



**OBSERVATOIRE
DU SAHARA
ET DU SAHEL**



AFD
AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT



Valorisation des eaux non conventionnelles et des eaux fossiles dans un contexte de changement climatique en Afrique du Nord :

Enjeux et solutions

Novembre 2023

Observatoire du Sahara et du Sahel

Initiative régionale

« Stress hydrique en Afrique du Nord et changement climatique »

Valorisation des eaux non conventionnelles et des eaux fossiles dans un
contexte de changement climatique en Afrique du Nord : Enjeux et solutions

DOCUMENT D'ORIENTATION

Novembre 2023

© Observatoire du Sahara et du Sahel - OSS, 2023

Initiative régionale « Stress hydrique en Afrique du Nord et changement climatique »
Valorisation des eaux non conventionnelles et des eaux fossiles dans un contexte de changement
climatique en Afrique du Nord : Enjeux et solutions - Document d'orientation/ OSS. _ OSS, novembre
2023. _ 34 p.

ISBN : 978-9938-933-40-6

SOMMAIRE

Résumé.....	5
Mots clés.....	5
Remerciements	6
Faits saillants.....	6
Portée et limites.....	7
I- Introduction.....	8
II- L’Afrique du Nord, hotspot des changements climatiques avec d’importants impacts sur les ressources naturelles et nécessitant des moyens importants d’adaptation et de renforcement de la résilience.....	9
III- Ressources en eau dans la région et évolution attendue à l’horizon 2050.....	11
III.1- Situation actuelle de la disponibilité (quantité et qualité) des ressources en eau dans les pays : bilan global et par type de ressources.....	11
III.2- Situation des usages actuels/prélèvements et des besoins par secteur d’utilisation (agriculture, eau potable domestique, industries, autres secteurs) et type de ressource.....	15
III.3- Analyse de l’évolution attendue des ressources en eau et adéquation avec les besoins globaux à divers horizons en tenant compte de l’impact des changements climatiques.....	16
IV- Gestion des ressources en eau de la Demande en Afrique du Nord : Politiques, stratégies et exemples de bonnes pratiques.....	17
V- Eaux non conventionnelles et eaux fossiles en Afrique du Nord : Ressources alternatives quantitativement appréciable.....	18
V.1- Potentialités et situation actuelle de mobilisation et de valorisation et perspectives.....	18
V.1.1- Les eaux usées traitées.....	18
V.1.2- Dessalement de l’eau de mer et déminéralisation des eaux saumâtres.....	19
V.1.3- Eaux de drainage.....	20
V.1.4- Eaux fossiles.....	21
V.2- Enjeux socio-économiques et environnementaux associés à la mobilisation des eaux non conventionnelles et solutions innovantes.....	22
V.2.1- Analyse coûts-bénéfices.....	22
V.2.2- Impacts environnementaux du dessalement.....	22
V.3- Limites et difficultés liées à la mise en œuvre des politiques et programmes.....	23
V.3.1- Les défis politiques.....	23
V.3.2- Quelques solutions pour faire face aux défis liés à l’eau.....	24
VI- Recommandations et perspectives.....	25
Bibliographie.....	26
Liste des sigles et abréviations.....	28

RÉSUMÉ

L'Afrique du Nord est dotée d'un climat naturellement à dominance aride caractérisé par la rareté des ressources en eau renouvelables compromettant le développement durable de la sous-région. La sous-région subit également une tendance forte à l'assèchement et à la réduction des ressources en eau renouvelables disponibles. Parallèlement, la population totale de la zone et le taux d'urbanisation s'accroissent rapidement conduisant à une forte demande des besoins en eau. Cette situation représente pour tous les pays de la sous-région, de sérieuses menaces pour le faible capital hydrique et un défi commun et urgent pour la satisfaction des besoins en eau sur les courts, moyens et longs termes. Conscients de ces défis, les pays de la sous-région ont consenti d'importants investissements depuis plusieurs décennies pour mettre en œuvre des politiques et stratégies à travers des projets et programmes visant surtout à renforcer la gestion rigoureuse et la disponibilité de l'eau. Les bonnes pratiques en matière de gestion et de valorisation durable des ressources en eau ont été capitalisées à travers ces initiatives. Parmi les mesures mises en œuvre, il y a en bonne place la mobilisation des ressources en eau et alternatives à savoir les eaux non conventionnelles (eaux usées traitées, eaux de drainage, etc.) et les eaux fossiles. Cette capitalisation intègre les informations et données nécessaires aux échanges de bonnes pratiques et d'expériences entre les pays de l'Afrique du Nord mais aussi avec les autres pays de l'Afrique soumis au stress hydrique.

Le document fournit les moyens permettant de faciliter les interactions et le dialogue stratégique entre le monde de la recherche et les décideurs dans le cadre de la formulation des politiques publiques en matière de mobilisation et de gestion durable des ressources en eau. Il se veut également un outil d'aide à la décision pour la mise en œuvre efficace de ces politiques.

MOTS CLÉS

Ressources en eau, Stress hydrique, Afrique du Nord, changement climatique, Eaux non conventionnelles, Eaux fossiles, bonnes pratiques

REMERCIEMENTS

Ce Policy Paper a été réalisé dans le cadre d'une Convention de recherche entre l'AFD et l'OSS relative à l'initiative Régionale « Stress hydrique en Afrique du Nord », Facilité d'appui au dialogue de Politiques Publiques (Ref : 587-2020 CZZ2667). Les auteurs remercient les différents consultants qui ont participé à l'élaboration des synthèses nationales et les experts des différents pays qui ont participé à l'atelier régional de concertation tenu à Tunis, le 10 juin 2022. Les différents produits élaborés dans le cadre de l'initiative ont également bénéficié des contributions de Mesdames Caroline Rozières, Atika Ben Maid et Julie Gonnet de l'Agence Française de Développement (AFD).

FAITS SAILLANTS

- **Ressources en eau renouvelables très peu fournies** : En Afrique du Nord, les eaux souterraines sont mieux fournies comparativement aux eaux superficielles mais elles sont en grande partie sous forme de réserves contenues dans les aquifères dits fossiles dont l'exploitation peut être assimilée à celle d'un gisement minier, c'est-à-dire avec un risque d'épuisement irréversible. Toutes les précautions de durabilité doivent être alors observées quant à leur exploitation.
- **Fragilité des ressources en eau** : Les données et informations disponibles dans les cinq pays mettent en exergue la fragilité des ressources en eau, notamment celles renouvelables, du fait de la péjoration de l'aridité et de la pluviométrie (à peine 200 mm/an en moyenne). Cette fragilité sera davantage renforcée par les changements globaux fort remarquables dans la région (changement climatique, évolution démographique, urbanisation, etc.).
- **Disponibilité quantitative et qualitative actuelle et future des ressources en eau compromise** : Les simulations réalisées indiquent qu'avec la dynamique évoquée supra, tous les pays qui sont déjà en situation de stress hydrique¹ connaîtront inévitablement des pénuries d'eau² chroniques dans les prochaines décennies. De même, les ressources en eau de la région sont affectées par divers problèmes liés à leur qualité touchant une bonne part du potentiel disponible du fait des (i) eaux de drainage contenant des quantités élevées d'intrants agricoles résiduels (sels, pesticides, herbicides) notamment dans les zones de grandes productions agricoles irriguées, (ii) problèmes d'intrusions salines au niveau des localités côtières, etc.
- **Mise en œuvre d'options de gouvernance adaptée mais aussi la mobilisation des ressources alternatives comme les eaux non conventionnelles pour pallier le stress hydrique grandissant** : Des politiques et stratégies de sécurisation et de gestion des ressources en eau ont été adoptées pour une amélioration de la disponibilité des ressources en eau. De même, les pays se sont engagés dans la mobilisation des eaux non conventionnelles à travers de vastes projets/programmes pour renforcer la disponibilité des ressources en eau. Il s'avère cependant nécessaire de renforcer ces conditions de gouvernance de la ressource et d'adopter des pratiques garantissant une meilleure efficacité de l'utilisation de cette ressource.

¹ Stress hydrique : Selon la FAO, le stress hydrique pour un pays est atteint si la disponibilité en eau renouvelable est comprise entre 500 m³/hab/an et 1 000 m³/hab/an

² Pénurie d'eau : Au sens physique, il y a pénurie d'eau lorsqu'il n'y en a pas assez pour faire face à toutes les demandes, y compris les besoins environnementaux. Selon la FAO, le seuil de pénurie d'eau pour un pays est atteint si la disponibilité en eau renouvelable est inférieure à 500 m³/hab/an

PORTÉE ET LIMITES

Ce Policy Paper, qui découle d'un rapport régional, fournit une synthèse régionale sur la situation actuelle et future des ressources en eau dans les cinq pays de l'Afrique du Nord et présente les opportunités offertes par les eaux non conventionnelles et les eaux fossiles pour soutenir le déficit hydrique. Les impacts des changements climatiques sur les ressources en eau sont pris en compte dans les analyses. La synthèse est essentiellement basée sur la collecte et l'analyse de données et informations existantes et au niveau des pays dans le cadre d'investigations nationales réalisées dans les pays concernés. Des ressources documentaires disponibles sur la thématique dans la région³⁴⁵ ont été également exploitées pour consolider les données et informations collectées au cours des investigations nationales. La version initiale de la synthèse a permis d'alimenter les débats au cours d'un atelier régional de concertation, organisé à Tunis, le 10 juin 2022. L'atelier régional a également servi de cadre pour la collecte de données et informations supplémentaires pour en produire une version améliorée du rapport régional.

³ OSS, 2020. L'Eau dans nos régions, ISBN : 978-9938-933-29-1

⁴ OSS, 2018. Etat des lieux secteur Eau (Algérie, Tunisie, Maroc). Synthèse régionale. 12p.

⁵ M. Abdourahman Maki (FAO) et M. Faycel Chenini (FAO). 2022. Analyse de l'état des lieux et perspectives de l'utilisation des eaux usées traitées dans les pays

I- INTRODUCTION

Les cinq (05) pays de l'Afrique du Nord concernés par la présente synthèse à savoir l'Algérie, l'Égypte, le Maroc, la Libye et la Tunisie (Figure 1) s'étendent sur un vaste territoire d'environ 6 millions de km² et globalement caractérisé par un climat à dominance aride avec une grande variabilité et irrégularité des pluies (moins de 300 mm/an en moyenne). La région dispose de moins de 1% des ressources renouvelables du continent alors qu'elle représente 20 % de sa superficie induisant une rareté aiguë des ressources en eau, quantitativement et qualitativement. La plupart des pays sont en situation de pénurie d'eau (moins de 500 m³/an/hab.) si l'on s'en tient à la disponibilité des ressources en eau renouvelables internes.

Malgré la situation de stress ou de pénurie, les niveaux des services d'accès à l'eau et à l'assainissement sont les plus élevés pour tous les pays de cette région, comparativement aux autres régions de l'Afrique. En effet, depuis 2015, un important effort est déployé par ces pays pour atteindre et consolider l'accès universel à l'eau (Algérie, 94% ; Égypte, 99% ; Libye, 100% ; Maroc 90% ; Tunisie, 98%) de la population) et plus de 95% pour l'accès à l'assainissement (Algérie, 86% ; Égypte, 97% ; Libye, 92% ; Maroc, 87% ; Tunisie, 97%). Pour maintenir cette dynamique vers l'accès universel à l'eau et à l'assainissement et surtout satisfaire convenablement et de façon régulière les besoins en eau des différents secteurs économiques (agriculture et industrie notamment), certains des pays ont déjà totalement pratiquement épuisé leurs ressources en eau renouvelables, ce qui se traduit par des indices d'exploitation au-delà de 100% (Figure 2). C'est le cas de l'Égypte, de la Libye et de la Tunisie. La situation dans les deux autres pays est aussi critique : plus de 80% de taux de prélèvement pour l'Algérie et autour de 40% pour le Maroc. Ces niveaux de demande en eau et de sollicitation de la ressource renouvelable continueront à augmenter du fait de la démographie couplée à la modernisation du train de vie ainsi que l'exacerbation des effets négatifs du dérèglement climatique dans la région. Pour pallier ces déficits ou les prévenir durablement, il est absolument indispensable d'adopter des stratégies de gestion rigoureuse des ressources en eau. Pour les pays de l'Afrique du Nord, les options plausibles consisteraient à la fois à renforcer la gestion rigoureuse de l'eau, à recourir à des ressources alternatives, notamment aux ressources en eau non conventionnelles et, pour ceux qui en disposent, aux eaux fossiles, avec toutes les précautions de durabilité que cela requiert.

C'est d'ailleurs la raison pour laquelle les pays de la région se sont déjà engagés depuis quelques décennies à la mobilisation des eaux non conventionnelles : réutilisation des eaux usées traitées (REUT), dessalement d'eau de mer et/ou déminéralisation d'eau saumâtre et les eaux fossiles. Malgré ces efforts, il existe encore de grands défis à relever pour atteindre des performances appréciables et recourir à des technologies limitant les impacts environnementaux et l'empreinte carbone, au regard des potentialités disponibles.

Dans cette perspective, il est opportun de fournir des appuis aux pays, sous diverses formes (scientifiques, techniques, institutionnels, politique, etc.) de façon à répondre efficacement à ces défis. Un renforcement de la dynamique d'échange et de coopération entre pays de la région sur les enjeux de gestion des ressources en eau dans un contexte de changement climatique semble important pour contribuer à la réalisation de l'objectif. La proposition de ce papier qui aborde les principaux éléments décrits ci-après s'inscrit dans cette perspective :

- Données et informations générales et situation actuelle et futures des ressources en eau dans les pays de l'Afrique du Nord ;
- Bonnes pratiques en matière de gestion durable des ressources en eau ;
- Perspectives de réponses complémentaires apportées par les eaux non conventionnelles et les eaux fossiles dans la sous-région ;
- Propositions de recommandations pour des études et travaux complémentaires afin de combler les gaps d'informations scientifiques et/ou de données existantes et fiables.

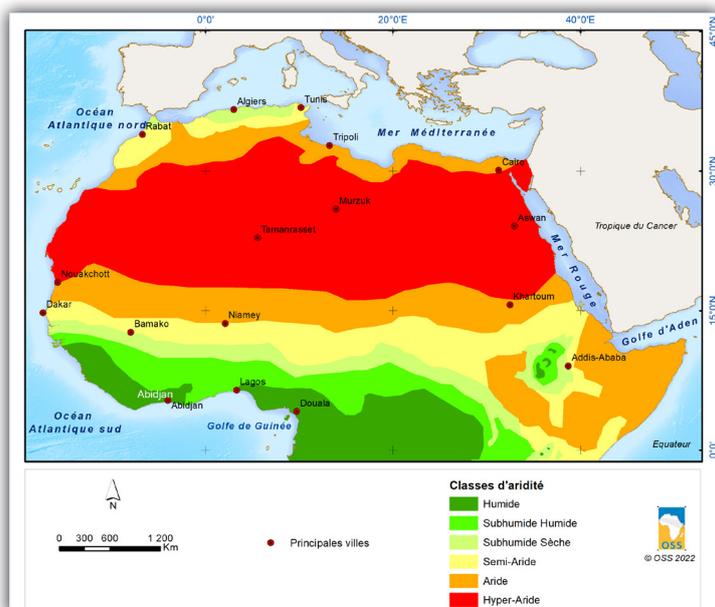


Figure 1 - Carte de situation de la région et variation spatiale de l'indice d'aridité (Source: OSS, 2020)

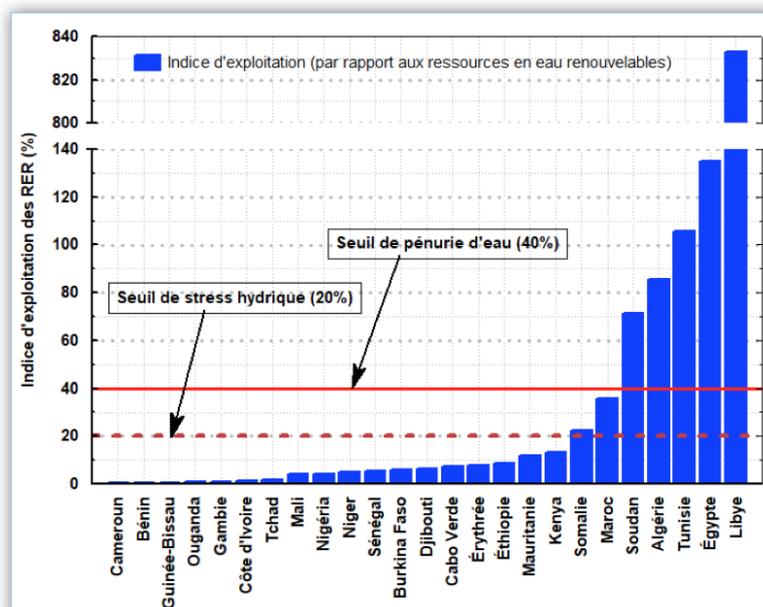


Figure 2 - Indices exploitation des ressources en eau dans les pays d'Afrique du Nord

II- L'AFRIQUE DU NORD, HOTSPOT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES AVEC D'IMPORTANTES IMPACTS SUR LES RESSOURCES NATURELLES ET NÉCESSITANT DES MOYENS IMPORTANTS D'ADAPTATION ET DE RENFORCEMENT DE LA RÉSILIENCE

L'Afrique du Nord, située entre la Méditerranée et le désert du Sahara (le plus aride du monde) est considérée comme l'un des points chauds (hots spots) du changement climatique⁶. La région de l'Afrique du Nord est dotée d'un climat naturellement aride ou semi-aride et subit d'ores et déjà les effets du changement climatique : stress hydrique exacerbé, baisse des rendements agricoles, augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes. Malgré une disparité spatiale et temporelle, les projections des différents modèles climatiques convergent vers une tendance à l'amplification des principaux aléas (augmentation des températures, réduction des précipitations ou augmentation de leur variabilité interannuelle, augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements extrêmes tels que les sécheresses et les inondations et l'élévation du niveau de la mer). La région devrait subir, selon les modèles climatiques, une tendance forte à l'assèchement du fait d'une hausse des températures (qui conduit à une hausse de l'évaporation) combinée à une relative baisse des précipitations. Les cartes générées par l'Aqueduct Water Atlas (WRI)⁷ en 2019 montrent une forte réduction des ressources en eau renouvelables disponibles à horizon 2040 de près de 40% du fait du changement climatique.

De façon spécifique, les prévisions établies par le SMHI avec le Model Cordex Middle East North Africa, Scénario Haute (RCP 8.5), indiquent qu'il y aura globalement une réduction des précipitations à l'horizon 2040 dans toute la région.

Ces changements sont aussi confirmés dans le sixième rapport du GIEC⁸ qui insiste sur une réduction prévue des précipitations pouvant atteindre 40% à l'horizon 2040 par rapport à la période de la référence (1986-2005). A contrario, on assistera à une augmentation des températures ainsi que la fréquence des précipitations exceptionnelles dans la région (Figure 3 et 4).

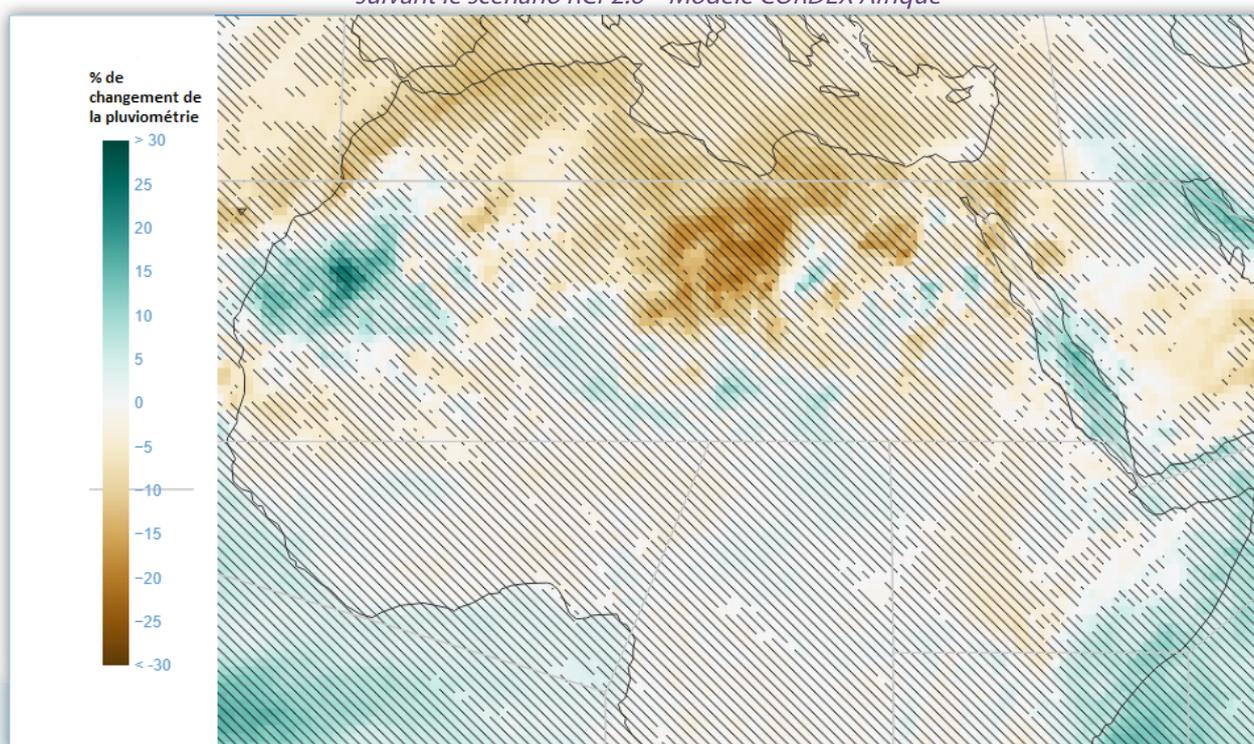
6 Diffenbaugh NS, Giorgi F (2012) Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. *Clim Chang* 114 :813–822. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0570-x>

7 <https://www.wri.org/resources/maps/aqueduct-water-risk-atlas>

8 IPCC, 2021. Summary for Policymakers. In : *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In press

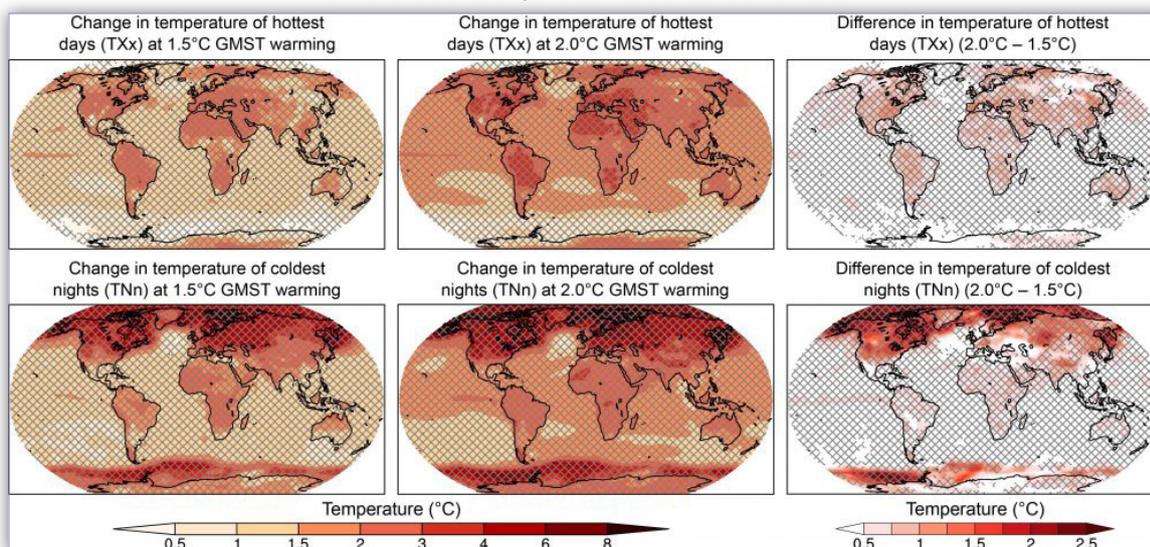
Les changements futurs du climat auront des impacts négatifs sur les ressources en eau aux plans quantitatif et qualitatif. Des réductions des apports et donc de la ressource sont, en effet, envisagées par les différents modèles même si les amplitudes de ces changements varient cependant selon les modèles et les méthodes utilisées. Les réductions des apports couplés à la hausse des températures vont se traduire par la baisse des débits dans les cours d'eau, la baisse de la recharge des nappes. A titre illustratif, dans la région, les trois dernières décennies ont été caractérisées par une nette diminution des écoulements des cours d'eau, particulièrement pendant les périodes d'étiage. Les déficits ont atteint des niveaux records pour certaines années et durant des périodes couvrant plusieurs années successives impactant le remplissage des barrages. Aussi, il a été constaté que les périodes de sécheresses intenses et longues deviennent de plus en plus fréquentes. De même, des inondations fréquentes et violentes ont été enregistrées dans plusieurs localités de la région et le seront davantage, du fait de l'intensification des pluies exceptionnelles. Les impacts toucheront tous les secteurs économiques, notamment l'agriculture dont dépendent en grande partie les moyens de subsistance des populations ainsi que la sécurité alimentaire dans la région.

Figure 3 - Variation (%) des précipitations totales projetées (2021-2040) par rapport à la période 1986-2005 suivant le scénario RCP2.6 – Modèle CORDEX Afrique



Source : IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced) (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/regional-information>)

Figure 4 - Changements projetés de la température moyenne (haut) et des précipitations moyennes (bas) à 1,5°C (à gauche) et 2°C (au milieu) de réchauffement global par rapport à la période préindustrielle (1861-1880), et la différence entre 1,5°C et 2°C de réchauffement



Source : <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/figure-3.4-2-e1550133398489.jpg>

III- RESSOURCES EN EAU DANS LA RÉGION ET ÉVOLUTION ATTENDUE À L'HORIZON 2050

III.1- SITUATION ACTUELLE DE LA DISPONIBILITÉ (QUANTITÉ ET QUALITÉ) DES RESSOURCES EN EAU DANS LES PAYS : BILAN GLOBAL ET PAR TYPE DE RESSOURCES

En Afrique du Nord, le potentiel en eau est constitué principalement par les eaux renouvelables et les eaux fossiles, dites conventionnelles, et dans une moindre mesure par les eaux dites non conventionnelles (eaux usées épurées, eaux dessalées et eaux déminéralisées)⁹. Un aperçu sur le potentiel de chacun de ces types de ressources sera présenté ici. Les données et informations exploitées sont issues de diverses sources dont principalement les rapports nationaux et un rapport de synthèse régional élaborés. Ces rapports nationaux peuvent être consultés pour des informations plus détaillées. Des ressources documentaires additionnelles ont été également exploitées à savoir notamment, les études nationales réalisées dans le cadre du projet CREM (CREM-GIZ, 2017), les rapports nationaux de l'initiative sur le REUSE de la FAO (2021), la récente édition de la monographie de l'eau dans les pays de l'OSS (2020), les données et plateformes en ligne à l'image de Aquastat-FAO.

- **Eaux Superficielles : Hydrographie défavorable et sujette à une aridité sévère**

Dans la région, les eaux superficielles sont peu fournies du fait de l'aridité du climat et donc de la très faible pluviométrie dans la région. Celles-ci sont principalement localisées dans les bassins fluviaux transfrontaliers du Nil (Egypte pour la partie Afrique du Nord)¹¹ et de la Medjerda (partagée par l'Algérie et la Tunisie) et dans une moindre mesure, ceux du Niger (Sud de l'Algérie) et du lac Tchad (Sud de la Libye). Il existe également de petits bassins côtiers nationaux à l'image de¹² : Moulouya, Loukkos, Oum Er Rbia, El Abid, Sejnane, Joumine, Melah, Maaden, Ichkeul, El Abid, etc. Ces ressources en eau renouvelables dans la région ont été estimées à environ 92 milliards de m³ (Algérie : 10,2 milliards de m³, Égypte : 56 milliards de m³; Libye : 0,2 milliards de m³; Maroc : 22 milliards de m³ & Tunisie : 3,4 milliards de m³). Les nombreux barrages et retenues d'eau collinaires réalisés dans la région peuvent retenir près de 198 milliards de m³/an¹³. Bien que ces ressources soient limitées, l'Égypte par exemple dépend pour l'essentiel des eaux de surface du Nil¹⁴.

9 OSS, 2020. L'Eau dans nos régions, ISBN : 978-9938-933-29-1

10 OSS, 2018. Etat des lieux du secteur de l'eau ; Rapports de synthèse régionale

11 NBI, 2012. State of the river Nile basin. 32p. http://sob.nilebasin.org/pdf/Chapter_2_Water%20resources.pdf

12 Des informations détaillées sont contenues dans les rapports nationaux de la présente initiative

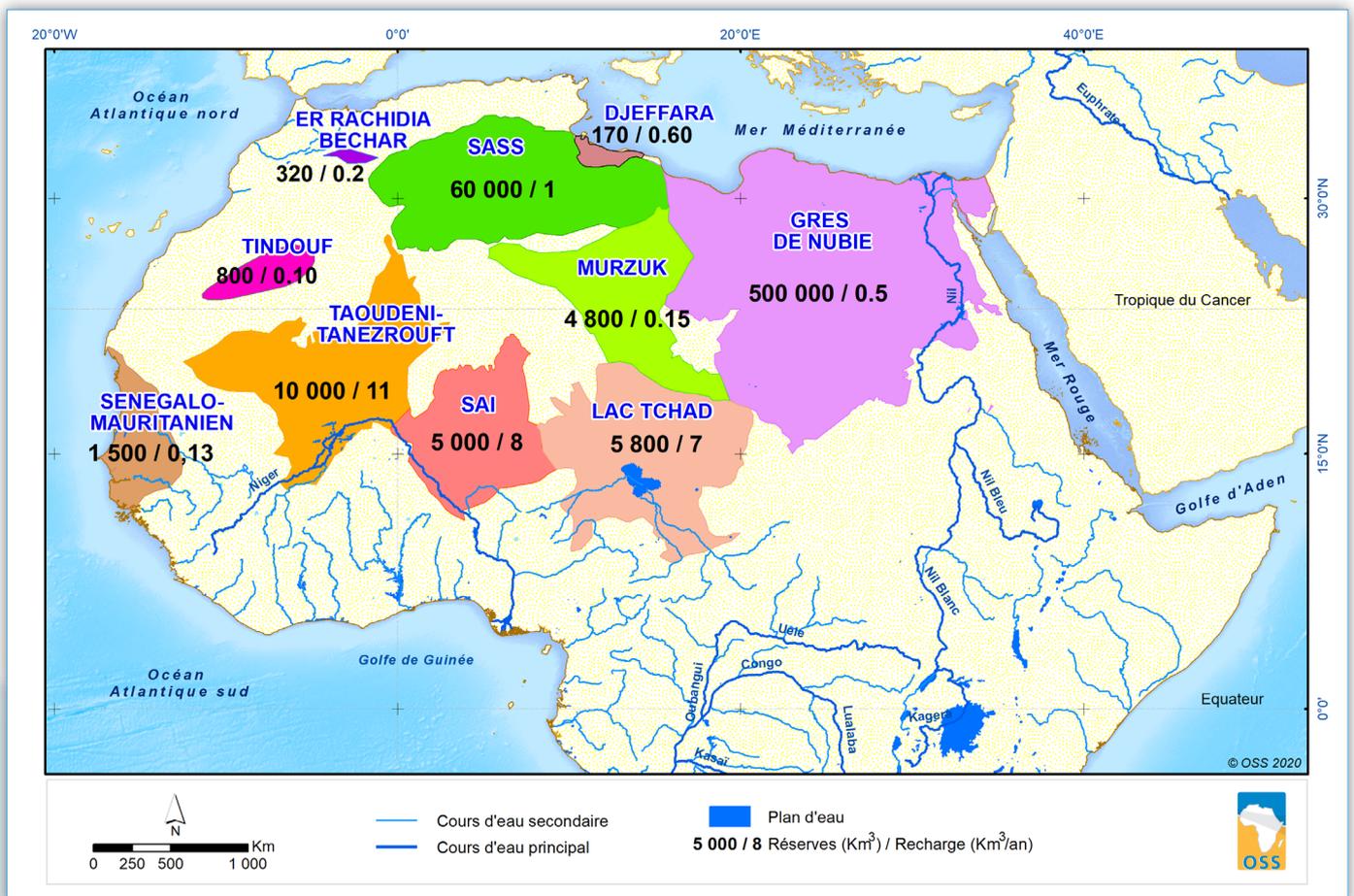
13 AO-AQUASTAT, 2019. Base de données, https://tableau.apps.fao.org/views/ReviewDashboard-v1/country_dashboard?:embed=y&isGuestRedirectFromVizportal=y&display_count=n&showVizHome=n&origin=viz_share_link

14 Worldbank, 2010. Note sur l'eau au Moyen-Orient et en Afrique du Nord.

- **Eaux souterraines : Disponibilité appréciable mais sous forme de réserves¹⁵**

Les eaux souterraines sont mieux fournies comparativement aux eaux superficielles. Mais celles-ci sont en grande partie sous forme de réserves et contenues dans les aquifères dits fossiles dont l'exploitation peut être assimilée à celle d'un gisement minier, c'est-à-dire avec un risque d'épuisement irréversible. Ces ressources sont évaluées à près de 600 000 milliards de m³ et contenues principalement dans (i) le Système Aquifère des Grès de Nubie (NSAS) avec près 500 000 milliards de m³ de réserve et partagé par l'Egypte, la Libye, le Soudan et le Tchad et (ii) le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) partagé par l'Algérie, la Libye et la Tunisie avec près 60 000 milliards de m³. Les autres systèmes aquifères partagés qui contribuent également à la disponibilité en eau souterraine dans la région sont : l'Aquifère de Taoudéni/Tanezrouft (Sud de l'Algérie), l'Aquifère du bassin du Lac Tchad (Sud de l'Algérie et de la Libye), l'Aquifère du Mourzouk (Sud de l'Algérie et de la Libye), le Système Aquifère de Tindouf (Sud de l'Algérie et du Maroc). La figure 5 présente la situation géographique de ces différents aquifères.

Figure 5 - Les principaux systèmes aquifères transfrontaliers dans la région : réserves et recharges



Source de données : OSS, 2020

15 Au niveau des eaux souterraines, il faudra distinguer la « réserve » de la « ressource (proprement dite) » : La ressource, constituée par la recharge des nappes par infiltration des précipitations actuelles est liée à des flux entretenus par le cycle de l'eau et est donc, en grande partie, renouvelable. Les réserves d'eau souterraine correspondent, quant à elles, à des stocks, non réapprovisionnés sous le climat actuel et donc peu renouvelables (Source : Seguin J.J. et al. 2014. Les ressources en eau du continent africain : rareté et abondance. Revue Geoscience, L'AFRIQUE, TERRE DE CONNAISSANCES, N° 21))

- Ressources en eau conventionnelles : faible disponibilité quantitative par rapport aux besoins

Le Tableau 1 présente pour chacun des cinq pays, l'état quantitatif des ressources en eau renouvelables. Au total, les volumes moyens des précipitations dans l'ensemble des pays sont estimés à 818,10 milliards de m³/an dont 88% sont repris par évapotranspiration liée à l'aridité climatique dans la région. En outre, le potentiel en eau renouvelable des cinq pays se chiffre à environ de 103,5 milliards de m³/an répartis comme suit : environ 92 milliards de m³ pour les eaux superficielles et 15 milliards de m³ d'eau souterraine dont une part commune pour les deux types de ressources¹⁶, estimée à 3,5 milliards de m³. Cependant quelques disparités existent dans la répartition spatiale de ces ressources comme illustré dans le Tableau 1 et les Figures 6 et 7.

A propos de la disponibilité en eau renouvelable par habitant, la valeur moyenne pour les cinq pays est estimée à 438,64 m³/hab./an. Ce taux moyen à l'échelle de la région est en dessous du seuil de 500 m³/hab./an, communément admis pour le stress hydrique, même s'il existe quelques disparités entre pays.

Tableau 1 - Disponibilité des ressources en eau renouvelables dans les pays

Pays	Apport des Précipitations		Eau superficielle renouvelables totales	Eau souterraine renouvelables totales	Part commune : aux eaux superficielles et aux eaux souterraines	Ressources en eau renouvelables totales**	Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m ³ /hab/an)
	Hauteur mm/an	Volume Milliards m ³ /an	Milliards m ³ /an	Milliards m ³ /an	Milliards m ³ /an	Milliards m ³ /an	m ³ /hab./an
Algérie	89,00	211	10,15	1,517	0	11,67	282,4
Egypte	120,10	18,13	56	1,5	0	57,5	589,4
Lybie	56,00	98,53	0,2	0,6	0,1	0,7	109,8
Maroc	346,00	154,5	22	10	3	29	811,4
Tunisie	207,00	38,87	3,42	1,60	0,4	4,62	400,2
Totale/ Moyenne	163,62**	103,40	91,77	15,21	3,5	103,49	438,64**

** Valeurs moyennes du paramètre pour les cinq pays

Source : CREM-GIZ (2017)¹⁷ ; CEDARE (2014)¹⁸, FAO-Aquastat (2019)

16 D'après la méthode d'estimation de la FAO, la Ressource en eau renouvelable totale correspond à : Eaux de surface renouvelables + Eaux souterraines renouvelables - la part commune entre les deux types de ressources

17 OSS (2017) : Etat des lieux du secteur de l'eau ; Rapports nationaux

18 CEDARE (2014): Monitoring and Evaluation for Water in North Africa (MEWINA)

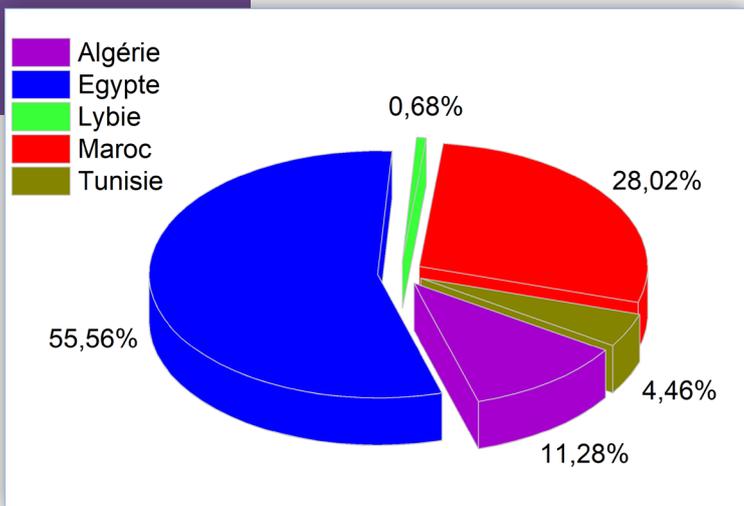


Figure 6 - Proportion des ressources en eau renouvelables par pays par rapport à la disponibilité au niveau régional

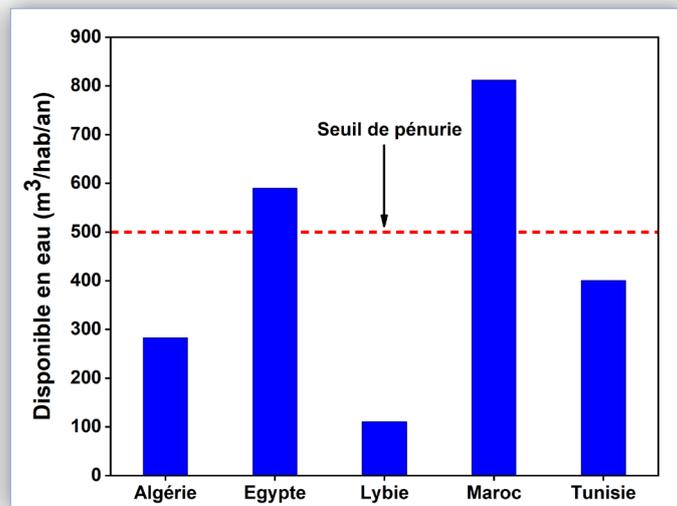


Figure 7 - Disponibilité en eau par habitant par pays

- Ressources en eau conventionnelles : des problèmes de qualité affectant leur exploitation

Les ressources en eau de la région sont affectées par divers problèmes liés à leur qualité touchant une bonne part du potentiel disponible. En Tunisie par exemple, la qualité du potentiel disponible est relativement médiocre d'autant que la grande part de ce potentiel (plus de 50%) a une salinité supérieure à 1,5 mg/l. Les problèmes liés à la qualité des eaux dans la région peuvent se résumer comme suit :

- Les eaux superficielles sont généralement affectées par les eaux de drainage contenant des quantités élevées de sels, pesticides, herbicides, notamment dans les zones de grandes exploitations agricoles irriguées. De même, dans les zones de grandes agglomérations, les défaillances dans les systèmes d'hygiène et d'assainissement sont à la base des déversements des effluents industriels et municipaux dans les cours et plans d'eau adjacents. En Egypte par exemple, environ 1,3 milliard de m³/an d'eaux usées non traitées issues d'effluents industriels sont déversées dans les eaux de surface ;
- Quant aux eaux souterraines, les sources de dégradation de leur qualité sont doubles : anthropiques et naturelles. Les sources anthropiques sont les mêmes que celles évoquées ci-dessus pour les eaux superficielles. A cela, s'ajoutent également les problèmes d'intrusions salines au niveau des localités côtières. C'est le cas du bassin de Souss Massa (Maroc) dont les eaux souterraines sont largement affectées par l'intrusion saline du fait de la surexploitation de la nappe¹⁹. Les causes naturelles de la dégradation des eaux souterraines sont le fait de la nature de l'encaissant et de l'âge des eaux (Eaux fossiles sont par exemple saumâtres) qui conduisent à une salinisation importante de ces eaux. La plupart des eaux du SASS est par exemple saumâtre nécessitant une déminéralisation pour une exploitation efficace. De même, dans les parties méridionales des pays, il est aisé de déceler des eaux à fortes teneurs en fluorures ayant pour impacts la forte prévalence de fluorose dentaire au sein des populations de ces régions.

19 Moreno-Dodson, Blanca; Gasmi, Ines; Gouraud, Cyril; Tsakas, Constantin, 2022. "The Water Security Nexus in North Africa: Catalyzing Regional Coordination Around Climate Change, Resilience and Migration", Center for Mediterranean Integration and UK Government, April

III.2- SITUATION DES USAGES ACTUELS/PRÉLÈVEMENTS ET DES BESOINS PAR SECTEUR D'UTILISATION (AGRICULTURE, EAU POTABLE DOMESTIQUE, INDUSTRIES, AUTRES SECTEURS ET TYPE DE RESSOURCE)

Le Tableau 2 et les figures 8a et b présentent les données et informations sur la situation des usages de l'eau dans les chacun des cinq pays.

Considérant les types de ressources, on note qu'au Maroc et en Egypte, les eaux superficielles sont les plus exploitées alors que dans les trois autres pays (Algérie, Libye et Tunisie), l'exploitation des eaux souterraines domine. Cette situation est liée surtout à la présence du type d'eau. En exemple, la Libye ne dispose quasiment pas d'eau de surface, la seule alternative étant les eaux souterraines. En Egypte, la grande partie des prélèvements provient du Nil.

En ce qui concerne les prélèvements par secteur d'usage, les prélèvements pour l'agriculture dominent largement pour tous les pays (plus de 70% des prélèvements), suivis des prélèvements pour la consommation en eau domestique (environ 20%). Ces derniers sont d'ailleurs en pleine augmentation. En effet, une nette augmentation de la dotation en eau potable a été enregistrée dans la région ces dernières années. La valeur moyenne actuelle est de l'ordre de 120 l/j/hab. dans la région.

Pour l'industrie, les prélèvements sont encore faibles, moins de 10% des usages dans chacun des cinq pays.

Tableau 2 - Situation des prélèvements par type de ressource et par secteur dans chacun des cinq pays

Pays	Capacité des barrages ¹	Prélèvements par types de ressources			Prélèvements par secteur d'usage			
		Eaux de surface	Eaux souterraines	Total par type	Agriculture	Industrie	Consommation domestique	Total par secteur
	Milliards de m ³	Milliards de m ³ /an	Milliards de m ³ /an	Milliards de m ³ /an	Milliards de m ³ /an	Milliards de m ³ /an	Milliards de m ³ /an	Milliards de m ³ /an
Algérie	8,62	1,70	8,10	9,80	6,67	0,19	3,60	10,46
Egypte	168,20	71	6,50	77,50	61,35	5,40	10,75	77,50
Libye	0,39	0,17	5,55	5,72	4,85	0,28	0,70	5,83
Maroc	17,96	8,25	2,32,00	10,57	9,16	0,21	1,06	10,43
Tunisie	3,60	1,05	2,73	3,78	2,93	0,05	0,87	3,84
Total	198,77	11,17	25,21	107,38	84,96	6,13	16,98	108,07

Sources des données : FAO-Aquastat, 2019 ; Rapports des synthèses nationales de l'initiative Stress hydrique de l'AFD

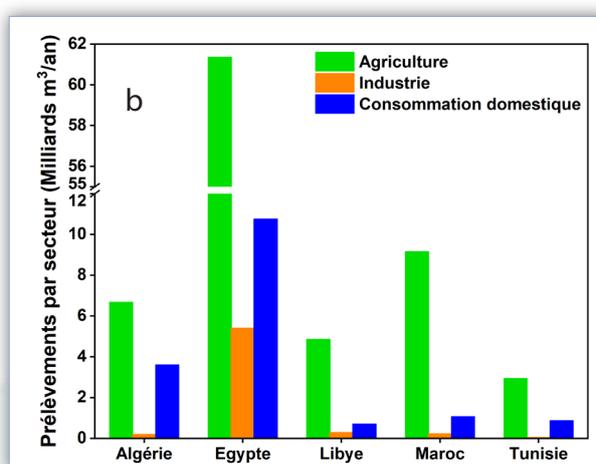
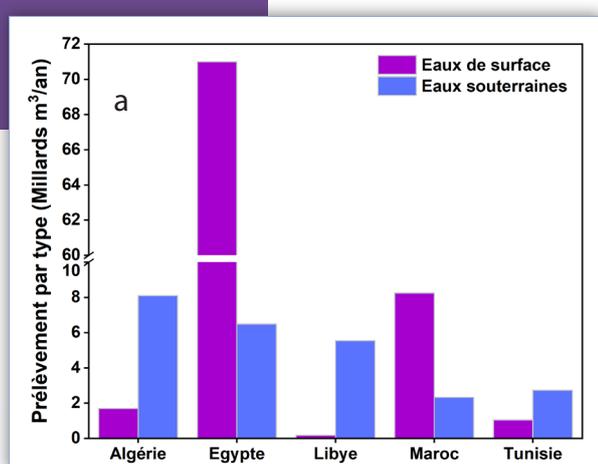


Figure 8 - a. Situation des prélèvements dans les pays par type de ressources et b. Prélèvements par secteurs

III.3- ANALYSE DE L'ÉVOLUTION ATTENDUE DES RESSOURCES EN EAU ET ADÉQUATION AVEC LES BESOINS GLOBAUX À DIVERS HORIZONS EN TENANT COMPTE DE L'IMPACT DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les informations fournies sont basées sur les analyses sommaires réalisées à partir des données de la FAO-Aquastat²⁰ pour chacun des cinq pays ainsi que les résultats des scénarii fournis par les différents modèles climatiques. Comme indiqué à la Section II.1, les résultats issus des modèles ont tous conclu sur la réduction des apports en eau de l'ordre de 10 à 20% (en moyenne) d'ici à l'horizon 2040 sur la région. L'exploitation combinée de ces tendances climatiques couplée à l'évolution démographique et à l'urbanisation a permis d'estimer, pour les horizons 2030, 2040 et 2050, l'évolution des ressources en eau renouvelables disponibles ainsi que celle des besoins en eau (Figure 9) et de croiser ces deux paramètres. De même, les ressources en eau par habitant ont été estimées aux différents horizons pour chaque pays (Tableau 3). Ces analyses de données pourront faire l'objet de recherche approfondie en fonction de la disponibilité et de l'accessibilité des données plus fournies (à l'image du travail en cours en Tunisie dans le cadre de l'étude Eau 2050).

Les résultats obtenus sont assez concordants avec les tendances globales disponibles et peuvent être utiles aux orientations et éclairer les prises de décisions. Comme l'indiquent les graphiques de la Figure 10, dans l'ensemble des pays, les ressources en eau renouvelables disponibles vont diminuer progressivement alors que les besoins continueront à augmenter de façon drastique dans le temps. Les graphiques laissent apparaître déjà actuellement un décalage entre l'offre (en se référant aux ressources en eau renouvelables) et les besoins (besoins supérieurs à la demande) pour la Libye et l'Égypte et, ce décalage s'accroîtra avec le temps pour tous les pays à l'exception du Maroc qui pourra continuer à satisfaire ses besoins, même si les risques d'épuisement existent par ailleurs.

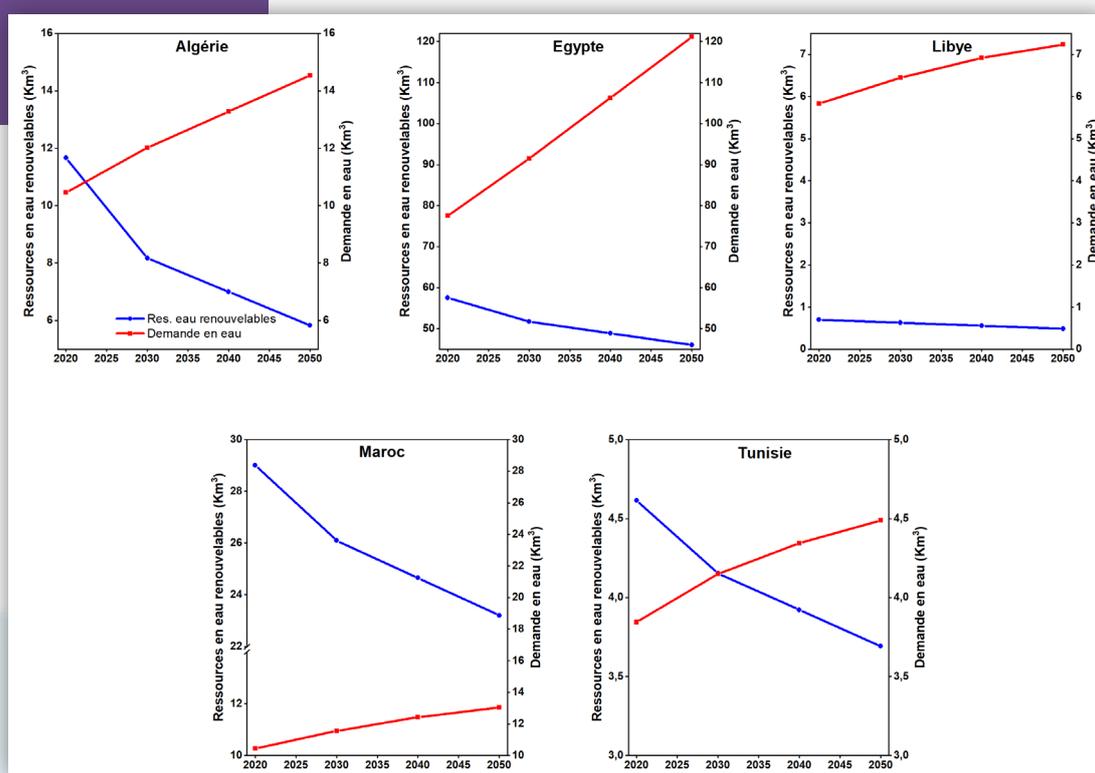


Figure 9 - Evolution des ressources en eau disponibles et des besoins aux horizons 2030, 2040 et 2050

Ce phénomène se traduira par une réduction progressive de la disponibilité en eau par habitant (Tableau 3) impliquant une situation de pénurie chronique pour tous les pays à l'horizon 2040.

Cette situation impactera très négativement tous les secteurs économiques qui subissent les effets pervers du stress hydrique et du changement climatique dans la région.

20 FAO-Aquastat, 2020. <https://www.fao.org/aquastat/statistics/query/index.html?lang=en>

Tableau 3 - Estimation des ressources en renouvelables disponibles par habitant à divers horizons

Pays	Ressources en eau renouvelables totales par habitant (m ³ /hab/an)			
	2020	2030	2040	2050
Algérie	276,28	162,17	125,81	95,75
Egypte	584,21	428,28	348,24	287,58
Libye	104,81	82,82	68,70	57,48
Maroc	804,91	638,34	560,57	502,54
Tunisie	399,04	325,62	293,77	267,60

Synthèse sur la situation des ressources en eau en Afrique du Nord

Les données et informations disponibles dans les cinq pays mettent en exergue la fragilité des ressources en eau renouvelable déjà très peu fournies du fait de la péjoration de l'aridité et de la pluviométrie (à peine 200 mm/an en moyenne). Cette fragilité sera davantage renforcée par les changements globaux fort remarquables dans la région (changement climatique, évolution démographique, urbanisation, etc.). Tout cela compromet sévèrement la disponibilité actuelle et future des ressources en eau: Les simulations réalisées indiquent qu'avec cette dynamique, tous les pays (déjà en stress hydrique) connaîtront inévitablement des pénuries chroniques dans les prochaines décennies. Même si le recours aux eaux fossiles (disponibles dans les grands aquifères comme les Grès de Nubie et le SASS) peuvent être une solution à la situation, elle ne saurait être considérée comme durable du fait du caractère épuisable de ces ressources. Il faudra dans ces conditions renforcer la gouvernance de la ressource et adopter des pratiques garantissant une meilleure efficacité de l'utilisation de celle-ci. De même le recours à des ressources alternatives à savoir les eaux non conventionnelles constitue un moyen approprié de renforcer la disponibilité de cette ressource.

Dans cette perspective, ce travail s'est intéressé à (i) l'identification et à la synthèse des bonnes pratiques en matière de gestion et de valorisation des ressources en eau dans la sous-région, et à (ii) l'état de mobilisation et de valorisation des eaux non-conventionnelles et une analyse sur leur possible contribution à la disponibilité des ressources en eau conventionnelles.

IV- GESTION DE LA DEMANDE EN EAU EN AFRIQUE DU NORD : POLITIQUES, STRATÉGIES ET EXEMPLES DE BONNES PRATIQUES

Les pays d'Afrique notamment septentrionale ont bénéficié de nombreux projets et initiatives locales et ont adopté des politiques de sécurisation et de gestion des ressources en eau pour une amélioration de leur disponibilité pour les activités socio-économiques dans un contexte de stress hydrique lié au changement climatique. La synthèse, la capitalisation et le partage des bonnes pratiques en matière de gestion des ressources en eau, issues de ses projets et initiatives, sont cruciaux dans ce contexte de changement climatique pour une mise en œuvre réussie des futurs projets et initiatives et des engagements internationaux.

Tous les pays sont unanimes sur la nécessité des réformes institutionnelles et réglementaires comme étant un élément clé pour faciliter la mise en œuvre des nouvelles stratégies visant une exploitation plus équilibrée et la gestion de la demande. Les autres actions préalables d'accompagnement pour réussir la GDE peuvent intégrer le renforcement des capacités des différents acteurs.

Des exemples de bonnes pratiques ont été identifiées à travers différents documents nationaux et de coopération, des articles scientifiques, les initiatives locales et projets/programmes mis en œuvre ou en cours de réalisation dans les cinq pays. Les informations concernant ces initiatives, projets/programmes ont été complétées par les institutions auteurs sur la base des fiches fournies et d'entretiens. Ces bonnes pratiques en matière de Gestion de la Demande en Eau (GDE) ont été classées en fonction de plusieurs thématiques y relatives. Les bonnes pratiques sélectionnées dans les différents pays peuvent être consultées dans les rapports nationaux et le rapport régional de synthèse.

La Gestion de la Demande en Eau dans les Politiques et stratégies nationales en Afrique du Nord

L'ensemble des pays disposent d'outils de planification et de gestion (Lois, politiques, stratégies) qui encadrent la Gestion de la Demande en Eau. La mobilisation des ressources alternatives, notamment les eaux non conventionnelles est également encouragée pour renforcer la disponibilité et par là soulager les pressions sur les ressources conventionnelles.

Tous les pays sont unanimes sur la nécessité de réformes institutionnelles et réglementaires comme un élément clé pour faciliter la mise en œuvre des nouvelles stratégies visant une exploitation plus équilibrée et la gestion de la demande. Les autres actions préalables d'accompagnement pour réussir la GDE peuvent intégrer les subventions, les PPP, la tarification.

V- EAUX NON CONVENTIONNELLES ET EAUX FOSSILES EN AFRIQUE DU NORD : RESSOURCES ALTERNATIVES QUANTITATIVEMENT APPRÉCIABLES

V.1- POTENTIALITÉS ET SITUATION ACTUELLE DE MOBILISATION ET DE VALORISATION ET PERSPECTIVES

Tous les cinq pays se sont engagés dans la mobilisation des eaux non conventionnelles pour renforcer la disponibilité des ressources en eau et pallier à l'insuffisance de celles-ci. Il s'agit principalement des eaux de mer dessalées, des eaux saumâtres déminéralisées, des eaux usées traitées et des eaux de drainage qui sont considérées comme alternatives stratégiques pour renforcer la disponibilité de l'eau pour l'irrigation (petite et moyenne hydraulique) et l'alimentation en eau potable des villes, notamment celles du littoral.

V.1.1- LES EAUX USÉES TRAITÉES

Avec la démographie et l'urbanisation progressive durant ces dernières décennies, les volumes des eaux usées produites ont fortement augmenté et vont davantage l'être, notamment au niveau des centres urbains. Celles-ci représentent des ressources en eau potentielles qu'on peut réutiliser moyennant leur épuration, à condition qu'elles répondent aux normes sanitaires reconnues au niveau international.

D'après les données nationales sur l'état de l'assainissement dans les différents pays et présentées dans le Tableau 6 et la figure 10, le taux d'épuration des eaux usées est de l'ordre de 95% en Tunisie, 72% en Algérie, 60% en Egypte, 43% au Maroc, et 4% en Libye. Les usages courants des eaux usées traitées dans la région sont l'irrigation, l'arrosage d'espaces verts dans les municipalités et le refroidissement dans les industries et la recharge artificielle des nappes. Ces chiffres font ressortir que le niveau de réutilisation des eaux usées traitées (usage) est encore à un niveau bas (figure 11) dans les différents pays (en moyenne 13% des eaux traitées).

Tableau 6 - Situation de la collecte et de l'épuration des eaux usées en Afrique du Nord

Pays	Quantité d'eau usée produite (x 10 ⁶ m ³ /an)	Quantité d'eau usée collectée (x 10 ⁶ m ³ /an)	Quantité d'eau usée traitée (x 10 ⁶ m ³ /an)	Quantité d'eau usée collectée rejetée (%)	Nombre de stations d'épuration	Fraction de l'eau traitée exploitée (%) ^b	Année de référence	Observations
Algérie	1 300	1 062	935	12	187	15	2020	
Egypte	7 078	6 494	4 282	34	384	12	2017	
Libye	537	100	21	78	79	13	2020	Estimations du rapport national
Maroc	700	542	301	44	113	12	2018	Prévision d'atteindre 160 stations en 2023
Tunisie	287	277	274	1	122	14	2020	

Source : OSS, 2017. Etat des lieux du secteur de l'eau - Rapports nationaux ; OSS, 2020. L'eau dans nos régions ; Rapports des synthèses nationales de l'initiative AFD

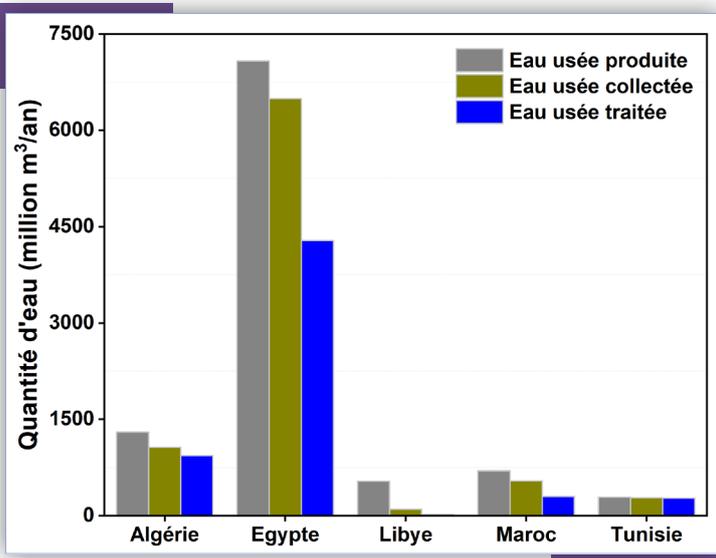


Figure 10 - Situation de la collecte et de l'épuration des eaux usées

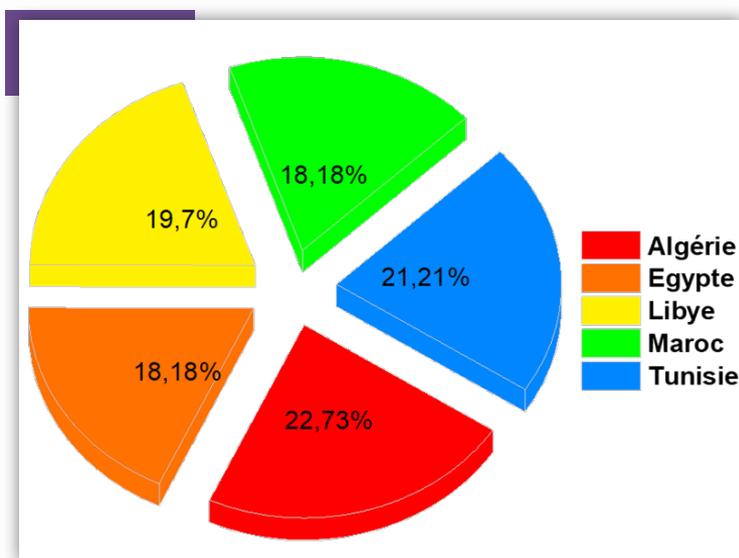


Figure 11 - Situation de la réutilisation des eaux usées traitées

V.1.2- DÉSALÉMENT DE L'EAU DE MER ET DÉMINÉRALISATION DES EAUX SAUMÂTRES

Les cinq pays d'Afrique du Nord ont l'avantage de disposer d'une ouverture importante sur la Méditerranée et sur l'océan Atlantique (pour le Maroc) leur offrant de grandes possibilités de développement du dessalement de l'eau de mer. En Afrique, ce sont ces pays qui ont les plus longues expériences en la matière.

L'Algérie avait lancé un vaste programme de réalisation de stations de dessalement, la plus grande station étant celle d'Oran (500 000 m³ d'eau par jour). Le Maroc, la Libye, l'Égypte et la Tunisie se sont aussi engagés dans cette voie, notamment pour l'alimentation en eau potable des agglomérations côtières.

Les figures 12 et 13 fournissent un aperçu sur la situation du dessalement dans les différents pays.

Sources : OSS, 2020. *L'eau dans nos régions ; Rapports des synthèses nationales de l'initiative AFD (2022)*

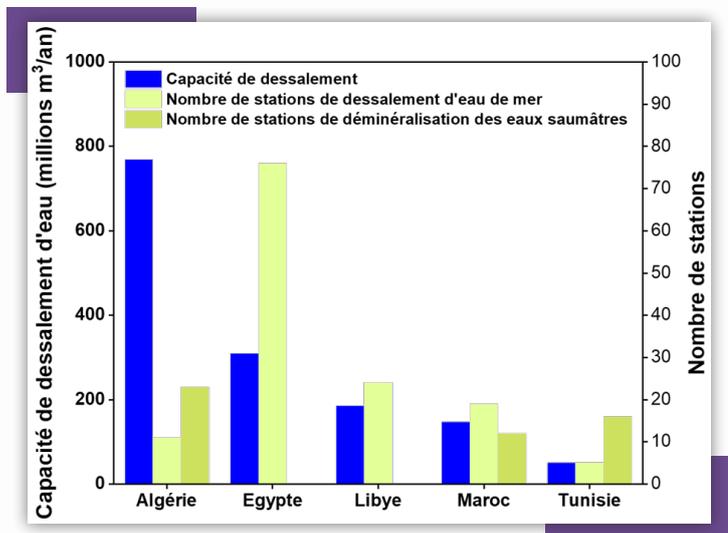


Figure 12- Situation du dessalement de l'eau de mer

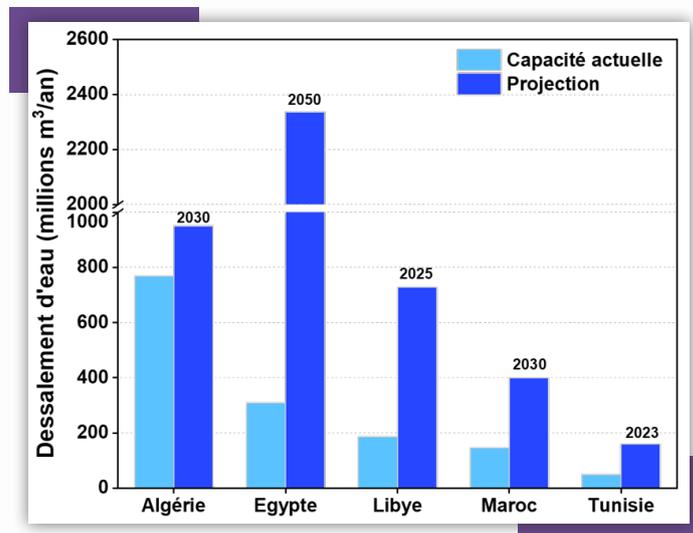


Figure 13 - Capacités actuelles et futures du dessalement de l'eau de mer

V.1.3- EAUX DE DRAINAGE

Égypte : Les eaux de drainage agricole constituent une ressource en eau importante. Leur moyenne annuelle est d'environ 12 milliards de m³/an. L'Agence centrale pour la mobilisation publique et les statistiques a annoncé que la quantité totale d'eau de drainage agricole réutilisée dans l'agriculture a atteint 6,5 milliards de m³ au cours de l'année (2019-2020), et il est prévu que cette quantité augmente chaque année pour atteindre environ 20 milliards de m³ à l'horizon 2050.

Libye : Initialement, le processus d'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation s'est poursuivi avec succès en Libye, à partir de 1967. La quantité maximale signalée était en 2005, pour les eaux usées traitées utilisées pour l'irrigation dans le projet Al Hadbah Al Khadrah.

Mais récemment, l'utilisation des eaux de drainage pour l'irrigation a commencé à souffrir de problèmes et de difficultés qui l'ont poussé à s'arrêter et à ne pas étendre son utilisation, en particulier en raison des dernières circonstances que le pays traverse depuis 2011, la plupart des stations d'épuration étant endommagées.

Maroc : Le volume total des EUT mobilisable était évalué à près de 20 millions de m³/an en 2019. La superficie irrigable aménagée était de 1 100 ha. Les projets sont dotés de dispositifs d'épuration assez complets pour pouvoir sécuriser la réutilisation²¹.

Tunisie : L'étude de la stratégie de développement durable des oasis en Tunisie élaborée en 2015²² estime que les eaux de drainage après irrigation dans les oasis dans les 4 gouvernorats dont la consommation en eau d'irrigation (à partir des aquifères profonds), se situe à près de 600 millions de m³/an. Le potentiel exploitable à partir des eaux de drainage est estimé à près de 120 millions de m³/an.

Algérie : Le listing des STEP retenues pour l'élaboration de la planification des projets de réutilisation des eaux usées épurées est arrêté au nombre de 101 STEP, d'une capacité nominale cumulée de 752,39 Mm³/an. Le volume disponible pour l'irrigation est de 626,8 millions de m³/an, ce qui permettrait l'irrigation en premier lieu de 94 987 hectares²³.

21 FAO (2021) Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture - Analyse de l'état des lieux et perspectives - Cas du Maroc

22 Ministère de l'environnement et banque mondiale, 2015. Stratégie de Développement Durable des Oasis en Tunisie

23 FAO (2021) Réutilisation des eaux usées traitées en agriculture - Analyse de l'état des lieux et perspectives - Cas de l'Algérie

V.1.4- EAUX FOSSILES

Algérie : Les eaux souterraines fossiles utilisées en Algérie proviennent essentiellement de l'aquifère du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Elles sont estimées actuellement de l'ordre de 2 milliards de m³/an.

Egypte : Plus de 2,4 milliards environ d'eaux fossiles sont prélevées pour divers usages. Selon les estimations, cette quantité augmentera pour atteindre les 15 milliards de m³/an en 2050.

Libye : La Libye est dépendante des sources d'eau souterraine. Environ 98% de l'eau disponible pour l'utilisation est de l'eau souterraine, dont plus de 80% est non renouvelable (eau fossile), et la plupart des ressources économiquement disponibles dans certaines zones (en particulier les aquifères du nord) ont été exploitées au maximum pendant de nombreuses années.

La quantité d'eaux fossiles prélevées dans les nappes souterraines est de l'ordre de 4,99 milliards de m³/an, notamment dans les aquifères du SASS des Grès de Nubie et du Murzuk.

Tunisie : La Tunisie partage avec ses voisins deux aquifères transfrontaliers où les prélèvements actuels totalisent environ 0.7 milliard de m³/an.

Maroc : Les eaux souterraines utilisées au Maroc sont pratiquement toutes des eaux renouvelables.

Les eaux non conventionnelles et les eaux fossiles peuvent contribuer à l'augmentation de l'offre

Les eaux non Conventionnelles peuvent contribuer à renforcer l'offre comme l'indiquent les graphiques de la figure 14. Cependant, les données disponibles indiquent qu'elles ne comblent pas les déficits actuels de la demande dans les pays. L'augmentation des capacités d'épuration et de réutilisation des eaux usées et surtout des eaux de drainage dans ces pays constituerait une voie pour l'amélioration de la situation. Le recours aux eaux fossiles permettra également d'accroître l'offre et de réduire le déficit mais nécessite des précautions garantissant leur exploitation durable.

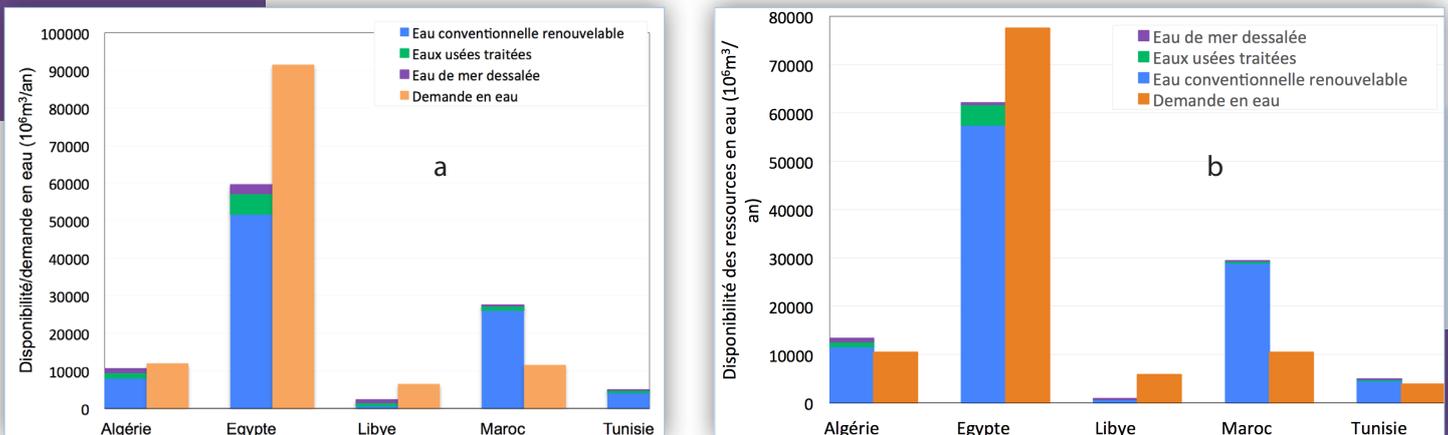


Figure 13 - Bilan hydrique : Estimation du déficit actuel (a) et futur (b) (horizon 2030) et de la contribution des eaux non conventionnelles

V.2- ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX ASSOCIÉS À LA MOBILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES ET SOLUTIONS INNOVANTES

V.2.1- ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES

Les principaux résultats dégagés de l'analyse financière des coûts-bénéfices à l'échelle de certains projets de REUT-irrigation de la région (FAO²⁴, 2021, Raouda, 2022) ont fait ressortir des coûts globalement élevés de traitement tertiaire complémentaire, de réutilisation des eaux de drainage à des fins agricoles et de dessalement. C'est dire aussi que le recouvrement des coûts requiert à la fois l'imposition d'une redevance d'eau non négligeable pour les agriculteurs et un taux de subvention conséquent. Au sujet de la viabilité financière, une rentabilité financière peut être dégagée, mais reste très fortement tributaire du taux de la redevance et du poids des subventions publiques.

L'exemple de la Tunisie montre que le dessalement d'eau de mer pour un coût moyen de 3 dinars le m³ dont 60% sont relatifs à l'énergie, constitue un enjeu de taille pour la SONEDE. Le recours aux énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie font partie de la politique de la SONEDE, mais cela ne permettra que d'atténuer légèrement les coûts si des soutiens de l'Etat ou du secteur privé ne sont pas envisagés. Aussi le dessalement de l'eau de mer implique de rejeter des saumures dans les fonds marins qui ont des conséquences néfastes à long terme sur la biodiversité marine. Les solutions préconisées à ce jour (diffusion de la saumure à une profondeur déterminée, etc.) ne sont pas satisfaisantes. Le recours à des solutions innovantes telles que la production de l'eau dessalée avec zéro rejet en mer et donc la valorisation de tous les rejets est une alternative surtout que la technologie existe.

La déminéralisation des eaux saumâtres pour les besoins des périmètres irrigués fera augmenter les coûts de l'eau pénalisant ainsi les agriculteurs les plus vulnérables en intensifiant les conflits socio-économiques.

Le prix de vente symbolique des EUT aux irrigants (20 millimes/m³) est très faible pour assurer l'équilibre économique du système et induit une prise en charge systématique de déficits considérables par le budget du ministère de l'agriculture. A titre d'exemple, ce coût ne couvre pas le coût de l'énergie de pompage qui varie entre 33 et 209 millimes/m³, respectivement dans les PPI d'El Aguila et Borj Touil²⁵.

V.2.2- IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU DESSALEMENT

Le processus de dessalement est utilisé pour compenser le manque d'eau douce provenant de sources naturelles. Cependant, ce processus nécessite de grandes quantités d'énergie, ce qui entraîne une pollution. Les rejets des saumures dans le milieu naturel auront des conséquences néfastes sur l'environnement, les écosystèmes et l'eau tout particulièrement. Le principal problème posé par les usines de dessalement est le retour de l'eau issue des processus de dessalement, qui est caractérisée par une salinité et une température élevées.

24 FAO (2021) : Réutilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage en agriculture- Analyse cout bénéfice - cas de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie

25 Tarification des EUT au niveau des PPI, rapport diagnostic et propositions tarifaires-Partie 1 : diagnostic », AHT Group / SCET-Tunisie, version définitive, janvier 2018

Ils affectent les communautés marines sensibles, telles que les récifs coralliens et les herbiers. Le degré de risque dépend des caractéristiques environnementales et géologiques de la zone, telles que le mouvement des courants marins, les vagues, la profondeur de l'eau et les propriétés physiques et chimiques de l'eau. Ces facteurs déterminent l'intensité du mélange qui se produit avec l'eau de mer, et donc l'étendue géographique de l'impact, qui change d'un endroit à l'autre en fonction de sa nature (récifs coralliens, rochers, sable...). Les impacts négatifs des usines de dessalement sont les suivants :

- L'intoxication potentielle des eaux usées à forte salinité sur la vie marine si l'eau rejetée était déversée dans la mer ;
- L'augmentation de la salinité des eaux souterraines par l'infiltration d'eau à forte salinité qui peut être drainée dans l'aquifère ;
- La menace pour la vie marine par : i) le rejet des déchets de saumure directement dans la mer augmentant la teneur en sel de l'eau de mer déjà très salée, ce qui réduit sa capacité à retenir l'oxygène et constitue un danger évident pour la vie marine, et ii) les produits chimiques de traitement contenus dans les eaux usées ;
- Les nuisances sonores par le bruit qui se produit autour des usines de dessalement en raison de l'utilisation de pompes à haute pression et de générateurs d'énergie, tels que les turbines qui émettent un bruit très élevé dépassant 90 dB ;
- Le processus de dessalement consomme beaucoup d'énergie, qui est obtenue en brûlant du carburant ou du pétrole, ou en utilisant l'énergie électrique ou nucléaire, et augmente ainsi le pourcentage de dioxyde de carbone ou craint les complications d'une fuite nucléaire radioactive.

Il est alors nécessaire, pour les différents projets de dessalement, d'avoir recours à des études d'impact environnemental et social.

V.3- LIMITES ET DIFFICULTÉS LIÉES À LA MISE EN ŒUVRE DES POLITIQUES ET PROGRAMMES

V.3.1- LES DÉFIS POLITIQUES

Les difficultés liées à la mise en œuvre des politiques et programmes d'utilisation des eaux non conventionnelles découlent essentiellement de l'inadéquation/ des insuffisances des politiques nationales de gestion des ressources en eau en termes de gouvernance, de politique tarifaire, des connaissances et de compréhension des sources des problèmes réels de gestion de l'eau ou plutôt du cycle de l'eau.

La politique de l'eau est quasiment focalisée sur l'eau bleue de surface et souterraine ainsi que celle en provenance du dessalement et de la REUT comme nouvelles ressources en termes de mobilisation et non pour la gestion de la demande. Les principaux défis sont :

- Des ressources en eau limitées : Il existe un important déficit en eau entre les ressources et les usages.
- Les pertes d'eau : les pertes liées à la gestion de la ressource (dans l'irrigation ou l'eau potable) peuvent varier selon les rapports d'Experts entre 35 et 52 %²⁶.
- La détérioration de la qualité de l'eau : Les principales raisons de la détérioration de la qualité de l'eau sont :
 - La pollution de l'eau par les ordures ménagères et les déchets d'usine,
 - Les résidus d'engrais et de pesticides,
 - Les eaux usées.
- La tarification : la réutilisation des EUT fait face à une difficulté majeure et essentielle qui est le mode de tarification des redevances d'assainissement. La tarification est en général mal adaptée et largement en dessous des coûts réels de production.

V.3.2- QUELQUES SOLUTIONS POUR FAIRE FACE AUX DÉFIS LIÉS À L'EAU

Dans l'objectif de parer à cette prévision de pénurie en eau, et dans la perspective d'une mise en œuvre efficiente d'une Gestion intégrée des ressources en eau, les cinq pays ont élaboré des stratégies²⁷ visant des objectifs sectoriels et conformes aux Objectifs du Développement Durable ainsi qu'aux politiques et stratégies de l'eau. Ces stratégies s'appuient notamment sur les axes suivants :

- La mise en place de techniques d'irrigation économes en eau ;
- L'amélioration de la qualité de l'eau et sa préservation contre les pollutions ;
- Le développement des ressources en eau alternatives, principalement des ressources en eau non conventionnelles ;
- La rationalisation de l'utilisation de l'eau ;
- L'adaptation au changement climatique ;
- La gouvernance du secteur des ressources en eau.

26 (35% en moyenne pour le Maroc : www.econostrum.info/Les-fuites-sont-le-principal-probleme-des-reseaux-d-eau-potable-au-Maroc_a2154.html).

(52% en moyenne pour l'Algérie comprenant les fuites et les branchements illégaux non facturés). www.algeriemondeinfos.com/2018/02/02/ressources-eau-fuites-branchements-illicites-tarification/

(50% pour la Tunisie) www.webmanagercenter.com/2018/05/14/419929/tunisie-une-etude-de-lites-preconise-un-recours-aux-eaux-intelligentes-face-a-la-rarete-de-leau/

27 Tels que : le Plan national des ressources en eau (2017/2037) en Egypte, Eau 2050 en Tunisie, the National Water Security Strategy in Libya (2015-2050). etc.

VI- RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Les défis et recommandations communes et partagées à l'échelle régionale se présentent en deux catégories ci-après :

Améliorer la qualité des données pertinentes pour une meilleure fiabilité, les partager et faciliter leur accès

- De façon générale, il existe une disponibilité très limitée des données et informations actualisées qui se traduit par des lacunes dans les différents rapports nationaux de synthèse en ce qui concerne les informations sur l'évolution des ressources et de leurs usages. Il en est de même pour les informations sur le niveau de mobilisation et de l'exploitation des eaux non conventionnelles.
- Dans certains cas, la situation n'est pas nécessairement liée à l'inexistence des données mais plutôt due aux difficultés d'accès aux données existantes. Pour y pallier, les sources de données et informations en accès libre à l'image de la plateforme Aquastat de la FAO constituent des alternatives.

Prendre les dispositions nécessaires pour combler les gaps d'informations scientifiques et/ou de données fiables

- Renforcer le suivi et l'évaluation de l'évolution temporelle des ressources en eau et des prélèvements réels/besoins en prenant en compte les principaux facteurs d'influence comme le changement climatique et la croissance démographique ;
- Mettre en place/renforcer les systèmes de surveillance et de suivi des phénomènes climatiques extrêmes en prenant en compte le suivi des indicateurs du changement climatique dans les pays ;
- Définir des méthodes pertinentes et reproductibles de traitement des données pour le calcul des pertes dans les différents réseaux ;
- Renforcer l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles par des actions de communication et de sensibilisation car celles-ci constituent des sources alternatives précieuses et durables et peuvent contribuer à réduire le déficit hydrique ;
- Procéder à une évaluation complète et précise des sources d'eau non conventionnelles ainsi que les potentiels produits dans les différents pays afin de disposer d'informations complètes, exactes et détaillées sur la REUSE ;
- Elaborer des études de référence basées sur l'analyse d'expériences locales, régionales et internationales sur l'utilisation des eaux usées traitées et des eaux de drainage agricole en irrigation ;
- Renforcer les investissements en faveur du secteur de l'assainissement afin de maximiser l'exploitation des eaux usées et la performance des stations d'épuration existantes.

BIBLIOGRAPHIE

- BM (2019). Databank. <https://databank.banquemondiale.org/home>, consulté le 28/10/2019.
- CEDARE (2001). Regional Strategy for the Utilization of the Nubian sandstone Aquifer System. Volume II : Hydrogeolgy. Internal statute/ charter of the Joint Authority between Egypt and Libya in 1991 (Arabic document).
- CEDARE (2012). Monitoring and evaluation for water in North Africa (MEWINA) – Libya 2012 state of the water report.
- FAO (2018). Progress on water use efficiency - Global baseline for SDG 6 Indicator 6.4.1 2018. Rome. FAO/UN-Water. 56 p. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAO (2019). Base de données AQUASTAT. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/ag/aquastat>, consulté en octobre 2019.
- Ghilès F. (2008). L'énergie au Maghreb : Situations et Perspectives. Washington, Peterson Institute for International Economics. 26 p.
- Hmidan, Rima Ibrahim (2017). Politiques de gestion des ressources en eau en Libye.
- Hodbod, J., Stevenson, E.G.J., Akall, G. (2019). Social-ecological change in the Omo-Turkana basin : A synthesis of current developments. *Ambio* 48, 1099–1115 <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1139-3>.
- IPEMED (2013). Etat des lieux du secteur de l'eau en Algérie. 27p.
- Jeuland, Marc (2014). Challenges to wastewater reuse in the Middle East and North Africa. *Middle East Development Journal*, 2015 Vol. 7, No. 1. pp 1–25, <http://dx.doi.org/10.1080/17938120.2015.1019293>.
- KNOEMA (2019). Atlas Mondial de données. <https://knoema.fr/atlas/topics>, consulté le 28/10/2019.
- Margat, J. et Van der Gun, J. (2013). Groundwater around the world - A general synopsis. 372p.
- Mirghani, M. (2012). Groundwater need assessment - Nubian Sandstone Basin. WATERTRAC Nile IWRM-Net. 32p.
- OSS (2006). Système Aquifère du Sahara Septentrional (Algérie, Tunisie, Libye) – Gestion concertée d'un bassin transfrontalier. Collection n°1. 56p.
- OSS (2010). Stratégie 2020 de l'Observatoire du Sahara et du Sahel. 49p.
- OSS (2014). Pilotes de démonstration agricole dans le bassin du SASS - Vers une agriculture durable et rentable au Sahara. 181p.
- OSS (2015). Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS - Diagnostic et recommandations. 35p.
- OSS (2016). Eau, population et ressources en eau dans la zone d'action de l'OSS. 8p.

- OSS (2017). Atlas des ressources en eau des pays du Système Aquifère transfrontalier d'Iullemeden, Taoudéni-Tanezrouft – 1ère édition » Projet Gestion Intégrée et Concertée des Ressources en Eau des Systèmes Aquifères d'Iullemeden, de Taoudéni-Tanezrouft et du Fleuve Niger (GICRESAIT). 48p.
- Plan Bleu (2008). Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée. Centre d'Activités Régionales. 39p.
- PNUD/Alger (1999a). PNUD/ALGER. 1999. Aperçu général sur les ressources en eau en Algérie.
- PNUD/Alger (1999b). Carte hydrogéologique internationale de l'Afrique. Feuille n°1 : Afrique du Nord-Ouest. Notice (143 p.) et Carte au 1 /5 000 000. OACT. 1988. 39p.
- UNESCO (2010). Exploitation et utilisation des eaux souterraines dans le monde. 52p.
- UNESCO et al. (2005). Ressources en eau et gestion des aquifères transfrontaliers de l'Afrique du Nord et du Sahel. ISARM-Africa ; IHP-IV, Series on groundwater n°11. 131p.

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AEP :	Alimentation en Eau Potable
AFD :	Agence Française de Développement
AnGed :	Agence Nationale de Gestion des déchets
APAL :	Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral
ANPE :	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
ARP :	Assemblée des Représentants du Peuple
BIRH :	Bureau des Inventaires des Ressources Hydrauliques
BM :	Banque Mondiale
BPEH :	Bureau de Planification des Equilibres Hydrauliques
CC :	Changement Climatique
CCL :	Code des collectivités locales
CDE :	Code des eaux
CES :	Conservation des Eaux et du Sol
CI :	Continental Intercalaire
CMR :	Conseil Ministériel Restreint
COSTEA :	Comité scientifique et technique pour l'eau agricole
CRDA :	Commissariat Régional au Développement Agricole
CT :	Complexe Terminal
DBO ₅ :	Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours
DCO :	Demande Chimique en Oxygène
DD :	Développement Durable
DHMPE :	Direction de l'Hygiène des Milieux et de la Protection de l'Environnement
DHU :	Direction de l'Hydraulique Urbaine
DGACTA :	Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles
DGBGTH :	Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques
DGDD :	Direction Générale de Développement Durable
DGEDA :	Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole
DGF :	Direction Générale des Forêts

DGEQV :	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie
DGGREE :	Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux
DGRE :	Direction Générale des Ressources en Eau
DPH :	Domaine Public Hydraulique
EIE :	Etudes d'Impact sur l'Environnement (EIE)
EUT :	Eau usée traitée
FAO :	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
GBO :	Gestion budgétaire par objectif
GCT :	Groupe Chimique Tunisien
GDA :	Groupements de développement agricoles
GDE :	Gestion de la Demande en Eau
GIZ :	Agence de coopération Allemande au développement
GPPI :	Grand Périmètre Public Irrigué
GR :	Génie Rural
GWP:	Global Water Partnership
ha :	Hectare
Hab :	Habitant
IGPPP	Instance Générale des Partenariats Publics Privés
JICA :	Agence japonaise de Coopération internationale
IDH :	Indice de Développement Humain
INC :	Institut National de la Consommation
INM :	Institut National de la Météorologie
INS :	Institut National de la Statistique
INSSQPA :	Instance pour la sécurité sanitaire et la qualité des produits alimentaires
ITCEQ :	Institut Tunisien de la Compétitivité et des Etudes Quantitatives
ITES :	Institut Tunisien des Etudes Stratégiques
JORT :	Journal Officiel de la République Tunisienne
Kfw :	Banque Allemande de Développement
MARHP :	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche

ME :	Ministère de l'Environnement
MES :	Matière en Suspension
MEHAT :	Ministère de l'Équipement, de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire
MDT :	Million de Dinar Tunisien
Mm ³ :	Million de mètres cubes
MS :	Ministère de la santé
NT :	Norme Tunisienne
NU :	Nations Unies
OC :	Office des Céréales
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONMNE :	Observatoire National des Maladies Nouvelles et Emergentes
ONAGRI :	Observatoire National de l'Agriculture
ONAS :	Office National de l'Assainissement
ONG :	Organisation Non Gouvernementale
ONH :	Office National de l'Huile
ONTH :	Office National de Thermalisme et d'Hydrothérapie
ONU :	Organisation des Nations Unies
OSS :	Observatoire du Sahara et du Sahel
PAP :	Projet Annuel de Performance
PAPS :	Programme d'Appui Budgétaire au secteur de l'Eau
PIB :	Produit Intérieur Brut
PIP :	Périmètre Irrigué Privé
PNAQ :	Programme National d'Amélioration de la Qualité
PPI :	Périmètre Public Irrigué
PPPS :	Partenariat Public Privé
PTFs :	Partenaires Techniques et Financiers
RADEEMA :	Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Marrakech

REUT :	Réutilisation des Eaux Usées Traitées
RS :	Résidu Sec
SAEP :	Système d'Alimentation en Eau Potable
SASS :	Système Aquifère du Sahara Septentrional
SCP :	Société du Canal de Provence et d'aménagement de la Région provençale
SECADENORD :	Société Nationale d'Exploitation du Canal et des Eaux du Nord
SMHI:	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
SNIEAU :	Système d'information sur l'eau
SONEDE :	Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux
STEG :	Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz
STEP :	Station d'épuration
TdR :	Terme de Référence
TVA :	Taxe sur la valeur ajoutée
VLR :	Valeurs Limites de Rejet
UE :	Union Européenne
UGTT :	Union Générale Tunisienne du Travail
UTAP :	Union Tunisienne de l'Agriculture et de la Pêche



**Valorisation des eaux non conventionnelles
et des eaux fossiles dans un contexte
de changement climatique en Afrique du Nord :
Enjeux et solutions**

ISBN 978-9938-933-40-6



9 789938 933406

© OSS, novembre 2023



Boulevard du Leader Yasser Arafat
BP 31, 1080 Tunis Carthage, Tunisie
Tél. : (+216) 71 206 633/634
Fax : (+216) 71 206 636
Courriel : boc@oss.org.tn

 @OSS_Comms
 @osscommunity
 @company/osscommunity
www.oss-online.org