par le changement climatique	22
	Les contrats de nappe : une solution pour une gouvernance durable des eaux souterraines mais qui reste limitée	22
<i>Egypte</i>		
	La valeur ajoutée d'une prise en compte de la jeunesse dans le domaine des eaux souterraines	
	Etude de cas participative : le système de l'aquifère des grès nubiens (NSAS) et le Groundwater Youth Network (GYYN)	24
Bibliographie		25

Introduction

La période 2022-2023 semble être une porte d'entrée particulièrement pertinente pour aborder la question des eaux souterraines au regard du changement climatique :

Le thème annuel de l'UNESCO, intitulé "*Eaux souterraines : rendre visible l'invisible*", décrit les défis et les opportunités associés au développement, à la gestion et à la gouvernance des eaux souterraines dans le monde entier. **Il témoigne ainsi d'un fort intérêt international relatif à une ressource encore aujourd'hui largement invisibilisée dans le débat public et la gouvernance environnementale.** En décembre 2022, s'est tenu au siège de l'UNESCO à Paris le sommet international ONU-Eau, consacré exclusivement aux eaux souterraines. Cependant, le constat de l'absence d'écho dans les médias de cet événement exceptionnel illustre le problème de lien entre le débat international entre experts et l'ensemble de la société, notamment à la sphère politique et . En outre, ce sommet intervient à la suite de la COP 27 organisée le mois précédent à Sharm el-Sheikh (Égypte) lors de laquelle plusieurs pays africains ont soulevé l'importance des enjeux cruciaux de l'eau au titre de l'adaptation, dont les pays en développement sont en première ligne. C'est aussi lors

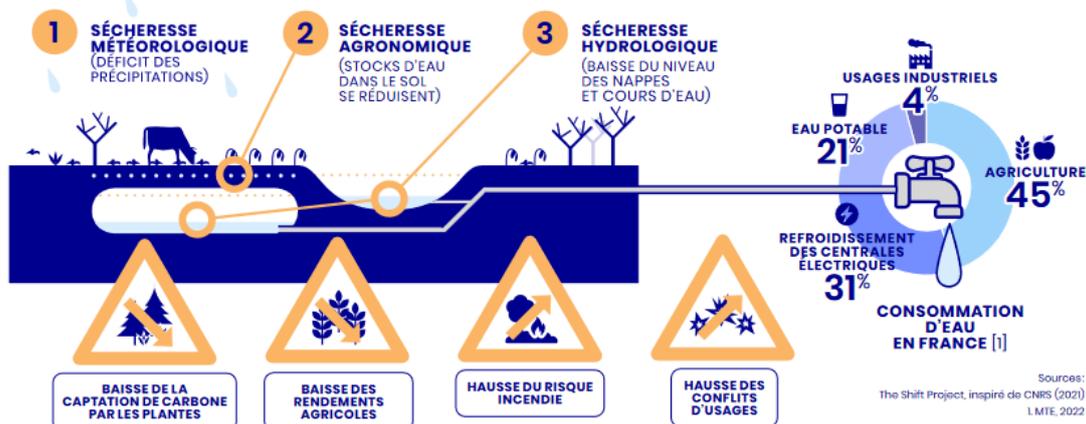


de cette COP qu'a été notée la première mention des eaux souterraines dans la décision finale. Par ailleurs, la **conférence onusienne sur l'eau de ce mois de mars 2023**, marque une prise de conscience de l'urgence à considérer la sécurisation de l'eau comme indispensable à la survie de notre planète, marquée par le mantra suivant : "Water is politics".

Au-delà de la tenue de ces **grands-messes diplomatiques en 2022**, vitrines des enjeux globaux contemporains, les conséquences humaines du dérèglement climatique furent toujours plus dramatiques cette année écoulée. En France, les sécheresses et canicules de l'été 2022 ont soulevé l'importance des aquifères. L'accumulation des anomalies thermiques cet hiver 2022-2023 et les "canicules hivernales" ont accompagné des mois d'inquiétude toute particulière sur les nappes phréatiques particulièrement à sec.

Les territoires ruraux au défi de la multiplication des sécheresses

En matière de sécheresse des sols, la situation « normale » en France à la fin du siècle correspondra aux points extrêmes actuels.

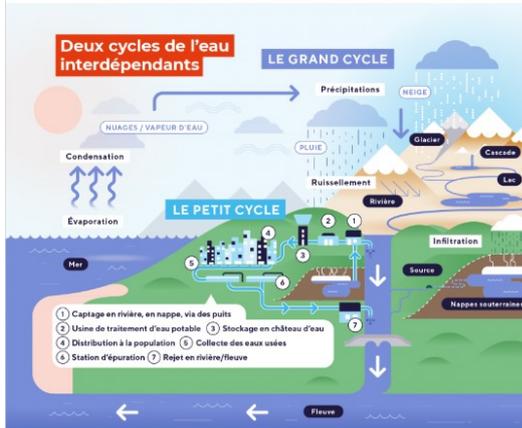


Ainsi, en France comme en Europe et dans de nombreux autres pays du monde, le sujet s'est imposé dans le débat public. Ces événements climatiques ont eu lieu dans une grande partie du territoire et ont suivi une grande dynamique de consultation et de participation, le **Varenne agricole de l'eau**, qui s'est conclu en février 2022. Ainsi, parmi l'ensemble de ces **catastrophes qui n'ont de naturelles que le nom**, l'eau revient comme un vecteur commun, et les **eaux souterraines en filigrane**, bien que très peu mentionnées. Invisibles, donc invisibilisées.

Notre projet collectif s'inscrit donc dans une année cruciale sur le sujet des eaux souterraines et du changement climatique.

La crise climatique est aussi une crise de l'eau. Le cycle de l'eau est de plus en plus impacté par les effets déjà visibles du changement climatique. L'eau est un élément indispensable à la vie, aux activités humaines, au maintien de la biodiversité et à la régulation du climat. Les modélisations des experts montrent que les phénomènes extrêmes (inondations, sécheresses) devraient être plus fréquents au cours des prochaines décennies et que leur intensité irait en s'accroissant. **Les études scientifiques démontrent que la gestion actuelle de la ressource en eau ne serait pas à même de relever les défis d'anticipation et d'adaptation à ces phénomènes.**

Alors qu'elle est centrale dans nos vies et notre quotidien, l'eau demeure incroyablement méconnue : origines, usages, répartition sur le territoire, état écologique, avenir face au changement climatique...
Plongée dans cette ressource cruciale.



Des défis à relever pour les deux cycles de l'eau

LE GRAND CYCLE
 Le cycle « naturel » représente l'ensemble du cycle de l'eau qui se déroule dans la nature, sans intervention humaine :
 - Évaporation
 - Condensation (formation des nuages)
 - Précipitation (pluie/gelée/neige)
 - Infiltration des eaux dans le sol
 - Ruissellement vers les rivières
 - Retour à la mer

LE PETIT CYCLE
 Le cycle domestique représente la partie de la vie de l'eau issue de l'intervention humaine :
 - Pompage - Utilisation
 - Traitement - Traitement des eaux usées
 - Stockage - Retour en milieu naturel
 - Distribution

- **Préserver la ressource** face à des besoins grandissants : hausse de la population et concurrence entre les divers usages (agriculture, industrie, tourisme) dans un contexte de changement climatique.
- **Faire face à une qualité de l'eau dégradée** par les pollutions issues de nos modes de vie avec une organisation administrative complexe.

→ **Le renouvellement du réseau :**
 en 2020, le taux de fuites était de 19,9% au niveau national. Pour cinq litres d'eau mis en distribution, un litre d'eau revient au milieu naturel sans passer par le consommateur.

→ **L'empreinte énergétique des usages de l'eau :**
 eau et énergie sont liées de façon inextricable.



Source : Observatoire des services publics, eau et d'assainissement

Alors que les crises et les tensions autour de la ressource la plus précieuse de toutes s'accroissent, repenser la gouvernance de l'eau s'impose comme un enjeu essentiel. Pour agir dans ce contexte, il convient d'abord de comprendre ces phénomènes.

Le grand cycle de l'eau est à l'origine des transferts d'eau sur Terre. L'eau contenue dans le sol et le sous-sol est le produit de ces échanges. L'eau stockée temporairement est appelée "eau verte" alors que les eaux souterraines et de surface sont appelées eaux "bleues". On distingue les eaux souterraines par leur stockage plus ou moins profond dans le sous-sol. L'eau s'accumule alors dans les espaces vides des roches poreuses ou fissurées pour former des nappes. Ainsi, les eaux souterraines s'intègrent dans le cycle de l'eau, en se rechargeant par les précipitations qui tombent dans le bassin versant, la zone de collecte des eaux.

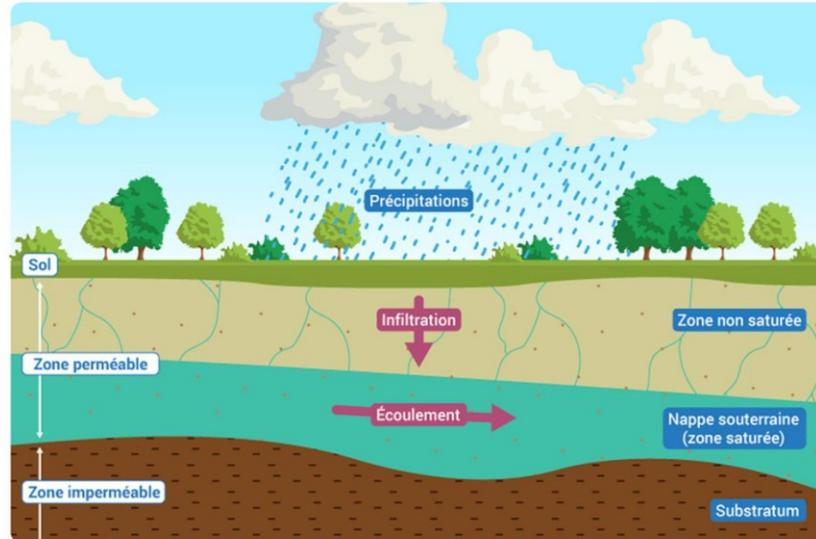


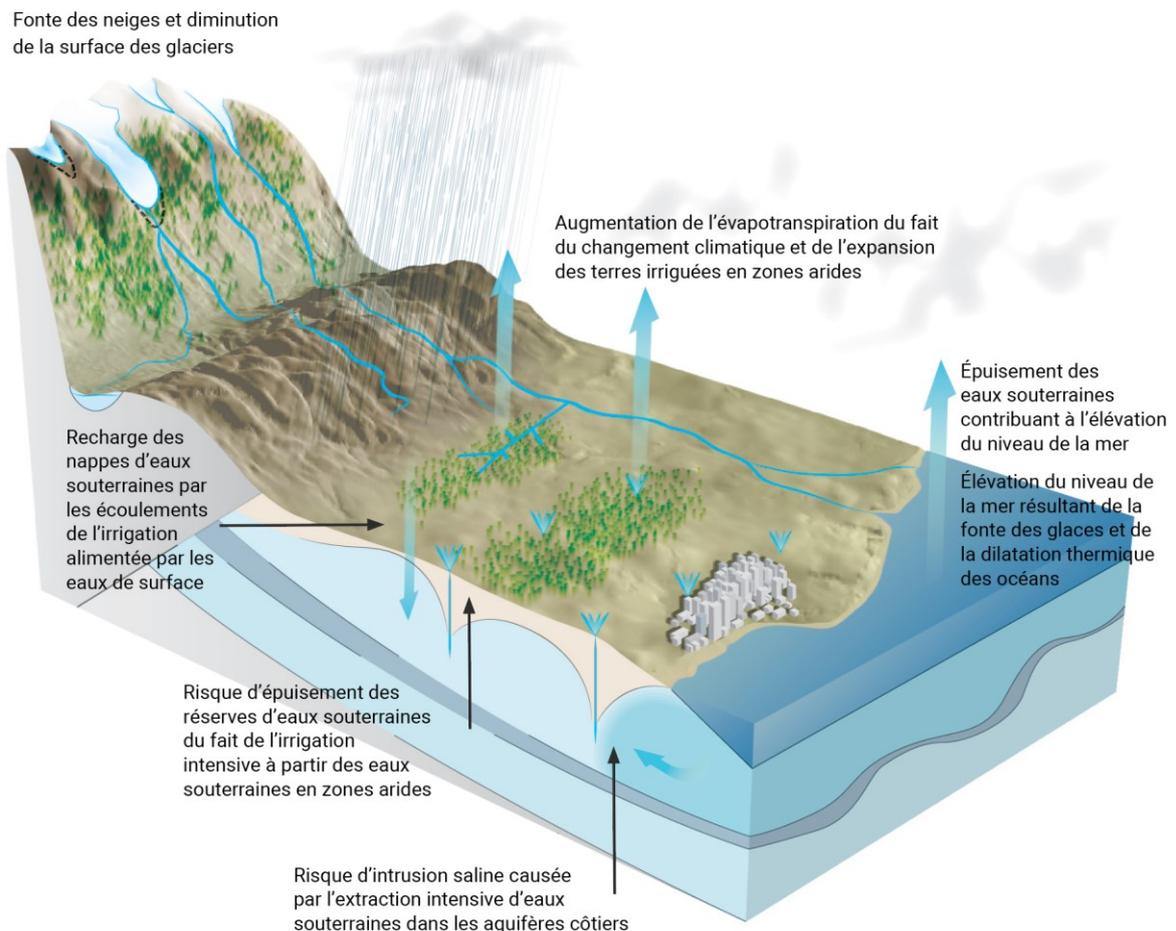
Figure 1: La structure des nappes souterraines © Agence française pour la biodiversité / Réalisation Matthieu Nivresse (d'après OIEau), 2018

Les eaux souterraines représentent 33% des réserves en eau douce sur Terre (Marsily, Besbes, 2017). L'eau douce, elle, constitue seulement 3% du volume d'eau de la planète, et environ 1% sous forme liquide. Les usages de cette ressource sont limités à 3 secteurs : environ 67 % pour l'irrigation, 22 % pour les besoins domestiques en eau potable et 11 % pour l'industrie (Van der Gun, 2012). Ces usages représentent près de 10% des ressources présentes dans les aquifères. Néanmoins, les prélèvements ne cessent d'augmenter depuis ces dernières années. On peut notamment lier cette augmentation avec le développement de l'agriculture intensive. L'eau souterraine est donc une ressource très utilisée : en France métropolitaine, elle représente près des deux tiers de la consommation d'eau potable et plus du tiers de celle du monde agricole.

Dans ce contexte, l'impact du dérèglement climatique sur les eaux souterraines concentre le travail d'un certain nombre de chercheurs. Premièrement, on peut penser aux eaux souterraines comme ressource de solution à la crise de l'eau, comme moyen d'adaptation inéluctable face au changement climatique. En effet, la capacité des aquifères à stocker les excédents des eaux de surface permet de répartir la ressource en eau sur l'année. Néanmoins, les nappes phréatiques subissent également les conséquences du changement climatique, en particulier concernant les problèmes de recharge des aquifères, d'augmentation de la demande en eau ou d'intrusion saline liée à la montée des eaux. **Il convient dès lors de les considérer non seulement comme une ressource stratégique d'adaptation face aux conséquences du dérèglement climatique, mais également comme une ressource précieuse qui en subit les effets néfastes. Pour ces deux raisons, l'eau souterraine est à préserver de toute urgence.**

Ces enjeux sont, de toute évidence, mondiaux. Les phénomènes de pompage massif ont eu lieu sur l'ensemble de la planète : près d'un tiers des réserves d'eau souterraine de la planète

sont menacées. 21 des 37 aquifères les plus importants ont atteint un point de **bascule**, et sont passés en dessous du seuil de durabilité - ils perdent plus d'eau qu'ils n'en accumulent. Ces ressources représentent 35 % de notre consommation d'eau potable. Et les conséquences sont également planétaires. Au-delà même de la raréfaction mondiale de la ressource en eau des eaux souterraines, l'activité humaine sur ces dernières a entraîné un phénomène jusqu'alors jamais mesuré. Deux décennies de données issues des missions satellites GRACE, fruits d'une collaboration entre les États-Unis et l'Allemagne, visant à déterminer les variations en eau douce des réserves du continent européen, ont présenté des résultats indiquant un appauvrissement régulier, entre 2002 et 2022, du volume d'eau dans les aquifères. Or, plus il y a d'eau, plus la force gravitationnelle est importante. Nous serions donc la première espèce vivante à avoir été capable de modifier la gravité terrestre ces dernières décennies...



Ces conséquences des événements climatiques sont alors l'origine de nouveaux enjeux économiques et sociaux, sur le partage des ressources notamment.

Ces conséquences naturelles, sociales et économiques de l'impact du dérèglement climatique sur les eaux souterraines nous obligent à repenser notre consommation et nos utilisations de la ressource. Cela nécessite alors une évolution de la gestion des eaux souterraines, dans un contexte d'adaptation. La politique d'adaptation au changement climatique, telle que définie par le GIEC, correspond à une démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences, afin d'atténuer ou d'éviter les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques. **La construction de ces politiques d'adaptation nécessite la compréhension multidimensionnelle des effets du changement climatique sur les eaux souterraines ainsi que les différents impacts sociologiques et économiques locaux de ces transformations.**

Cependant, nous faisons face à un **paradoxe** : les eaux souterraines sont d'une importance cruciale et constituent pourtant une ressource mal comprise. Au sein de notre échelle du temps, le décalage est frappant entre l'urgence de la crise climatique, impliquant la fragilité des ressources en eau souterraine, et la réponse des politiques publiques aux niveaux national et international. Malgré le rôle essentiel des eaux souterraines dans l'adaptation au dérèglement climatique, le sujet reste peu abordé par les responsables politiques. Un tel paradoxe se retrouve dans **un autre décalage, celui de la connaissance des eaux souterraines** et des deux cycles de l'eau, parmi les responsables politiques comme les usagers, alors que les premières ont été reconnues comme essentielles dans l'adaptation au dérèglement climatique. En effet, **l'on retrouve au cœur du sujet des eaux souterraines le même problème que celui du changement climatique** de manière générale. Le fait est que la transmission du savoir scientifique au reste de la population ne se fait pas de manière assez rapide, homogène, et surtout n'est tout simplement pas suffisante. La réflexion sur les eaux souterraines paraît ainsi s'opérer en huis clos, loin des concertations citoyennes et du débat démocratique. La gestion locale nécessite pourtant un savoir et un dialogue à cette échelle.

D'où la nécessité de (re)connaître le potentiel des eaux souterraines et de (savoir) les gérer prudemment. Ce besoin impérieux de connaissance et d'action politique nous mène à des questions de gouvernance (question des échelles et de la transfrontalité) et de gestion (niveau micro voire meso). Cependant, il existe une tension entre ressource privée et bien commun qui rend complexe cette gouvernance. Ce tiraillement justifie une **approche institutionnelle** de la question des eaux souterraines en lien avec le changement climatique. C'est ce choix qui guidera les études de cas qui suivent.

Notre approche par les sciences sociales nous guide vers l'analyse de la construction de la politique publique d'adaptation des eaux souterraines face au dérèglement climatique. Corollaires à la nécessité d'adaptation par les eaux souterraines et à la nécessaire préservation de la ressource, deux grands axes se dessinent et guideront nos études de cas :

La gouvernance et gestion locale d'une ressource si particulière que sont les eaux souterraines dans un contexte de changement climatique. En d'autres termes, l'analyse de la gouvernance prenant en compte les intérêts des acteurs et les différences locales par la mise en place d'un dialogue. Ainsi, une analyse des dynamiques horizontales a été menée au cours de nos travaux.

L'élaboration d'une politique publique et la transmission des connaissances scientifiques sur le sujet des eaux souterraines. Autrement dit, la transmission des connaissances scientifiques au grand public et leur traduction dans des politiques publiques. C'est ici la dynamique verticale des enjeux qui est ici abordée.

Notre projet collectif tente d'incarner ces deux dynamiques.

L'équipe encadrante de l'Académie de l'Eau nous a donné l'opportunité de nous informer sur l'immense sujet des eaux souterraines au regard de la question climatique, et nous sortons ainsi enrichis par la transmission de savoirs scientifiques qu'ils nous ont communiqués tout au long de l'élaboration de notre travail. Les divers et nombreux entretiens que nous avons menés ont été autant de sources d'apprentissage et d'approfondissement de notre perception des enjeux. C'est par ce genre de projets que l'intérêt et le savoir se transmet et permet d'habiliter les citoyen.ne.s de demain à mieux appréhender ces problématiques cruciales. Le rapport ci-rédigé est ainsi une synthèse non-exhaustive de nos questionnements, de nos recherches, et des conclusions tirées de l'aboutissement de ce projet collectif.

Par le colloque final organisé au Pavillon de l'eau à Paris, nous souhaitons symboliser le dialogue entre les acteurs de l'eau, nécessaire au niveau local et international. Nous voulions que ce colloque soit aussi un moment d'échanges sur la problématique des eaux souterraines au-delà de la communauté des acteurs de l'eau. Les tables-rondes organisées ont tenté d'apporter des réponses à la problématique suivante : Comment s'adapte la gouvernance des eaux souterraines au changement climatique en prenant en compte l'ensemble des acteurs concernés?

Axe 1: Transmission des connaissances

France

Le BRGM et l'effort de vulgarisation scientifique : Une nouvelle carte de la situation des nappes d'eau souterraine plus précise et plus claire

Le BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) est un établissement public de recherche. Il a pour rôle de produire des données, de lancer des programmes de recherche,

de conseiller aussi bien pour la construction de politiques publiques pour les opérateurs de l'eau publics et privés. La transmission des connaissances fait partie de leurs missions, mais également de proposer des innovations pour les politiques publiques. Lors d'un entretien avec Dominique Darmendrail, Directrice du programme scientifique Eaux et Changement Global du BRGM, le cas des sécheresses nous a été présenté. Dans ce contexte, le BRGM est sollicité pour constater le niveau de la ressource. Pour cela, il développe des outils comme MétéoNap qui permet de faire des simulations en fonction de la pluviométrie et la température.

Une des communications les plus médiatisées du BRGM est leur carte de situation des nappes phréatiques, éditée 10 mois par an.

En avril 2023, elle a été modifiée pour répondre à deux objectifs : apporter plus de précisions avec un aplatissement de couleurs plutôt qu'un symbole triangulaire, et clarifier la symbolique d'évolution avec des flèches vers le haut pour les nappes qui se rechargent, vers le bas pour celles qui se vidangent et un signe égal lorsqu'elles restent stables.



Etude de cas : le travail du BRGM pour la nappe d'Alsace

Au cours de nos recherches sur la nappe d'Alsace, nous avons eu la chance d'organiser un entretien avec Elodie Giuglaris, hydrogéologue au BRGM Alsace, une équipe d'appui scientifique aux politiques publiques sur la gestion de la ressource locale.

Cette équipe travaille sur de nombreux sujets, notamment concernant la gestion quantitative des eaux souterraines. Dans ce cadre, ils participent à la réactivation du programme LOGAR (Liaison opérationnelle pour la gestion de l'aquifère Rhénan) qui mobilise des chercheurs et des institutions franco-allemandes pour mieux connaître la nappe et ses outils. Ce programme est un exemple de coopération scientifique transfrontalière sur la thématique du changement climatique, guidé par le sujet des eaux souterraines.

Le BRGM Alsace a aussi pour rôle d'échanger avec le monde agricole, en particulier à cause des conflits d'usages qui émergent lors des grandes sécheresses en été. Les études scientifiques permettent d'éclairer les débats entre les acteurs de l'eau (SAGE, syndicats, agriculteurs...) sur les prélèvements et leurs impacts sur les nappes.

Enfin, le BRGM participe aux comités organisés par la DREAL sur les sécheresses ou encore la gestion de la ressource. Le rôle de l'équipe est alors encore une fois de transmettre les connaissances. Un enjeu majeur alors illustré lors de notre entretien est le choix du langage et l'adaptation du discours à des publics divers et plus ou moins initiés.

La nappe de Champigny: des acteurs multiples pour faire avancer la recherche et communiquer

La nappe du Champigny se caractérise par une forte présence d'acteurs locaux dans le secteur de la recherche. On compte parmi eux le PIREN Seine, un groupement de recherche s'intéressant à l'hydrologie du bassin de la Seine dans un objectif de gestion durable de la ressource en eau. Arceau Ile-de-France est une association créée en 2013 par des collectivités et laboratoires de recherche qui s'appuie sur ces partenaires pour diffuser les connaissances scientifiques sur la nappe auprès des praticiens, professionnels de l'eau et élus. Ainsi, comme cela nous l'a été expliqué par François Mercier, Responsable du transfert des connaissances du PIREN-Seine, cette association constitue un lieu de débat et de rencontre entre scientifiques (comme les chercheurs du BRGM) et acteurs du territoire. Enfin, le GREC francilien est un groupe d'expertise sur le changement climatique et la transition écologique. En étudiant spécifiquement les impacts du changement climatique, cette structure cherche à informer et promouvoir de nouvelles recherches sur les eaux souterraines dans la région.

Ainsi, à des échelles différentes (bassin de la Seine, Île de France), ces acteurs s'impliquent pour produire des données fiables sur la nappe du Champigny et souhaitent travailler à leur diffusion pour une meilleure compréhension et une meilleure gestion de la ressource dans le contexte du changement climatique et en particulier des grandes sécheresses estivales.

Enjeux de transmissions scientifiques: une multiplication des publications sur le sujet alarmant des nappes

Suite au "Plan Eau" annoncé en mars 2023, de nombreuses publications destinées au grand public ont pu souligner les avancées des politiques publiques tout en montrant les écueils du plan. On peut citer par exemple l'avis du CESE du 11 avril 2023, le rapport annuel de la Cour des Comptes faisant le constat d'une organisation inadaptées de la gestion quantitative de l'eau ou encore la nappe du Lierre qui nous a été présentée par Gaël Jeanson membre du Réseau et secrétaire général du groupe écologiste au Sénat.

Maroc

Une transmission des connaissances nécessaire au Maroc du fait des impacts multiples du changement climatique sur les ressources en eau souterraine

Les différents effets du changement climatique sur les ressources en eau marocaines

D'après la Direction de la Météorologie Nationale marocaine, d'ici à la fin de notre siècle, il pourrait y avoir une augmentation des températures moyennes estivales de 2 à 6 degrés ainsi qu'une régression de 20% des précipitations. Le nombre de sécheresses augmentant de manière exponentielle, le Maroc pourrait voir disparaître les trois quarts de ses ressources en eau disponibles d'ici 2050 (Bennouna, 2020, p. 252).

Le changement climatique a un impact sur la quantité et la qualité des eaux souterraines marocaines. En effet, du fait de la raréfaction des pluies et des périodes de sécheresse, les

nappes phréatiques sont de moins en moins alimentées (Agence Marocaine de Presse, 2020) De plus, le changement climatique soulève des questions liées à la qualité des eaux souterraines du fait de phénomènes d'érosion, salinisation et pollution (Bahir & Mennani, 2002). Malgré ces risques, les nappes phréatiques restent surexploitées car le secteur agricole et donc la sécurité alimentaire du pays reposent largement sur celles-ci.

Une sécurité alimentaire marocaine de plus en plus dépendante des eaux souterraines et menacée par le changement climatique

Le secteur agricole est un élément clé de l'économie marocaine et nécessaire à la sécurité alimentaire du pays. Il contribue à 17% du PIB marocain et emploie près de la moitié de la population active. De ce fait, bien que la surexploitation des eaux souterraines présente des dangers certains pour la durabilité de celles-ci, elles sont surexploitées afin d'amortir les pertes de production liées aux nombreuses sécheresses et pénuries d'eau de surface (Schilling, et al., 2012). La superficie irriguée à partir de l'eau souterraine a plus que doublé depuis 1989, représentant 42% de la superficie irriguée du Maroc en 2012 (Vecchio & Kuper, 2021, p. 8). Le secteur agricole est ainsi extrêmement dépendant des eaux souterraines.

Cette surexploitation des eaux souterraines entraîne une baisse continue du niveau des nappes, obligeant les agriculteurs à approfondir leurs puits, augmentant ainsi les coûts de pompage et les prix de production. L'augmentation des coûts de production fait diminuer la rentabilité agricole, menant à un appauvrissement des petits et moyens agriculteurs, et éventuellement à un abandon des terres agricoles et à l'exode rural (Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa, 2005). Au-delà de l'impact économique certain, ces dynamiques menacent également la sécurité alimentaire du pays.

Une transmission des connaissances sur les enjeux liés aux nappes phréatiques passant par la culture mais qui ne permet pas à la société marocaine de s'en emparer en raison d'un mode de gouvernance centralisé et administratif dans le pays.

Afin de rendre la population marocaine consciente des enjeux liés aux nappes souterraines et à l'eau en générale dans son pays, le gouvernement marocain se sert de la culture. Lors de notre entretien avec M. Thierry Ruf, géographe et agronome, directeur de recherche à l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), ce dernier nous a donné un exemple d'institution culturelle à travers laquelle le gouvernement marocain tente de sensibiliser ses citoyens aux problématiques concernant l'eau dans le royaume chérifien. Il s'agit du Musée Mohammed VI pour la civilisation de l'eau au Maroc (AMAN), situé à Marrakech, pour lequel M. Ruf a été sollicité par le gouvernement marocain afin d'assurer un appui technique et scientifique lors de sa conception. Inauguré en 2017 et dirigé par Pr. Abdenbi El Mandour, hydrogéologue à l'Université Caddi Ayyad de Marrakech, l'AMAN a pour objectif de démontrer au public marocain (et étranger) le génie marocain dans la gestion de l'eau dans le pays. Le musée interpelle sur les sujets liés à la gestion de l'eau, dont les eaux souterraines, au Maroc et plus largement dans l'ensemble du territoire méditerranéen (Institut de Recherche pour le Développement, 2020).

Cependant, cette prise de conscience sur la protection des eaux souterraines face au changement climatique au Maroc a peu de portée politique en raison du mode de gouvernance étatique très centralisé et administratif du pays. En effet, la gestion des nappes phréatiques est un sujet traité de manière très peu participative par l'ensemble des acteurs de la société marocaine qu'il implique. Les usagers de l'eau des nappes sont peu pris en compte hormis peut-être les grands agriculteurs (Entretien avec K. Del Vecchio, 2023). Afin d'informer la population sur les enjeux liés aux eaux souterraines dans le pays, le gouvernement marocain mène des missions de sensibilisation sur la question mais uniquement auprès d'agriculteurs exploitant de petites nappes (Entretien avec K. Del Vecchio, 2023). Par conséquent, on observe que la transmission des connaissances par l'État marocain à l'ensemble de la société du pays est très limitée ce qui est un frein à la mobilisation de cette dernière pour la protection des ressources en eaux souterraines face à leur surexploitation et au changement climatique. S'ajoute à cela le fait que les projets gouvernementaux traitant de la question des nappes phréatiques sont de petits projets sur lesquels peu de personnes travaillent et auxquels l'État accorde peu de moyens (Entretien avec K. Del Vecchio).

Egypte

Disponibilité et développement des connaissances sur les systèmes d'eau

Dès lors que l'on s'intéresse au sujet des ressources en eau de l'Égypte, il est question, essentiellement, des eaux de surface, puisque celles-ci représentent la très grande majorité des ressources du pays, « don du Nil ». L'Égypte est ainsi presque entièrement dépendante de l'eau du Nil, qui représenterait 93% des ressources en eau conventionnelles du pays (Omar, Moussa, 2016). Plus précisément, le volume d'eau annuel fournit par les eaux du Nil est d'environ 55,5 km³, et la demande annuelle totale en eau du pays dépasse les 80 km³, dont environ 86 % pour l'agriculture, 2,5 % pour l'industrie et 11,5 % pour le secteur domestique. Ces quelques données permettent de souligner l'importance stratégique du Nil pour l'Égypte, et ses fragilités.

Cependant, l'Égypte possède également des ressources en eaux souterraines non-négligeables réparties en plusieurs points de son territoire, tels que l'aquifère du delta du Nil et l'aquifère transfrontalier des grès nubiens. Notre intérêt s'est concentré sur les eaux souterraines du delta du Nil puisque ce territoire est stratégique pour le pays en termes de sécurité alimentaire. De plus, il rassemble près de la moitié de la population égyptienne, soit plus de 50 millions de personnes. Ainsi, le delta du Nil est un territoire fortement anthropisé et vulnérable face aux aléas du dérèglement climatique à plusieurs niveaux : le delta est, tout d'abord, situé à des milliers de kilomètres des sources du Nil bleu et du Nil blanc ; il est également situé dans une mer fermée qu'est la Méditerranée, espace fortement sous pression climatique et anthropique ; le delta est aussi un millefeuille hydrogéologique complexe entre eaux souterraines et de surface ; enfin, ce territoire est très fortement urbanisé et aménagé par l'Égypte.

Dans ce contexte, les ressources en eau étant vitales pour le pays, un certain nombre de recherches a été publié à ce sujet. Cependant, les eaux souterraines représentant moins de 10% des ressources en eau de l'Égypte, une moindre attention s'est portée sur l'étude des eaux souterraines, alors qu'elles font partie intégrante du cycle de l'eau. Par nature, cette ressource souterraine et invisibilisée tend à être laissée de côté par la recherche et les décideurs politiques. A cette fin, le cadre d'évaluation choisi est celui de la gouvernance rationnelle des eaux souterraines utilisé pour le delta vietnamien du Mékong (Hamer, Dieperink, 2019), décliné en cinq critères d'évaluation : le premier concerne la disponibilité et le développement des connaissances sur les systèmes d'eau. Celui-ci permet de définir le point de départ de notre étude de cas qui se concentre sur la partie centrale du Delta.

D'un point de vue institutionnel, l'Égypte compte un ministère des Ressources en Eau et de l'Irrigation (MWRI) dont la structure organisationnelle est la suivante (site du Ministère):



Au sein du ministère égyptien composé de plusieurs divisions, le National Water Research Center (ou Centre National de Recherche sur l'Eau ; site ministériel) rassemble douze instituts de recherche dont l'objectif est de mettre en œuvre un plan de recherche global au service des projets en cours et des plans de développement nationaux. Chacun des douze instituts s'occupe d'une discipline de recherche dans le domaine de l'ingénierie de l'eau et des questions liées à l'eau, tel que le Groundwater Research Institute (ou Institut de Recherche sur les Eaux Souterraines). De plus, des représentants du MWRI sont présents dans chaque gouvernorat du pays. L'Institut de Recherche sur les Eaux Souterraines du Ministère veille au suivi des eaux souterraines du Delta du Nil, avec des visites fréquentes pour relever les taux de salinité dans les puits, leur bon entretien et leur légalité par exemple. Par ailleurs, les ingénieurs du MRWI se rendent dans les champs pour vérifier les licences des paysans, obligatoires pour le pompage, et sont en lien avec les associations des usagers de l'eau pour leur donner des conseils.

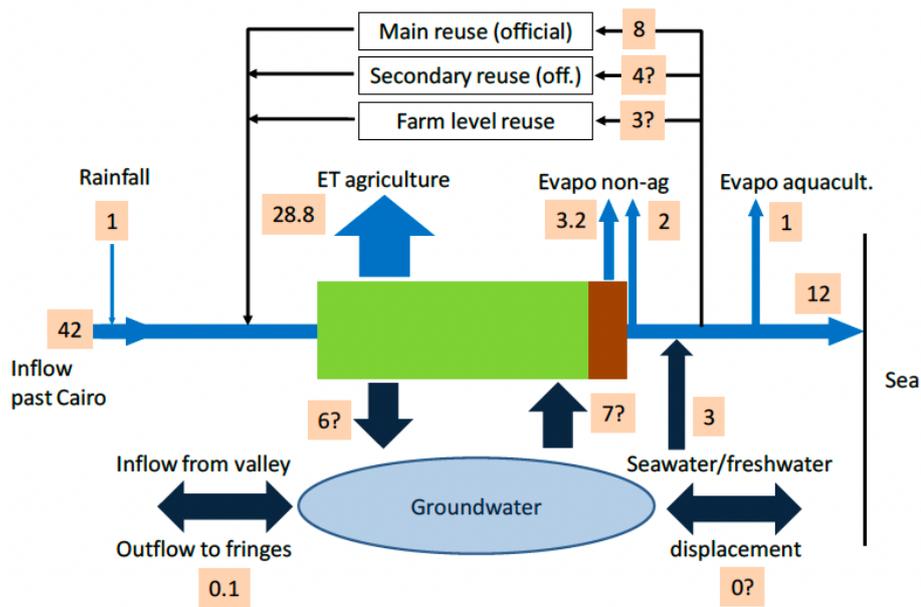
D'un point de vue de la connaissance scientifique et de la recherche produite sur les eaux souterraines, les données sont plutôt maigres et lacunaires. En effet, même si plusieurs papiers et projets de recherche sur les eaux souterraines du Delta ont été réalisés, ils ne

disposent pas de données récentes pour évaluer avec précision les enjeux à venir. Par exemple, cela concerne l'impact de la diminution de l'approvisionnement en eau et de l'augmentation du pompage des eaux souterraines sur les niveaux de salinité des eaux souterraines (El-Agha, Closas, Molle, 2015). Ces mêmes auteurs constataient également le besoin de recherches supplémentaires pour surveiller la variabilité temporelle et spatiale de la salinité des eaux souterraines et son impact sur les puits domestiques destinés à l'approvisionnement en eau potable et sur la production agricole. Enfin, certains des agriculteurs interrogés ne connaissaient même pas les procédures d'obtention d'une licence pour pomper.

En termes d'appréciation macro, la capacité de stockage de l'aquifère du delta du Nil est estimée à 500 Bm³ (Molle, Gaafar, El-Agha, Rap, 2016). L'aquifère est dit semi-confiné, car son sommet est recouvert d'une fine couche d'argile dont l'épaisseur varie de 5 m au sud à 20 m au milieu et 50 m au nord du delta, tout en disparaissant à certains endroits (Mabrouk et al., 2013). L'épaisseur saturée de l'aquifère varie de 200 m dans la partie sud à environ 1 000 m dans la partie nord (RIGW, 1992). La profondeur des eaux souterraines varie entre 1 et 2 m au nord, 3 et 4 m au centre et 5 m au sud (Mabrouk et al., 2013), tandis que l'élévation du sol diminue progressivement d'environ 18 m au sommet du delta à environ 5 m près de Tanta, en descendant vers la mer de 1 m par 10 km en moyenne (Saleh, 1980). En outre, le delta du Nil s'incline d'est en ouest, la branche de Damiette étant plus élevée d'environ 2 m que celle de Rosette.

Le schéma ci-dessous (Molle, Gaafar, El-Agha, Rap, 2016) résume le bilan annuel hydrique du delta du Nil. L'apport total dans le delta est de 47 Gm³, dont 42 Gm³ d'eau du Nil, 1 Gm³ de précipitations, un appauvrissement net hypothétique de 1 Gm³ d'eau souterraine, plus 3 Gm³ d'"intrusion" (ce dernier terme ne doit toutefois pas être considéré comme un apport et est simplement pompé vers la mer). Le total de toutes les dérivations, en ajoutant les volumes de réutilisation, est d'environ 64 Gm³ (42 Gm³ d'eau du Nil, 7 d'eau souterraine et 15 Gm³ de réutilisation officielle/non officielle).

Figure 15. Tentative average water balance of the Nile Delta



Une autre étude plus récente met en avant le manque de données précises en termes de quantités d'eau souterraines extraite (Molle, Gaafar, El-Agha, Rap, 2018) : un point incertain est la quantité réelle d'eau souterraine prélevée par les agriculteurs dans le Delta. Bien qu'elle semble très clairement en augmentation, à en juger par le nombre de puits, elle est difficile à évaluer en termes quantitatifs, ainsi qu'en termes de risques associés à un déplacement global vers l'intérieur des isolignes de salinité et à des phénomènes locaux à venir. La conclusion la plus frappante de l'étude est la stabilité relative du débit sortant vers la mer au cours des 30 dernières années. Une des conclusions des auteurs est de souligner la confusion entre l'efficacité de l'irrigation au niveau de la parcelle et au niveau du système, alimentant des politiques trop optimistes, voire absurdes. « Les affirmations selon lesquelles 10 ou 12 milliards de m³ d'eau peuvent être "économisés" sont tout simplement absurdes ».

Les eaux souterraines, une ressource d'adaptation face au dérèglement climatique

De plus, une étude récente (El-Agha, Closas, Molle, 2017), permet de souligner le rôle sous-évalué des eaux souterraines pour les paysans égyptiens dans la partie centrale du Delta. Dans le cadre de notre propos sur la connaissance des ressources, les auteurs affirment qu'un phénomène d'exploitation des eaux souterraines pour l'irrigation s'est développé au cours des dernières années, en grande partie sous le radar des gestionnaires et des chercheurs. Aussi, le développement de l'exploitation des eaux souterraines dans le delta central est fortement lié à la disponibilité insuffisante et/ou inopportune des eaux de surface dans les canaux. L'utilisation des eaux souterraines serait donc une variable d'adaptation durant les pénuries, notamment l'été, pour continuer à cultiver et relève d'une dynamique très locale, en fonction du gouvernorat, du canal et de la place sur le canal. Le schéma ci-dessous illustre de manière éloquent la répartition de la ressource en eau, et les divers enjeux pour chaque paysan selon leur place dans le système d'irrigation égyptien. Ce schéma des niveaux de gestion de l'irrigation égyptienne permet de mettre en relief l'argument de la confusion entre l'efficacité

de l'irrigation au niveau de la parcelle et au niveau du système (D. Al-Agha, A. Closas, F. Molle, 2015).

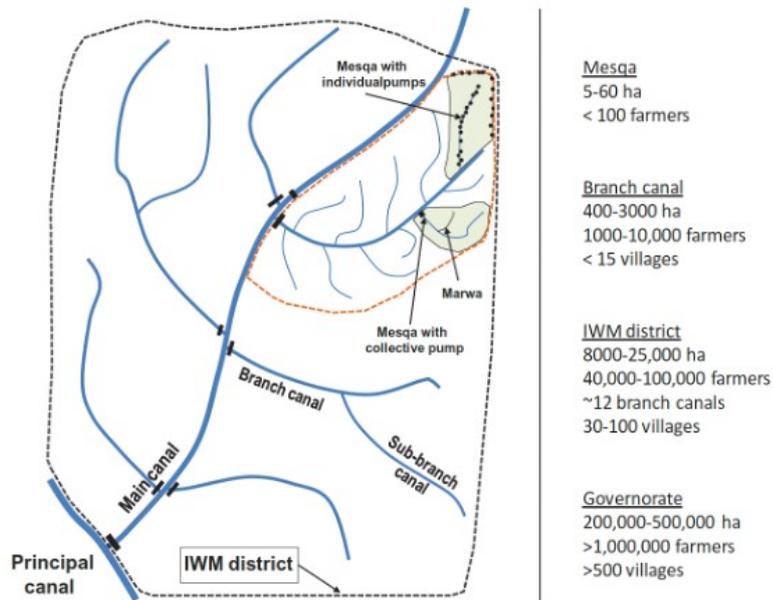


Figure 1. Management levels in Egyptian irrigation (delta).

Une autre étude concernant l'utilisation des eaux souterraines (El-Agha, Closas, Molle, 2015) a détaillé plus précisément les modalités d'irrigation et d'extraction des eaux souterraines dans la partie centrale du Delta. Ainsi, les puits peuvent se trouver à différentes localisations comme ci-dessous : le long d'un drain principal ou secondaire, au milieu d'un champ, le long d'une mesqa (directement sur la parcelle, dans une marwa ou avec une marwa en béton).

Figure 17. Illustrations of different well locations

Along a main drain		Along a secondary drain	Not available but observed
In the middle of a field		Along a mesqa (direct to plot)	
Along a mesqa (into marwas)		Along a mesqa (with concrete marwa)	

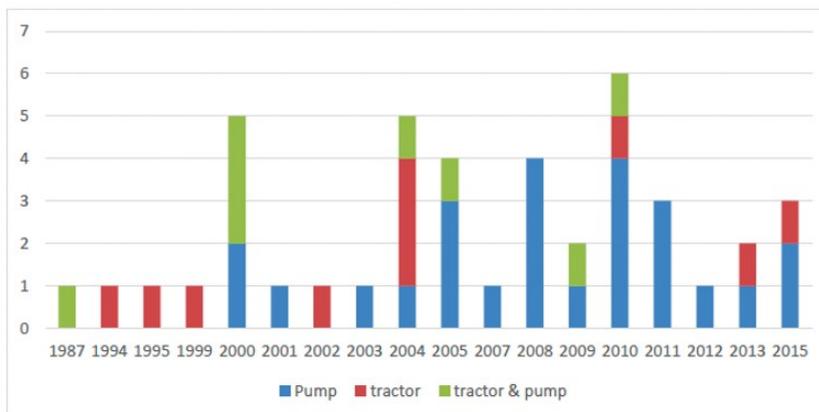
De plus, cette étude détaille les configurations de la pompe et du moteur des puits : puits avec pompe diesel, pompe actionnée par un tracteur (par l'intermédiaire d'un arbre ou d'une courroie), puits avec pompe électrique et puits utilisés en combinaison avec de l'eau de surface pompée à partir de la mesqua.

Figure 18. Pump and engine configurations



Enfin, les auteurs ont observé une évolution des sources d'énergie utilisées pour pomper les eaux souterraines dans la partie centrale du Delta entre 1987 et 2015, la pompe (sans différencier électrique ou diesel) ayant augmenté significativement à partir de 2005, comparé au recours du tracteur.

Figure 19. Wells and sources of energy in the Central Delta



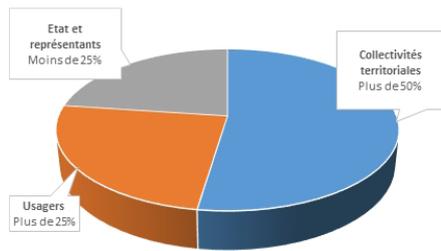
Axe 2: Gouvernance multi-acteurs et territoire

France

La gouvernance des eaux souterraines en France

La gestion de l'eau en France repose sur un modèle décentralisé, organisé depuis 1964 à l'échelle des bassins hydrographiques. La loi du 16 décembre 1964 définit l'organisation par bassins versants et permet la création des Agences de l'eau, outils de planification et de dialogue entre les parties prenantes au niveau des douze bassins français (sept en métropole et cinq dans les outre-mer). Cette loi introduit également le principe clef de « pollueur payeur » pour investir dans les mesures de restauration et de préservation.

Le 23 octobre 2000, la Directive Cadre sur L'eau établit le modèle à suivre en matière de gestion de l'eau à l'échelle européenne. Elle se base sur le système décentralisé français. Sa directive « fille » spécifique à la protection des eaux souterraines (2006) développe les critères et méthodes pour l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines. Elle vise également à mieux identifier et inverser les tendances de concentration de polluants dans les eaux souterraines.



© Office International de l'Eau Composition type d'une CLE

Au niveau des sous-bassins versants, ce sont respectivement les Sages, les schémas d'aménagement et de gestion des eaux, et les commissions locales de l'eau (CLE) qui sont mis en place pour transposer la DCE au niveau local. Ces Sage permettent l'intégration des enjeux locaux et la concertation via des syndicats comme structures porteuses et des instances de concertation locales.

Lors d'un entretien avec Carine Felix, animatrice du Sage III-Nappe-Rhin, nous avons pu découvrir les outils de planification et de concertation mis en place pour la préservation des nappes, des cours d'eau et des zones humides. De nombreuses réunions sont alors portées par le SAGE afin de créer du lien et du dialogue entre les acteurs locaux tels que les associations, les acteurs économiques, les élus et les chercheurs. De plus, au cours d'un entretien avec Valérie Meyer, experte eau transfrontalière à Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Grand Est (DREAL), nous avons pu comprendre le rôle des DREAL dans la gestion concertée des eaux souterraines à l'échelle locale. Dans le Grand Est, une importance est donnée à la préservation de la nappe d'Alsace via l'animation de la communauté locale autour de cette thématique.

Alors qu'elle est centrale dans nos vies et notre quotidien, l'eau demeure incroyablement méconnue : origines, usages, répartition sur le territoire, état écologique, avenir face au changement climatique...
Plongée dans cette ressource cruciale.

La France des bassins hydrographiques

La France métropolitaine est divisée en 7 « bassins versants » ou « bassins hydrographiques ». Il s'agit d'un système écologique cohérent formé de différents éléments comme l'eau, la terre et les ressources minérales, végétales et animales.

À l'intérieur d'un même bassin, toutes les eaux reçues (en surface ou en profondeur) se dirigent du fait du relief vers le même exutoire (cours d'eau, lac ou mer).

La ligne de délimitation du bassin avec ses voisins est appelée **ligne de partage des eaux**.



Source : Office International de l'Eau

Au cœur de la politique de gestion de l'eau

Ces bassins constituent la matrice de la gestion de l'eau depuis 1964 en France. À chacun correspondent **2 instances** chargées de **gérer et de protéger les ressources en eau** à l'échelle de ce territoire naturel.

COMITÉ DE BASSIN

État 20% / Élus 40% / Usagers 40%

Il favorise le débat et la concertation entre les acteurs de l'eau.

AGENCE DE L'EAU

Principal organe de financement de la politique de l'eau

2 milliards € / an sur 2019-2024

Elle collecte la redevance sur les usages de l'eau et finance des projets favorisant la préservation et la reconquête du bon état de la ressource.

→ **Il arrête les grandes orientations** dans le cadre des politiques nationales et européennes de l'eau.

→ **Elle agit pour concilier gestion de l'eau, développement économique et respect de l'environnement.**

Source : Agences de l'eau et ministère de la Transition écologique

Une gouvernance de l'eau multi-acteurs

Au-delà de ces deux instances centrales, **une multitude d'acteurs** (publics, privés, mixtes...) se partagent la gestion de l'eau en France.

À TOUS LES NIVEAUX

National	Parlement / Ministères	Environnement, Agriculture, Santé, Industrie, Énergie
Bassin versant	Comité de bassin / Agence de l'eau / Préfet coordonnateur de bassin	
Régional	Préfet de région / DREAL / Régions	
Sous-bassin versant	Commission locale de l'eau / EPTB / EPAGE	
Départemental	Préfet de département / MISEN / OFB / DDT / Départements	
Intercommunal	Syndicats mixtes / EPCI	

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
 EPTB : Établissements Publics Territoriaux de Bassin / EPAGE : Établissements Publics d'Aménagement et de Gestion de l'Eau
 MISEN : Mission Inter-Services de l'Eau et de la Nature / OFB : Office Français de la Biodiversité / DDT : Direction Départementale des Territoires
 EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

Source : Cour des comptes

Les limites de cette gestion

Au-delà de cette gestion décentralisée, il est important de noter que le cadre national reste très important. En effet, les projets de SAGE doivent être validés en Comité de bassin et leur instauration peut être requise par les SDAGE et donc émaner « du haut ». Ces schémas ne sont pas obligatoires, et ne couvrent que 54% du territoire (Office international de l'eau, 2023). Ainsi, comme à l'instar de la Cour des Comptes, l'on peut regretter que la planification écologique ne soit plus déployée. Les SAGE ne couvrent que 54 % du territoire. En effet, élaborer un tel schéma n'est pas obligatoire.

Par ailleurs, les contrôles administratifs et judiciaires des eaux souterraines sont conduits par une police de l'eau qui demeure très centralisée.

Pour la gestion quantitative de l'eau, les outils mis en place dès 2006 avec la loi sur l'eau et les milieux aquatiques ont défini des volumes prélevables. Néanmoins aucun décret d'application n'a adressé l'enjeu du partage d'une ressource limitée. Ainsi, le cadre de l'adaptation des acteurs économiques, agricoles ou industriels à la ressources disponibles est très inégalement appliqué sur le territoire.

Enfin, d'autres limites de la gestion française des eaux sont pointées par des structures associatives et ou institutionnelles. Par exemple, l'Assemblée Nationale a pointé en 2021 le manque de moyens des Agences de l'Eau pour mener à bien leurs missions de protection de la ressource lors du rapport de la Commission d'enquête relative à la mainmise sur la ressource en eau par les intérêts privés et ses conséquences.

Etude de cas d'une gouvernance concertée des eaux souterraines : la nappe du Champigny, un territoire de dialogue

Comme mentionné précédemment, notre étude de la nappe du Champigny a été rythmée par plusieurs entretiens et l'étude des nombreux acteurs s'impliquant dans la gestion concertée des eaux souterraines.

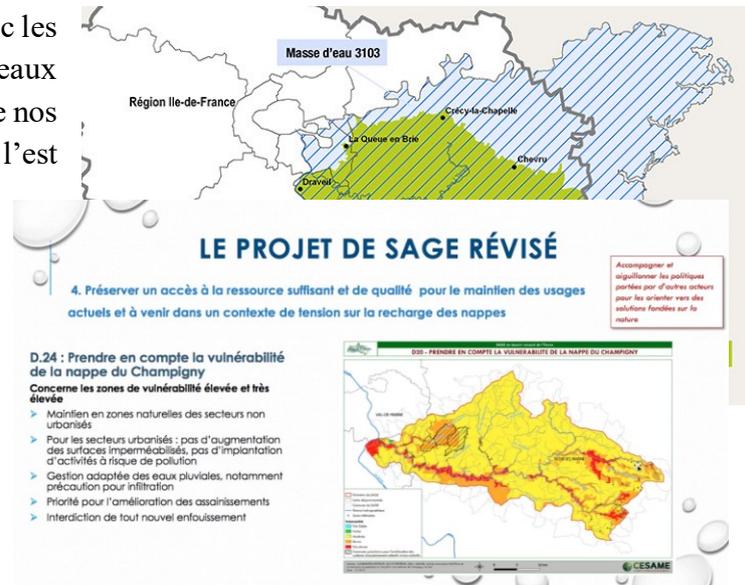
Cette nappe représente la principale ressource en eaux souterraines de l'Île de France. La problématique de qualité de l'eau y est particulièrement prégnante, car la pollution est l'enjeu majeur autour de cet aquifère. Aux vues de sa spécificité quant à la part importante des prélèvements de la nappe destinée à l'approvisionnement des populations en eau potable (88%), cette question de la qualité de l'eau est cruciale.

Dans les années 90, les difficultés d'approvisionnement en eau potable - d'abord liées à un problème quantitatif (1992-93) puis à une dégradation de la qualité - ont poussé les acteurs et usagers de la nappe à se mobiliser autour de cette ressource, dans le cadre d'un Comité des Usagers en 1994, puis dans celui d'un Contrat de nappe et d'une Charte des Usagers en 1997. Cette concertation a abouti à la création, en juillet 2001, de l'association de l'aquifère des calcaires de Champigny en Brie, dénommée AQUI'Brie, par le Conseil Régional d'Île de France, le Conseil Départemental de Seine-et-Marne, l'Agence de l'eau Seine-Normandie et l'Etat. Ce format de structure associatif est spécifique à cette nappe et répond à un besoin d'uniformisation de la ressource en eaux souterraines sur l'ensemble du territoire. Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau, AQUI' Brie a un double objectif : l'atteinte du Bon Etat

Qualitatif de la nappe du Champigny en 2021 et du Bon Etat Quantitatif en 2027. Pour cela, elle passe par son expertise dans le domaine de la concertation pour créer du lien entre tous les acteurs de l'eau.

Lors de notre colloque, nous avons eu la chance de recevoir Anne Reynaud, coordinatrice de projets chez Aquibrie. Nous avons compris que cette association travaille en complète coopération avec les autres associations et syndicats de gestion des eaux en Ile de France que nous avons découvert lors de nos entretiens comme le Le Syndicat de l'eau de l'est Seine-et-Marnais (S2e77), Les Organismes uniques de gestion collective (OUGC) et la Chambre d'Agriculture, Syndicat Départemental Des Eaux de l'Aube (SDDEA), ainsi que le syndicat en charge du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de l'Yerres (SyAGE). Ce dernier, également présenté lors de notre colloque, a pour objectifs premiers de respecter les normes de qualité de la Directive Cadre sur l'Eau mais aussi de préserver, voire de restaurer les milieux naturels.

Tous ces travaux s'articulent autour du SDAGE, outil juridique porté par l'agence de l'Eau Seine Normandie, qui donne un état des lieux des eaux souterraines de l'Ile de France, un suivi quantitatif et qualitatif, et fixe des objectifs tous les 5 ans.



Maroc

Une gouvernance des eaux souterraines au Maroc mise sous tension par le changement climatique

Un cadre juridique précurseur mais vieillissant face aux défis environnementaux

La loi sur l'eau de 1995 a été pionnière dans l'introduction de mesures visant à améliorer l'efficacité et la durabilité de l'utilisation de l'eau au Maroc. Bien que principalement concernée par l'augmentation de l'offre, la loi comprend également un volet sur la gestion durable de la demande, notamment par l'application du principe " pollueur-payeur " pour une meilleure protection de la qualité de l'eau et la création d'Agences de Bassin Hydraulique (ABH) inspirées des Agences de l'Eau françaises. Les ABH incluent explicitement les eaux souterraines au sein du domaine public hydraulique, montrant ainsi leur visibilité institutionnelle et juridique (Vecchio & Kuper, 2021). 21 ans après, en 2016, la loi de 1995 est reformulée mais cette reformation n'apporte aucun changement fondamental à la législation de l'eau dans le pays. Nonobstant tout, dans le chapitre consacré aux eaux souterraines, est introduit le contrat de nappe de gestion participative (Entretien avec K. Del Vecchio, 2023).

Malgré le fait que le contrat de nappe soit un moyen efficace pour éviter la surexploitation des eaux souterraines, on remarque que, face aux défis environnementaux auxquels le Maroc est actuellement confronté, les contrats de nappe restent de petits projets sur lesquels peu de personnes travaillent et auxquels l'administration marocaine ne donne pas suffisamment de moyens (Entretien avec K. Del Vecchio, 2023; Entretien avec M. Kuper, 2023). Par conséquent, comme le démontrent nos exemples des contrats de la nappe de Souss et de la nappe de Berrechid ci-dessous, on en déduit que le contrat de nappe identifie et reconnaît le problème de surexploitation des eaux souterraines sans que de réels changements soient apportés.

Une multiplicité d'acteurs aux intérêts divergents sur la gestion durable des eaux souterraines

La gouvernance des eaux souterraines au Maroc s'inscrit dans un contexte de concurrence sectorielle entre d'un côté le ministère de l'Eau et les ABH et de l'autre le ministère de l'Agriculture. Ce dernier prenant en compte l'importance majeure des eaux souterraines pour la sécurité alimentaire marocaine, poursuit des objectifs de développement de l'offre basés sur la surexploitation des eaux souterraines. Le ministère de l'Eau et les ABH prônent une gestion plus efficace et durable des ressources en eaux souterraines, s'alarmant quant à l'impact disproportionné du changement climatique sur l'amenuisement des ressources (Vecchio & Kuper, 2021, p. 14). L'orientation historique des politiques publiques marocaines étant axée sur la protection des intérêts socio-économiques du pays, les objectifs de développement agricole à court-terme ont tendance à primer sur les objectifs de gestion durable des eaux souterraines. De plus, les ABH étant dotées de moyens humains et financiers relativement limités, elles n'ont que peu d'emprise sur l'utilisation de l'eau par le secteur agricole au niveau local (Tanouti & Molle, 2013).

Les contrats de nappe : une solution pour une gouvernance durable des eaux souterraines mais qui reste limitée

Les contrats de nappe : fonctionnement juridique et institutionnel

Prévus par la loi numéro 36-15, les contrats de nappe ont été mis en place par le gouvernement afin de pallier la baisse de recharge des nappes phréatiques due aux effets du changement climatique. Leur élaboration est soumise aux dispositions de la circulaire interministérielle numéro 4775 du 15/11/2013.

Cette démarche contractuelle est destinée à réguler les usages des eaux souterraines d'un même aquifère, notamment lorsque les pouvoirs publics considèrent celui-ci comme surexploité. Les contrats de nappes ont pour ambition de responsabiliser les acteurs au niveau territorial, en se fondant sur une gestion participative avec des mécanismes de planification, de financement, de suivi et de contrôle. Le contrat de nappe fixe les modalités de gestion d'un aquifère, en fixant des seuils à respecter par tous les usagers, notamment les agriculteurs. Le suivi est effectué mensuellement et des pénalités sont appliquées de manière proportionnelle en cas de dépassement du seuil (Benabdellah, 2022). Les projets de contrats de nappe s'inscrivent dans une mise en visibilité des problèmes de surexploitation des eaux souterraines

face au changement climatique ainsi qu'une volonté d'atteindre un plus grand consensus quant à leur gestion. Bien qu'il y ait une accélération des processus de signature des contrats de nappe pour pallier les effets du changement climatique, il n'existe à ce jour que quatre contrats de nappes opérationnels au Maroc. Ils concernent les nappes de Souss, Rmel, Haouz Mejjate et Berrechid (Ibid).

Cependant leur mise en œuvre soulève des enjeux multiples comme le montreront les études de cas sur les nappes de Souss et de Berrechid.

Limite des contrats de nappes mais des développements prometteurs.

Comme le Maroc reçoit très peu d'eau de pluie mais possède d'importantes ressources en eau souterraine, la très grande majorité de l'eau utilisée dans le pays provient des nappes phréatiques. Les régions de la nappe de Souss et celle de Berrechid sont les territoires marocains où il pleut le plus rarement. Ainsi, nous pourrions supposer qu'il s'agit de la raison pour laquelle les deux premiers contrats de nappes du Maroc ont été introduits dans ces deux régions (Entretien avec H. Tazi-Sadeq, 2023).

Le contrat de la nappe de Souss est le premier contrat de nappe marocain, signé en 2006 (Closas; Villholth, 2016; Entretien avec K. Del Vecchio, 2023). La nappe de Souss se situe dans la partie sud du pays et le traverse horizontalement, d'Agadir à Aoulouz (Boujmikh; Humbert, 2010). La nappe de Souss est l'une des nappes les plus exploitées du pays. C'est la raison pour laquelle le premier contrat de nappe au Maroc a été signé dans cette région (Entretien avec H. Tazi Sadeq, 2023). Le contrat relatif à la nappe de Souss a été signé en tant que contrat technique et financier non contraignant entre le gouvernement et les autres usages. Le contrat envisageait des mesures spécifiques à mettre en œuvre dans l'ensemble du bassin du Souss Massa-Draa, y compris des restrictions des zones cultivées et des redevances sur l'eau (Closas; Villholth, 2016). Le contrat de la nappe de Souss est très important car il s'agit du seul contrat de nappe signé au Maroc (Entretien avec H. Tazi-Sadeq, 2023; Entretien avec K. Del Vecchio, 2023). La nappe de Berrechid se situe dans la partie nord du pays et encercle la ville éponyme localisée au sud de Casablanca. La nappe se distingue par l'importance de son étendue, estimée à 1500 km² environ. Avec une telle superficie, la nappe de Berrechid joue un rôle décisif dans la production agricole de la région, raison pour laquelle ses ressources sont surexploitées (Chaabi, 2022). En effet, sur ces vingt dernières années, la moyenne du déficit du bilan hydrique de la nappe est de trente millions de m³/an. Autrement dit, il faut, de nos jours, creuser au moins 100 mètres dans la nappe afin d'atteindre les ressources contre entre 30 à 40 mètres en 1985 (Chaabi, 2022). En 2016, la loi de 1995 est reformulée. Cette reformulation n'apporte aucun changement fondamental mais présente notamment un nouveau chapitre introduisant le contrat de nappe de gestion participative dont le premier est celui de la nappe de Berrechid. A ce jour, le contrat n'est pas encore signé.

Malgré une approche innovatrice en tant que plateforme multi-usagers visant à consolider des activités spécifiques de gestion des eaux souterraines sur le terrain, le caractère volontaire du contrat de nappe a limité le nombre de participants. En outre, le manque de capacités institutionnelles et la clarté des rôles dans le cadre du processus de décentralisation

ont limité les capacités de surveillance et l'application de règles (Closas; Villholth, 2016). Par l'étude des contrats des nappes de Souss et de Berrechid, on observe que le contrat de nappe est une bonne initiative dans la mesure où il permet de partager les ressources des eaux souterraines entre ses différents usages (agricole, industriel, consommation des populations, exploitation pour les écosystèmes, etc). En effet, en théorie, le contrat de nappes offre l'opportunité de répartir équitablement l'eau des nappes phréatiques entre les nombreux usages afin de réduire la surexploitation de cette dernière sur le court-terme et d'en maintenir un niveau d'exploitation raisonnable sur le long-terme (Entretien avec H. Tazi-Sadeq, 2023; Entretien avec K. Del Vecchio, 2023). Cependant, l'étude du contrat de la nappe de Souss démontre que malgré l'existence de ce dernier, les différents usages ne parviennent pas à se partager (équitablement) les ressources. En effet, chaque partie prenante souhaite protéger ses intérêts personnels en exploitant autant d'eau dont elle a besoin, sans se soucier du fait qu'elle est obligée d'en laisser aux autres parties prenantes (Entretien avec M. Kuper, 2023; Entretien avec K. Del Vecchio, 2023; Entretien avec H. Tazi-Sadeq, 2023). Comme Mme Tazi-Sadeq l'a précisé lors de notre entretien, la rareté des ressources en eaux souterraines au Maroc fait que leur partage est compliqué. Dans la mesure où les nappes phréatiques sont la principale source d'eau utilisée dans le pays, les eaux souterraines sont, au fil des décennies, devenues une ressource rare, ce qui désincite un usage à sacrifier une partie de son exploitation hydraulique pour en laisser aux autres. C'est aussi pour cette raison que le gouvernement marocain rencontre des difficultés à mettre les contrats de nappes en place (Closas; Villholth, 2016). Ces derniers existent depuis longtemps; le contrat de la nappe de Souss ayant été signé en 2006 mais établi dans les années 1990 suite à l'adoption de la loi de 1995. Néanmoins, comme les parties prenantes n'arrivent pas à se mettre d'accord sur un partage équitable des ressources, la mise en place et le bon fonctionnement des contrats de nappe s'avèrent être un couple de tâches complexes pour l'Etat du royaume chérifien (Entretien avec H. Tazi-Sadeq, 2023).

Outre le partage complexe des ressources entre les différents usages, le fait que la participation des acteurs non-étatiques des eaux souterraines, majoritairement les agriculteurs, soit peu prise en compte dans l'établissement et la mise en place des contrats de nappes au Maroc défavorise l'efficacité de ces derniers (Entretien avec K. Del Vecchio, 2023; Entretien avec M. Kuper, 2023). De nos jours, les contrats de nappes marocains sont purement administratifs. En effet, d'après nos entretiens avec K. Del Vecchio (2023) et M. Kuper (2023), les contrats de nappes sont négociés entre le gouvernement et d'autres administrations publiques comme les offices d'aménagement irrigué ou ceux d'eau potable. C'est pour cette raison que la loi de 1995 a été reformulée. Dans la continuité de sa reformulation en 2016, le contrat de la nappe de Berrechid a pour objectif d'accorder une place plus importante aux acteurs non-étatiques des eaux souterraines.

Qu'en est-il du changement climatique dans tout cela ? D'après K. Del Vecchio, M. Kuper et H. Tazi Sadeq (2023), la question du dérèglement climatique est absente dans les contrats de nappe marocains. Pourtant, en ce qui concerne la problématique de l'eau, les défis du réchauffement climatique sont bien visibles dans le pays, notamment à travers l'augmentation du niveau des eaux dans les barrages. Le gouvernement marocain a conscience des problèmes mais ne les prend pas en compte dans l'élaboration des contrats de nappe. De plus, on remarque que cette situation est aggravée par le fait que les contrats de nappe ne permettent pas d'atténuer

la surexploitation des nappes phréatiques. Selon K. Del Vecchio (2023), le lien entre l'aspect participatif des contrats de nappe, et notamment celui du contrat de la nappe de Berrechid, et le changement climatique n'est pas évident, que ce soit au niveau de l'administration publique ou de la population du royaume chérifien, qui n'ont eux-mêmes pas une importante prise en compte du dérèglement climatique. Par conséquent, la question de la prise en compte du réchauffement climatique dans les contrats de nappe marocains est encore à explorer. Cependant, d'après K. Del Vecchio (2023), elle représente un véritable challenge.

Egypte

Quel rôle pour la jeunesse dans le domaine des eaux souterraines ? Une perspective novatrice à partir de l'aquifère des grès nubiens.

La valeur ajoutée d'une prise en compte de la jeunesse dans le domaine des eaux souterraines

L'intégration de la jeunesse dans le domaine des eaux souterraines engendre une valeur ajoutée significative à plusieurs égards. Tout d'abord, elle favorise un transfert de connaissances inestimable entre les générations en encourageant un échange dynamique de perspectives, d'expériences et d'enseignements entre les aînés et les jeunes. Cette interaction multidirectionnelle renforce la rétention des savoirs traditionnels tout en infusant de nouvelles idées et approches. De plus, l'implication des jeunes ouvre des avenues d'innovation cruciales pour relever les défis complexes posés par le changement climatique et la gestion durable des réserves d'eaux souterraines. Leur propension à penser de manière non conventionnelle et à adopter des solutions novatrices injecte une vitalité essentielle dans le secteur.

En adoptant des approches axées sur l'inclusion et la jeunesse, des opportunités se présentent pour la création d'espaces de participation significative des jeunes. Ces espaces offrent des occasions de renforcement des capacités, facilitent la collaboration intergénérationnelle et permettent l'exploration du potentiel des nouvelles pratiques de gouvernance des ressources en eaux souterraines. De surcroît, les compétences innées des jeunes dans l'utilisation des médias sociaux confèrent un avantage décisif en matière de sensibilisation et de plaidoyer. Leur capacité à mobiliser efficacement le soutien et à promouvoir des pratiques durables sur des plateformes en ligne garantit une diffusion rapide et étendue des préoccupations liées aux eaux souterraines.

De manière concomitante, investir dans le développement des jeunes leaders s'avère être une stratégie judicieuse pour édifier un avenir durable. Les programmes de mentorat ciblés et les opportunités de leadership non seulement renforcent les compétences individuelles, mais façonnent également une cohorte de futurs leaders capables de catalyser des changements positifs à long terme. Dans l'ensemble, l'intégration des jeunes dans le domaine des eaux souterraines transcende les frontières générationnelles pour engendrer un terreau fertile où se croisent la tradition et l'innovation, l'inclusion et la collaboration, ainsi que le plaidoyer éclairé et le leadership émergent.

Etude de cas participative : le système de l'aquifère des grès nubiens (NSAS) et le Groundwater Youth Network (GYYN)

Le réseau de la Jeunesse pour les Eaux Souterraines (GWYN) constitue une plateforme visant à mobiliser directement les professionnels débutants et intermédiaires de la gestion des eaux souterraines à travers le monde. Les aquifères, hébergeant les ressources en eaux souterraines nécessitant une préservation, sont au cœur de cette initiative. L'année 2022 s'est avérée particulièrement fructueuse pour le réseau GWYN, qui a pris l'initiative de combler le fossé intergénérationnel par une communication appropriée afin de trouver des solutions aux problématiques liées aux eaux souterraines.

Créé dans le but d'accroître la compréhension de ces processus complexes, le réseau de la jeunesse pour les eaux souterraines a été mis en place. Le Sommet des Nations Unies sur les Eaux Souterraines 2022 à Paris, axé sur le thème Rendre l'invisible visible, a dévoilé le potentiel de manière démystifiée pour éliminer certains mythes courants. Ce sommet s'est animé à travers diverses sessions plénières, des dialogues régionaux, des discussions sur les aquifères transfrontaliers avec un accent particulier sur l'Afrique, ainsi qu'une séance dédiée au renforcement de l'interface entre la science, les politiques et les pratiques. Au cours du sommet, la Déclaration de la Jeunesse sur les Eaux Souterraines a été proclamée par Michel Frem, Président du GWYN. Celui-ci a souligné que la jeunesse incarne des agents de changement, des innovateurs et les futurs leaders du partage des connaissances, du développement durable, de l'utilisation et de la gestion des ressources en eaux souterraines, ainsi que de l'égalité des genres et de l'inclusion.

Le Ground Water Youth Network (GWYN) incarne une initiative significative visant à intégrer de manière proactive les jeunes au sein du projet du système d'aquifère des grès nubiens (NSAS). Cette entreprise stratégique repose sur l'engagement des jeunes dans divers aspects clés de la gestion des ressources en eaux souterraines, et ce, par le biais de l'échange de connaissances, de l'amplification des capacités et de leur participation aux processus décisionnels. Les jeunes chercheurs jouent un rôle central dans cette dynamique en contribuant activement à la collecte de données hydrologiques, à l'évaluation de la qualité de l'eau et à l'étude des répercussions socio-économiques des approches de gestion des eaux souterraines.

Une facette importante de cette stratégie implique également la participation des jeunes au sein de l'organe de l'autorité conjointe, fournissant ainsi une plateforme pour exprimer leurs perspectives, leurs idées et leurs préoccupations concernant la gouvernance des ressources en eaux souterraines. Pour faciliter cet engagement, le projet exploite de manière novatrice la technologie et les canaux de communication modernes. L'utilisation de plateformes en ligne, de campagnes sur les médias sociaux et d'applications mobiles permet la diffusion efficace d'informations, la sensibilisation et la mobilisation des jeunes autour des activités de gestion des eaux souterraines.

De surcroît, le projet NSAS investit dans le renforcement des compétences des jeunes à travers la mise en œuvre de programmes spécifiques. Les jeunes professionnels bénéficieront d'un mentorat et de séances de formation dispensés par des experts chevronnés dans le domaine. Cette approche vise à autonomiser les jeunes experts, les dotant des compétences nécessaires pour contribuer de manière constructive à la gouvernance des eaux souterraines.

Un élément crucial de cette entreprise réside dans l'engagement des jeunes participants dans des initiatives de plaidoyer politique. Ces jeunes chercheurs s'investissent activement dans la défense de politiques informées par des résultats de recherche solides, des recommandations politiques éclairées et des perspectives directes de la jeunesse. Leur implication contribuera à influencer les décideurs politiques, façonnant ainsi des politiques de gouvernance des eaux souterraines plus inclusives et plus sensibles aux besoins et aux préoccupations des jeunes. En somme, l'approche novatrice du Ground Water Youth Network (GWYN) au sein du projet NSAS témoigne de l'importance capitale de l'engagement des jeunes dans la protection et la gestion durables des ressources en eaux souterraines.

Bibliographie

Maroc

Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa, 2005. "Renforcement de la recharge artificielle de la nappe du Souss." [En ligne]

Disponible à: https://www.riob.org/IMG/pdf/recharge_souss_05.pdf

[Accès le 10 janvier 2023].

Agence Marocaine de Presse, 2020. "La campagne agricole de 2019-2020 a enregistré une "pluviométrie limitée". [En ligne]

Disponible à: <https://mapecology.ma/actualites/campagne-agricole-2019-2020-a-enregistre-pluviometrie-limitee-ministere/>

[Accès le 05 janvier 2023].

Bahir, M. & Mennani, A., 2002. "Problématique de la gestion des eaux souterraines au Maroc". *Estudios Geologicos*, 68(1), pp. 103-108.

Benabdellah, Y., 2022. “Les contrats de nappe... ou comment des agriculteurs coexploitent les eaux souterraines”. [En ligne]

Disponible à: <https://medias24.com/2022/10/05/les-contrats-de-nappe-ou-comment-des-agriculteurs-coexploitent-les-eaux-souterraines/>

[Accès le 11 janvier 2023].

Bennouna, A., 2020. Gestion de l'eau au Maroc et changement climatique. *Revue Espace Géographie et Société Marocaine*, 32(1), pp. 250-259.

Boujnikh, M., HUMBERT, A. 2010. L'eau dans le bassin de Souss:concurrences et désorganisation des systèmes paysans. *Le Maroc en mutation*.

Disponible à:

<https://journals.openedition.org/noroi/3178>

[Accès le 14 juillet 2023]

Chaabi, C. 2022. “D’ici dix ans, la nappe phréatique de Berrechid risque d’être épuisée”. *Médias24*. [En ligne]

Disponible à:

<https://medias24.com/2022/09/12/dici-dix-ans-la-nappe-phreatique-de-berrechid-risque-detre-epuisee/>

[Accès le 10 août 2023]

Closas, A., Villholth, K. 2016. “Aquifer contracts: a mean to solving groundwater overexploitation in Morocco?”. GRIPP Case Profile Series 01. *IWMI and GRIPP*. [En ligne]

Disponible à:

<https://gripp.iwmi.org/gripp/publications/case-profile-series/issue-01.pdf>

[Accès le 14 juillet 2023]

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

Disponible à:

<https://alternatives-rurales.org/wp-content/uploads/Numero7/AltRur7ContratDeNappeBerrchidPourImp.pdf>

[Accès le 17 juillet 2023]

Heuzebroc, J., 2017. “Pénurie d'eau: Le Maroc tire le signal d'alarme”. [En ligne]

Disponible à: <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/penurie-deau-le-maroc-tire-le-signal-dalarme>

[Accès le 10 janvier 2023].

Institut de Recherche pour le Développement FRANCE. “E-conférence “Le musée Mohammed VI pour la civilisation de l’eau au Maroc”. 2020. [En ligne].

Disponible à:

<https://www.ird.fr/e-conference-le-musee-mohammed-vi-pour-la-civilisation-de-leau-au-maroc>

[Accès le 13 décembre 2022].

Pascon, P., 1978. “De l’eau du ciel à l’eau d’état : Psychosociologie de l’irrigation”. *Hommes, Terre et Eaux*, 28(1), pp. 3-10.

Schilling, J., Freier, K., Hertig, E. & Scheffran, J., 2012. “Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco”. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, Volume 156, pp. 12-26.

Sénat, 2013. “Maroc, le printemps tranquille, Rapport du groupe interparlementaire d'amitié n° 107”. [En ligne]

Disponible à:

<https://www.senat.fr/ga/ga107/ga1075.html#:~:text=Actuellement%2C%20les%20ressources%20en%20eau,4%20milliards%20en%20eaux%20souterraines.>

[Accès le 05 janvier 2023].

Tanouti, O. & Molle, F., 2013. “Réappropriations de l’eau dans les bassins versants surexploités”. *Etudes rurales*, 192(2), pp. 79-96.

Vecchio, K. D. & Kuper, M., 2021. “La mise en visibilité des eaux souterraines au Maroc: un processus historiquement lié aux politiques de développement de l’irrigation”. *Développement durable et territoires*, 12(3), pp. 1-21.

Egypte

Mohie El Din, O. M., Ahmed M. M. A. “Water management in Egypt for facing the future challenges”. *Journal of Advanced Research*. Volume 7. Issue 3. 2016. Pages 403-412.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123216000229?via%3Dihub>

Hamer, T., Dieperink, C., Van Pham Dang, T., S. Otter, H. S., Hoekstra, P. (2020). “The rationality of groundwater governance in the Vietnamese Mekong Delta’s coastal zone”. *International Journal of Water Resources Development*. 36:1, 127-148, DOI: [10.1080/07900627.2019.1618247](https://doi.org/10.1080/07900627.2019.1618247)

<https://www.mwri.gov.eg/hierarchy/>

<https://www.nwrc.gov.eg/about.php>

El-Agha, D., Closas, A., Molle, F. “Dynamics of groundwater use in the central part of the Nile Delta”. *IWMI*. 2015. <https://publications.iwmi.org/pdf/H048365.pdf>

Molle, F., Gaafar, I., El-Agha, D. E., Rap, E., “Irrigation efficiency and the Nile delta water balance”. 2016.
https://www.researchgate.net/publication/326927696_Irrigation_efficiency_and_the_Nile_delta_water_balance

Molle, F., Gaafar, I., El-Agha, D. E., Rap, E. “The Nile Delta’s water and salt balances and implications for management”. *Agricultural Water Management*. 2018. 197:110-121. doi: 10.1016/j.agwat.2017.11.016

El-Agha, D.E., Closas, A., Molle, F. “Below the radar: the boom of groundwater use in the central part of the Nile Delta in Egypt”. *Hydrogeol J* **25**. 1621–1631. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10040-017-1570-8>

Rap, E., Molle, F., El-Agha D. E., El Hassan, W. A. “The limits to participation: branch-canal water user associations in the Egyptian Delta”. *Water International*. 44:1. 31-50. 2019. DOI: 10.1080/02508060.2018.1554766

Al-Agha, D. E.; Closas, A., Molle, F. “Survey of groundwater use in the central part of the Nile Delta”. *Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI)*. 50p. 2015.