

**Enjeux du dessalement de l'eau dans le Sahara Marocain**  
**Contraintes et perspectives de développement de la région de Dakhla-Oued**  
**Eddahab**

**Challenges of water desalination in the Moroccan Sahara**  
**Constraints and development prospects of the Dakhla-Oued Eddahab**  
**region**

**BELKADI Sara**

Docteure en économie et gestion

Faculté des Sciences Juridiques et Economiques et Sociales

Université Ibn Zohr Maroc

Laboratoire d'Etudes et de Recherches en Economie et Gestion (LEREG)

**EL HALOUI. Abdelhay**

Doctorant

Faculté des Lettres et des Sciences Humaines

Université Ibn Zohr Maroc

Equipe d'Etudes et de Recherche sur les Espaces et les Sociétés du Sud (EREES)

**Date de soumission** : 29/08/2024

**Date d'acceptation** : 05/10/2024

**Pour citer cet article** :

BELKADI. S, & EL HALOUL. A. (2024) « Enjeux du dessalement de l'eau dans le Sahara Marocain  
Contraintes et perspectives de développement de la région de Dakhla-Oued Eddahab », Revue Française  
d'Économie et de Gestion « Volume 5 : Numéro 10 » pp : 202-224.

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons  
Attribution License 4.0 International License



## Résumé

La situation hydrique au Maroc révèle un déficit persistant et des pressions sur les ressources conventionnelles. Le dessalement de l'eau de mer se présente comme une solution clé pour assurer un approvisionnement en eau potable et d'irrigation. Le Programme National pour l'Approvisionnement en Eau Potable et l'Irrigation 2020-2027 vise à renforcer l'approvisionnement en eau en misant sur le dessalement, la gestion de la demande et la réutilisation des eaux usées. L'usine de dessalement de Bir Anzarane à Dakhla illustre cette ambition en combinant technologie et énergie renouvelable. L'article analyse cette politique à partir de la région de Dakhla, où les besoins en eau sont croissants.

**Mots clés :** Eau ; Dessalement ; Politique d'eau ; Sahara ; Dakhla ; Région Dakhla Oued Eddahab ; Maroc

## Abstract

The water situation in Morocco reveals a persistent deficit and pressure on conventional resources. Seawater desalination is a key solution for ensuring a supply of drinking water and irrigation water. The National Programme for Drinking Water Supply and Irrigation 2020-2027 aims to strengthen water supply by focusing on desalination, demand management and wastewater reuse. The Bir Anzarane desalination plant in Dakhla illustrates this ambition by combining technology and renewable energy. The article analyses this policy from the perspective of the Dakhla region, where water needs are growing.

**Keywords:** Water; Desalination; Water policy; Sahara; Dakhla; Region Dakhla Oued Eddahab; Morocco.

## Introduction

Conscient des changements climatiques et de la tendance du Maroc vers le stress hydrique, le Maroc a promulgué dès 1995, la loi 10-95 sur l'eau. Celle-ci prévoyait depuis cette date des dispositions visant la rationalisation de l'utilisation de l'eau, la généralisation de l'accès à l'eau, la solidarité interrégionale, la réduction des disparités entre les villes et les campagnes en vue d'assurer la sécurité hydraulique de l'ensemble du territoire du Royaume. Cependant, cette initiative a elle-seule s'est révélée insuffisante pour prendre en charge et l'urbanisation galopante et les prérogatives du développement d'une économie de production.

C'est alors qu'une politique nationale de l'eau basée sur le dessalement de l'eau qui apparaît comme l'une des rares alternatives réalisables pour de nombreux pays confrontés à la pénurie d'eau, et ce en raison de l'abondance d'eau salée, qui constitue environ 97,5% de l'eau totale disponible sur terre et reste accessible à la majorité des pays du globe (**Gleick, p.h, et al., 2012**). Pour remédier à la pénurie d'eau le Maroc dispose d'environ 3 500 kilomètres, et un volume d'eau saumâtre estimé à 500 millions de mètres cube (**Selma, J. 2009**). Cela suggère qu'il est nécessaire de continuer à explorer les possibilités de dessalement de l'eau de mer et de l'eau saumâtre, tout en mettant en place des stratégies efficaces de gestion de la demande en eau.

L'expérience du Maroc dans le domaine du dessalement de l'eau de mer et de la déminéralisation saumâtre s'est développée sur une période de trois décennies déjà. Actuellement, le pays dispose d'une capacité de production d'eau potable de 20 000 mètres cubes par jour, ce qui représente seulement 1,5% de la production totale en eau, contre 33,5% de sources souterraines, et 65% des eaux de surface. Dans les régions méridionales marocaines, la pénurie puis le quasi-tarissement de sources d'eau traditionnelles a entraîné la concentration de la plupart des unités de dessalement de l'eau dans la moitié sud du pays. Cependant, avec l'avancement de la désertification et la surexploitation des ressources pour l'agriculture et l'urbanisation, la pénurie de l'eau au niveau de tout le territoire national a fait du dessalement de l'eau une option concrète non seulement pour les régions méridionales, mais également pour les régions centrales et septentrionales, où se concentre la grande partie de la population urbaine et des activités économiques du pays. Actuellement, plusieurs projets d'unités de dessalement de l'eau de mer sont en cours de réalisation tout au long des côtes marocaines en plus d'unités mobiles de dessalement.

Face à ce déficit accru en eau potable et agricole au niveau national, plusieurs questionnements sont à soulever, d'un côté, par rapport au dessalement des eaux dans la politique nationale d'approvisionnement en eau ; et d'un autre côté, par rapport à la place qu'occupent les provinces sahariennes, notamment les plus déficitaires, comme la région de Dakhla-Oued Eddahab, dans la politique nationale de dessalement d'eau. Et enfin, quels impacts des unités de dessalement réalisées et/ou projetées à court et moyen termes sur l'environnement marin ?

Le premier objectif de cette étude est d'aborder, dans un premier point, la politique du Maroc en matière de dessalement de l'eau en tant que solution incontournable pour remédier aux difficultés d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, et ce malgré son coût élevé et ses conséquences sur le milieu marin à cause des rejets du sel dans la mer. Le second objectif est d'étudier l'approvisionnement en eau d'une région septentrionale du Maroc, à savoir la région de Dakhla Oued Eddahab, comme milieu aride avec des ressources hydriques conventionnelles très limitées, et dont les besoins en eau sont en croissance rapide du fait des grands projets lancés dans cette région, qui est en train de devenir un hub-logistique orienté vers l'Afrique, les Amériques et l'Europe.

Ainsi, l'article se compose de deux principaux axes. Le premier axe est consacré à l'approvisionnement du pays en eau à travers une politique menée par le Maroc depuis son indépendance à nos jours, avec une stratégie de garantir l'alimentation du pays en eau tout en s'orientant vers des ressources en eau non conventionnelles, à savoir le dessalement des eaux et la réutilisation des eaux usées. Le deuxième axe de l'article examine le cas des régions sud du Maroc, qui sont dépourvues de ressources en eau conventionnelles, et qui se sont orientées depuis plus de deux décennies vers le dessalement des eaux de mer.

## Revue de littérature

### 1. Politique de dessalement de l'eau au Maroc : une alternative

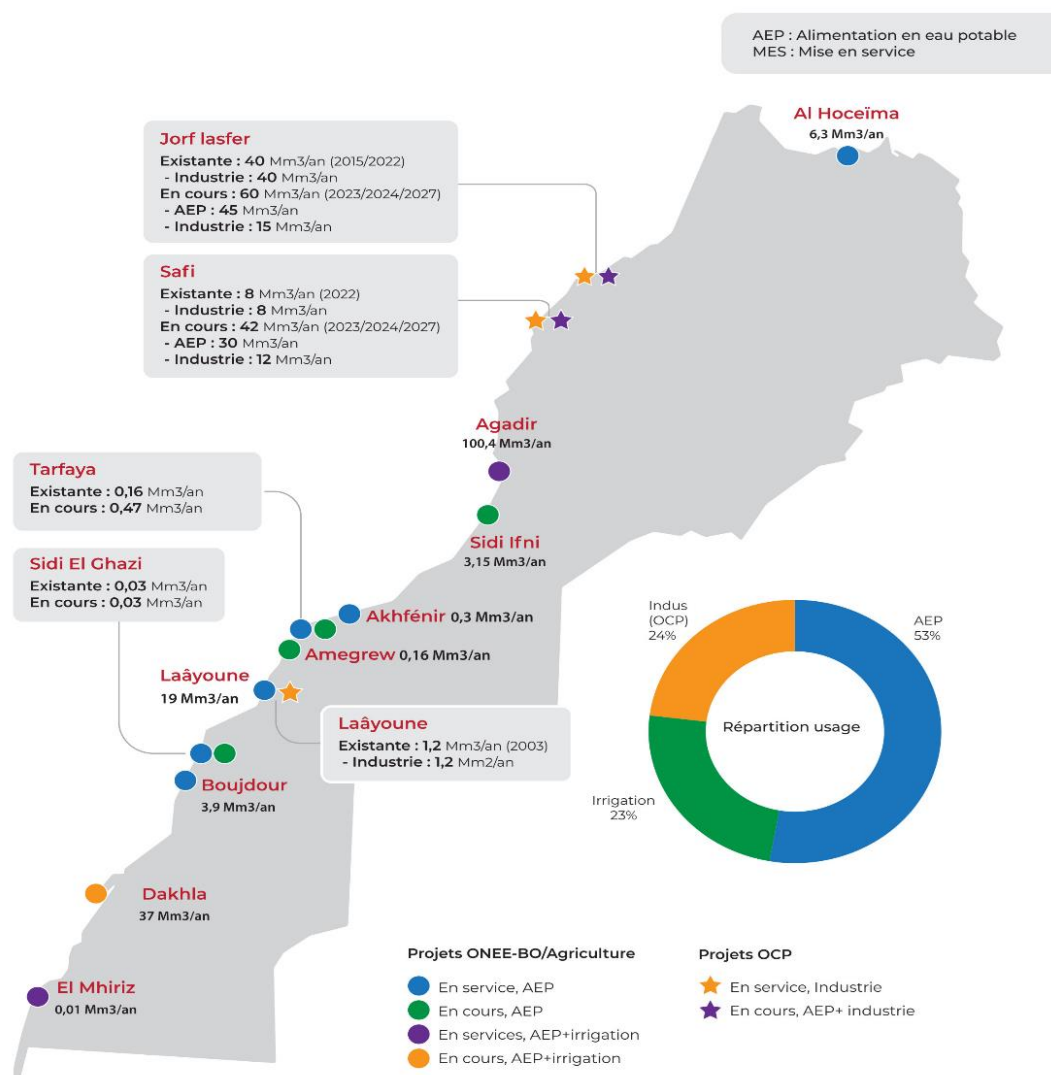
Au niveau du globe terrestre les ressources en eau douce prêtes à l'utilisation sont très limitées et ne représentent que 2,5% du total d'eau ; le reste des eaux sur terre sont des ressources inaccessibles sous forme de glaciers et d'eau souterraine (Gleick et al, 2012). Quant à l'eau salée, elle représente 97,5% du total des eaux présentes sur la terre, soit une ressource en eau très importante et accessible à la majorité des pays ; faisant ainsi du dessalement une meilleure option pour les pays en situation de stress hydrique (Fritzmznn, et al., 2007). En 2020, la capacité mondiale de dessalement a dépassé 120

millions de mètres cubes par jour provenant de plus de 20 000 usines réparties dans la majorité des pays du monde. Les pays du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) détiennent environ 50 % de la capacité des eaux dessalées (**Jones et al., 2019**).

Au Maroc la perception de dessalement de l'eau de mer est devenue une alternative incontournable par rapport aux autres sources d'approvisionnement en eau pour faire face au stress hydrique. Au-delà de ses propres perspectives, le Maroc cherche à se positionner à l'échelle de l'Afrique dans le domaine du dessalement associé aux énergies renouvelables. Ceci n'est pas le fruit du hasard mais d'un travail de longue haleine. En effet, c'est depuis 1973 (PDNAEP) que le Maroc s'est rendu compte de la nécessité de se tourner vers la préservation des ressources hydriques et de chercher d'autres alternatives pour surmonter la sévérité de la sécheresse et préserver ses ressources hydriques. Cependant, les limites des moyens financiers et techniques n'étaient pas favorables il y a plus de vingt ans. Avec l'avancée technologique mondiale et la réduction continue du coût de dessalement, le Maroc s'est lancé durant les deux dernières décennies dans le dessalement comme alternative prometteuse à l'amenuisement de ses réserves d'eaux. Ainsi, la capacité de dessalement est passée d'environ 13,11 millions de m<sup>3</sup> en 2011 à plus de 100 millions de m<sup>3</sup> en 2020 (**Ouraich, Ismail and W. Tyner, 2014**). Ceci, grâce en grande partie à l'installation de plusieurs unités de dessalement tout au long de la côte maritime atlantique et méditerranéenne. Cette dynamique est actuellement à son apogée avec la station de Chtouka Ait Baha (275 000 m<sup>3</sup>/j), et le lancement des travaux de la station Dakhla d'une capacité de 100 000 m<sup>3</sup> ; et ce en plus du récent grand projet lancé dans la province d'El Jadida d'une capacité de 548.000 m<sup>3</sup>/j, avec une capacité extensible à 822.000 m<sup>3</sup>, soit 300 millions de m<sup>3</sup> par an, dont le but est de sécuriser l'approvisionnement en eau de la majeure partie de la région de Casablanca-Settat. Quant à la station de Nador, elle produira 250 millions de m<sup>3</sup> par an. Il s'ajoute à cela, les stations de l'Office Chérifien des Phosphates qui produisent actuellement 72 329 m<sup>3</sup>/j de l'eau dessalée. Une capacité qui sera renforcée par deux projets à Jorf Lasfar et Laâyoune avec une capacité de production de 68 000 m<sup>3</sup>/j. Quant à la déminéralisation des eaux saumâtres, elle arrive à produire 90400 m<sup>3</sup>/j, dont la capacité sera renforcée par d'autres projets en cours d'une capacité de production de 5 830 m<sup>3</sup>/j.

Ainsi, le Maroc mise plus qu'avant sur le dessalement de l'eau de mer, pour arriver à produire 1,4 milliard m<sup>3</sup> par an en 2030. Et ce à travers plusieurs stations réparties au niveau national comme le montre la figure n° 1.

**Figure 1: Unités de dessalement de l'eau de mer en service ou en cours de réalisation en 2022**



Source : Ministère de l'Équipement et de l'Eau, 2022.

## 2. Procédés de prise de l'eau de mer et du dessalement

La mise en œuvre efficace du dessalement de l'eau de mer nécessite une compréhension approfondie des procédés de prise et de dessalement. Pour capter l'eau de mer, plusieurs méthodes sont disponibles, chacune avec ses propres mécanismes et variantes. Il existe trois grandes catégories de méthodes de prélèvement : les puits de captage côtiers ; l'infiltration sous les plages ou le fond marin et les prises d'eau directes en mer ouverte. L'analyse distingue les puits côtiers des puits maritimes, soulignant leurs différences en termes de distance par rapport à la mer et de dépendance aux propriétés hydrogéologiques locales.

En ce qui concerne les procédés de dessalement le marché mondial reste dominé par deux techniques de dessalement, à savoir la distillation et l'osmose inverse.

Le procédé de distillation fut le plus commercialisé dans les pays du Golfe optant pour la production de l'énergie électrique et de l'eau. Celle-ci est sollicité, principalement, sous forme de chaleur, émanant de la combustion des hydrocarbures qui sont très produits et largement disponibles dans ces pays et donc le coût de la vapeur ou du gaz est insignifiant. Ce procédé est le mieux connu et le plus maîtrisé dans ces pays. L'osmose inverse quant à lui, à la différence des méthodes de distillation, consiste à séparer l'eau et les sels dissous en utilisant des membranes, sous l'influence d'un gradient de pression. Il fonctionne à température ambiante et ne nécessite pas de modification de phase. La pression exercée sur la membrane est influencée par la composition chimique de l'eau de mer ainsi que par les performances mécaniques de celle-ci. La pression osmotique de l'eau doit être assez élevée, car le débit de production est directement lié à la disparité entre la pression appliquée et la pression osmotique de l'eau à dessaler.

La diversité des méthodes de prise d'eau de mer démontre l'importance du choix des approches adaptées aux caractéristiques spécifiques du site. Chaque méthode présente des avantages et des inconvénients, nécessitant une évaluation minutieuse pour garantir une capture efficace tout en minimisant les impacts environnementaux. L'objectif principal est d'évaluer la pertinence de chaque méthode en tenant compte des paramètres cruciaux tels que la consommation énergétique, la flexibilité opérationnelle, ainsi que les coûts d'investissement et de maintenance.

La confrontation faite à travers le tableau n° 1 est faite pour les principaux procédés, à savoir la distillation thermique, toutes technologies confondues, et l'osmose inverse.

**Tableau 1 : Principaux avantages et inconvénients des procédés de dessalement**

Procédés	Avantages	Inconvénients
<b>Distillation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Indépendance à la variation de la qualité d'eau brute,</li> <li>· Utilisation pour des grandes capacités de production d'eau,</li> <li>· Exploitation relativement aisée,</li> <li>· Une eau produite présentant un taux de salinité faible requis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Un taux de conversion bas (<b>inférieur à 35%</b>),</li> <li>· Une consommation spécifique d'énergie relativement élevée : <b>8 à 25K wh/m<sup>3</sup></b> selon le procédé,</li> <li>· Une non-flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau,</li> </ul>

	particulièrement pour les besoins industriels,	Un coût d'investissement élevé,
<b>Osmose Inverse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Un taux de conversion élevé (<b>supérieur à 45%</b>),</li> <li>-Une consommation spécifique d'énergie basse (<b>3 à 5 Kwh/m<sup>3</sup></b>),</li> <li>-Une flexibilité par rapport à la variation de la demande en eau,</li> <li>-Un coût d'investissement relativement bas,</li> <li>-Une durée de mise en œuvre réduite,</li> </ul>	Sensibilité à la variation de la qualité d'eau brute et surtout aux pollutions, Nécessité d'un personnel qualifié, Exploitation relativement difficile surtout au niveau du prétraitement, Un coût de maintenance élevé dû aux frais de renouvellement des membranes d'une durée de vie ne dépassant pas 7 ans,

Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab

La distillation consomme 8 à 25 kWh par m<sup>3</sup> produit ; alors que l'osmose inverse ne consomme que 3 à 5 kWh. Par conséquent, la distillation thermique n'est valable que si l'énergie est à faible coût (récupération chaleur de turbines, de gaz d'échappement de groupes électrogènes, dans le cadre d'usines couplant la production d'électricité et d'eau). En prenant en compte ce qui a été mentionné précédemment et en se basant sur d'autres études technico-économiques existantes, il apparaît que l'osmose inverse est la méthode la plus adaptée et la moins coûteuse pour séparer l'eau de mer, car le Maroc ne possède pas de ressources en hydrocarbures. En mettant en lumière les forces et les faiblesses de chacune des deux technologies de dessalement, et en tenant compte des spécificités du Maroc comme pays non producteurs des énergies fossiles, il a été décidé d'adopter le procédé « osmose inverse », qui consomme moins d'énergie et plus adapté aux besoins locaux. Au niveau de la région Dakhla Oued Eddahab et des autres régions sud du pays qui souffrent d'un énorme déficit en eau conventionnelle, le pays a adopté, depuis plusieurs années déjà, le dessalement de l'eau en exploitant les potentialités de ces régions en énergies renouvelables pour réduire le coût de l'eau dessalée.

### 3. Les ressources en eau conventionnelles à Dakhla Oued Eddahab entre rareté et durabilité

Le contexte Hydro-climatique de Dakhla Oued Eddahab est quasi dépourvu de ressources hydriques de surface. Cela est lié au climat régional saharien caractérisé par une faible quantité de précipitations et un ensoleillement constant. En raison de la proximité de l'Océan Atlantique, les températures sont modérées sur la côte, mais à mesure de

s'enfoncer vers l'intérieur, le reste du territoire devient de plus en plus sec, les températures augmentent et le taux d'humidité diminue rapidement.

Sur une longue période au niveau des principales stations du Sahara, Dakhla enregistre les plus faibles quantités des précipitations annuelles, soit une moyenne de 28,5 mm/an entre 1981 et 2017.

**Tableau 2 : Précipitations annuelles au niveau des principales villes du sud marocain**

Station	Période	Moyenne en mm	Minima en mm	Maxima en mm
Dakhla	1981-2017	28.5	2.2	128.6
Laâyoune	1976-2017	55.1	10.7	154.9
Boujdour	1996-2018	53.1	18	103
Es Smara	1997-2017	37.9	7.2	108.5
Tan-Tan	1976-2017	77.2	11	180.6

Source : Monographie de la région Dakhla Oued Eddahab édition 2018

D'une façon générale, les moyennes annuelles font ressortir que la pluviométrie reste très faible le long des côtes et insignifiante vers le sud et l'est. Il est à signaler que ces moyennes n'ont pas de valeur à cause de la variabilité des précipitations dans les zones arides et semi-arides et se caractérisent par leur rareté et leur concentration dans le temps.

### **3.1. Ressources en eau de surface à Dakhla Oued Eddahab : Un potentiel très faible**

En raison de l'aridité du climat et de la topographie, les bassins versants du Sahara présentent des écoulements de surface très limités. Le bassin hydrographique le plus important est celui de Sakia El Hamra, qui couvre une superficie de 84 000 km<sup>2</sup>. Quant à la topographie de la région Dakhla d'Oued Eddahab, elle est caractérisée par un relief moins élevé, et se compose à l'Ouest par des cuvettes sablonneuses, des sebkhas et des plaines caillouteuses, et l'altitude ne dépasse pas 500 mètres. En raison de sa topographie majoritairement horizontale, des précipitations peu fréquentes et de la forte évaporation, l'hydrographie de la région est constituée de réseaux diffus mal individualisés.

Parmi les rares retenues d'eau de surface de la région figure le mini bassin versant de la Sebkhah d'Imlili qui se caractérise par un réseau hydrographique peu développé alimenté par les Oueds d'Al Hawli et Chalkhat.

L'inexistence de cours d'eau pérenne ou de station de jaugeage, font que les écoulements d'eau sont souvent endoréiques n'atteignant pas l'Océan et les exutoires des eaux sont généralement les sebkhas.

Il ressort que la région de Dakhla Oued Eddahab a un potentiel hydrique en eau de surface très faible, et n'arrive même à répondre aux besoins locaux en matière d'abreuvement du cheptel ou à l'usage domestique très limité par les familles nomades.

**Photo 1: Sebkhât Imlili**



**Source : crédit photo des auteurs 07 juin 2024.**

En somme, la rareté de l'eau à Dakhla Oued Eddahab ne doit pas être perçue uniquement comme une contrainte, mais comme un catalyseur pour l'innovation et la mise en œuvre de pratiques durables, favorisant ainsi un développement équilibré et résilient à la hauteur des aspirations économiques, urbanistiques et stratégiques placées sur cette région porte d'entrée à l'Afrique subsaharienne. Pourtant, elle est une réalité : l'aspect physique et les données climatiques ne sont pas favorables à la constitution d'une réserve en eau de surface dans la région. Qu'en est-il des eaux souterraines ? Autrement dit, est ce que les formations géologiques de cet espace permettent la constitution d'une réserve d'eau souterraine ?

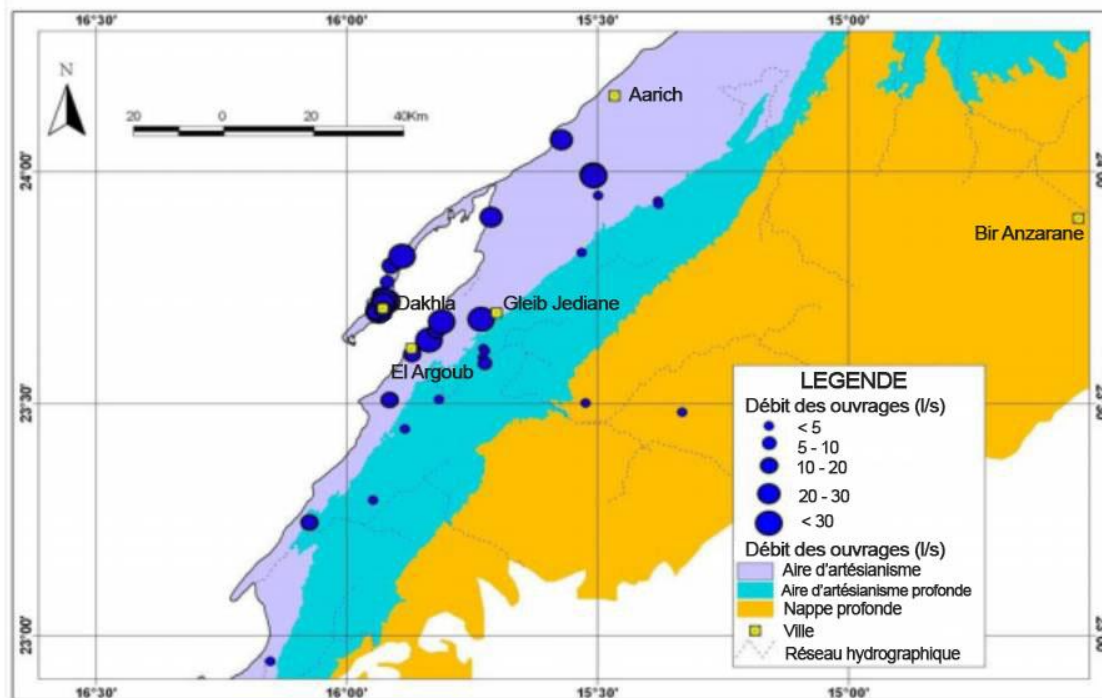
### **3.2. Les réserves en eau souterraines sont l'unique ressource, mais non renouvelable**

La nappe profonde du Paléogène est l'unique aquifère connu et exploité dans la région de Dakhla Oued Eddahab et représente la seule source d'eau conventionnelle existante. Ces eaux souterraines se déplacent dans un complexe géologique composé de deux aquifères majeurs : le Paléogène et le Crétacé Inférieur. Mais en raison de la commodité d'accès et

de l'urbanisme à Dakhla et le long de la côte de la région, c'est le Paléogène qui est presque exclusivement exploité. Il est situé à des profondeurs variant de 150 à 300 m et le mur à environ 600 m. Entre une profondeur de 100 à 400 m, il est constitué principalement de marnes et d'argiles, tandis qu'en-dessous de 400 m, des épaisseurs de sables de plus de 100 m sont rencontrées. Les marnes et argiles agissent probablement comme un aquitard (*L'aquitard est une couche souterraine peu perméable qui limite l'écoulement des eaux souterraines d'un aquifère à l'autre*), rendant la partie inférieure de l'aquifère du Paléogène captif. En s'épaississant vers l'Ouest (Dakhla) et vers le Nord (Aârich), il devient de plus en plus marneux et argileux, et s'amincit vers l'Est.

Les forages réalisés dans la région Dakhla Oued Eddahab ont montré que les formations post Paléogène sont constituées de couches supérieures qui contiennent des eaux salées ou très saumâtres et reposent sur des couches imperméables empêchant ces eaux de s'infiltrer dans le Paléogène.

**Figure 2 : Aquifères et débits des ouvrages d'eau- Région Dakhla Oued Eddahab**



Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab

L'aquifère du Paléogène occupe la troisième place en termes d'étendue et de puissance dans le bassin hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab, après ceux du Crétacé inférieur et supérieur. Cependant, cet aquifère occupe la première place quant à sa capacité d'approvisionnement en eau potable et l'irrigation à Dakhla Oued Eddahab.

Les dernières données de l'Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab estiment que ce bassin dispose de 98 Mm<sup>3</sup> de ressources en eau renouvelables, dont 24 Mm<sup>3</sup> mobilisable. Pour l'aquifère Paléogène ces quantités sont estimées respectivement à 34 Mm<sup>3</sup> et 08 Mm<sup>3</sup>. Selon la même source, les ressources en eau souterraines, potentiellement développables au niveau de Dakhla, sont estimées à 9 Mm<sup>3</sup>/an.

**Tableau 3 : Ressources en eau du bassin hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab en millions de m3**

	Ressources en eau renouvelables	Ressources en eau renouvelables mobilisables
Bassin Hydraulique de S.H.O.E	98	24
L'aquifère Paléogène	34	08
L'aquifère Paléogène de Dakhla	-	09

Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab, 2018.

Dans une zone d'environ 6500 km<sup>2</sup> exploitée autour de Dakhla, l'Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab a recensé 59 forages de différents usages, captant la nappe profonde, dont 31 forages, soit 52,5%, sont utilisés pour l'irrigation de 894 ha. Il est prévu que cette superficie irriguée atteindra près de 5000 ha en 2027. Dans tous les cas, les besoins moyens de la zone en eau potable uniquement dépasseront de très loin le volume mobilisable renouvelable de la nappe.

**Tableau 4 : Bilan moyen des besoins en eau de Dakhla**

	2020	2025	2030	2035	2040
Besoins de la zone de Dakhla (Mm <sup>3</sup> /an)	7	10	12	14	17
Volume mobilisable renouvelable (Mm <sup>3</sup> /an)	9	9	9	9	9
Bilan en Mm <sup>3</sup> /an	2	-1	-3	-5	-8

Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab, PDAIRE.

Bien évidemment la mobilisation des ressources souterraines non renouvelables et quasiment fossiles n'est pas une partie de plaisir compte tenu des défis à surmonter : une teneur en sel élevée de 1.9 gr/l, un substratum de nappes variables, une odeur sulfureuse et une eau chaude dégradée par la pression artésienne. Un chemin reste à parcourir entre le présent et le futur.

Les estimations du PDAIRE (Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau) sont optimistes mais prudentes. En effet, la nappe du Paléogène supporterait les

besoins en eau potable et d'irrigation et en irrigation. Si l'on ne considère que ces deux secteurs, par rapport au volume mobilisable de 9 Mm<sup>3</sup>/an, on devra s'attendre à une surexploitation additionnelle de 18.8 Mm<sup>3</sup>/an, à partir de 2025, et de 30.5 Mm<sup>3</sup>/an en 2040. La satisfaction des besoins d'approvisionnement en eau potable et d'irrigation, dans la région de Dakhla jusqu'en 2040 connaîtrait par voie de conséquence un déficit moyen de 11,7 Mm<sup>3</sup>/an entre 2020 et 2040.

Ainsi, la nappe de Dakhla ne peut être exploitée qu'en mode de déstockage continu, avec un risque double : une baisse continue des niveaux de pression dans les forages et des conséquences sur la qualité des eaux.

### **3.3. Durabilité des ressources en eau face au développement régional**

L'exploitation intensive de la nappe dans la région de Dakhla Oued Eddahab, depuis les années 1980, a entraîné une diminution de la pression et des débits des forages dans certaines parties de la nappe artésienne, notamment dans la baie de Dakhla et la zone d'El Argoub. Ainsi, une baisse de pression peut avoir plusieurs causes (réduction de la production de la nappe, influence des forages avoisinants, pertes de charge dues à l'usure des tubages ou à l'obturation des crépines des forages ...).

L'analyse approfondie de l'aquifère du Paléogène révèle des liens étroits entre l'exploitation des ressources en eau et les exigences du développement durable dans la région. L'aquifère du Paléogène émerge comme un acteur clé dans le paysage hydrogéologique de Dakhla Oued Eddahab. Sa puissance, son étendue et sa capacité à répondre aux besoins en eau, en particulier pour l'approvisionnement en eau potable et l'irrigation, en font une ressource vitale. Cependant, les chiffres du PDAIRE signalent un déficit potentiel croissant, soulignant les pressions exercées sur cette ressource cruciale. Les projections indiquent un déficit moyen de moins de 11,7 Mm<sup>3</sup>/an entre 2020 et 2040, mettant en lumière une disparité croissante entre les besoins en eau et la disponibilité renouvelable de l'aquifère. La surexploitation actuelle et prévue, soulève des préoccupations majeures quant à la durabilité de l'approvisionnement en eau dans la région.

Les ressources en eau de Dakhla Oued Eddahab sont confrontées à de graves défis en raison de l'urbanisation croissante, de l'expansion du tourisme et de l'évolution des pratiques agricoles intensives. Ces questions exigent une attention immédiate et des techniques de gestion intégrée pour le développement durable. L'urbanisation rapide a mis à rude épreuve l'approvisionnement local en eau en raison de l'augmentation de la

demande provoquée par la croissance démographique, soit un taux d'accroissement moyen annuel urbain 1994-2014 de 5.6%. Le développement des infrastructures et l'évolution des activités urbaines et stratégiques vont polariser plus de populations. A l'horizon 2030, la région assurera un taux d'accroissement moyen annuel de 3.96 %. Le nombre de population régionale atteindra 264.178 habitants, dont plus de 87% sont des urbains. Le développement rapide du tourisme le long de la côte de Dakhla a accentué les besoins en eau potable pour les stations balnéaires opulentes, les centres de loisirs et l'hébergement, ce qui a entraîné une pression importante sur les réserves d'eau limitées. De plus, en recourant à une irrigation excessive et en introduisant des techniques agricoles fortes consommatrices d'eau, l'agriculture spéculative a exacerbé le stress hydrique et réduit encore la quantité d'eau accessible.

En effet, des techniques de gestion intégrée de l'eau qui tiennent compte des liens entre l'agriculture, le tourisme et le développement urbain sont nécessaires pour résoudre ces problèmes. Dans les efforts fournis actuellement, la priorité doit être donnée aux technologies économes en eau, ainsi qu'aux comportements de conservation et à la mise en œuvre d'infrastructures solides pour le recyclage et la réutilisation de l'eau. Encourager une responsabilité partagée en matière de conservation et d'utilisation durable de l'eau entre les parties prenantes, les agences gouvernementales, les communautés locales, les entreprises et les agriculteurs nécessite concertation institutionnelle et usage de bonne gouvernance.

Compte tenu de la gravité de la situation, Dakhla Oued Eddahab ne peut assurer une croissance durable tout en maintenant l'équilibre écologique et le bien-être socio-économique de la région qu'en protégeant ses ressources en eau.

Comment alors, la mise en œuvre de solutions de dessalement pourrait jouer un rôle déterminant dans la gestion durable de l'eau à Dakhla Oued Eddahab, en garantissant un approvisionnement suffisant en eau pour soutenir le développement urbain, agricole, touristique et logistique ? Ceci sachant qu'on est dans une région qui est en train de devenir le hub-logistique du sud du Maroc en connectivité avec les hub-logistiques du nord (Tanger Med et Nador Ouest Méditerranéen).

#### **4. Dessalement de l'eau comme solution dans le Sahara marocain**

A vrai dire, depuis 1973, le Schéma Directeur National d'Approvisionnement en Eau Potable s'est basé sur le dessalement comme solution primordiale pour garantir une source d'eau potable constante. Cela incluait aussi bien l'eau saumâtre que l'eau de mer.

Depuis lors, l'ONEP<sup>1</sup> (Office National de l'Eau Potable) a entrepris la mise en œuvre de plusieurs projets d'unités de dessalement, principalement dans les provinces du sud. En 1975, une usine d'eau saumâtre dans le centre de Tarfaya a été mise en place pour déminéraliser l'eau en utilisant l'électrodialyse, avec une capacité de production de 75 m<sup>3</sup>/j. Deux ans après à Boujdour a connu la mise en place d'un système mécanique de distillation par compression de vapeur qui avait permis de convertir l'eau salée en eau douce avec une production quotidienne de 250 m<sup>3</sup>.

En raison de l'accroissement de la population et de la rareté des ressources en eau dans les régions du sud du Maroc, l'ONEP a donné, depuis la fin des années 1990, la priorité aux nouvelles techniques de dessalement de l'eau de mer. Ainsi, l'osmose inverse (RO) est devenue l'approche privilégiée, surpassant les méthodes alternatives. Laâyoune, ville fortement dépendante de l'ONEP, a mis en place une importante installation « Sea Water Reverse Osmosis » en 1995. Cette usine avait une capacité initiale de près de 7 000 m<sup>3</sup>/j, avec un potentiel d'extension à 26 000 m<sup>3</sup>/j en deux étapes successives en 2005 et 2010 (ONEE, Morocco, 2017). La technique de dessalement précitée est également employée dans le but d'approvisionner en eau les zones urbaines d'El Marsa et de Tarouma relevant de la province de Laâyoune, ainsi que le centre de Foug El Oued. Conformément au cadre de développement récemment mis en place pour les provinces du sud, la ville de Boujdour a connu récemment l'inauguration d'une usine de dessalement d'une capacité maximale de production de 7 000 mètres cubes par jour.

A cause du déficit hydrique et de la pression croissante sur les ressources en eau conventionnelles, le Plan National pour l'Approvisionnement en Eau Potable et Irrigation (2020-2027), avec son ambitieux plan d'investissement, cristallise les efforts nationaux pour diversifier les sources d'approvisionnement en eau, et s'oriente vers le dessalement, surtout avec la réussite des unités de dessalement à subvenir aux besoins en eau dans les régions méridionales. Incarnant ainsi la résilience et l'adaptabilité du Maroc face aux défis hydriques contemporains.

---

<sup>1</sup> Actuellement ONEE (Office National d'Electricité et d'Eau)

## Synthèse des travaux

### 4.1. Dessalement de l'eau de mer à la région Dakhla Oued Eddahab : quel bilan ?

Du fait des besoins croissants en eau potable et d'irrigation le long de la côte de Dakhla Oued Eddahab, les ressources hydriques de la région sont sous pression en raison de la surexploitation des nappes phréatiques et de la diminution des débits des forages existants. Cette situation souligne la nécessité d'explorer des solutions alternatives pour garantir un approvisionnement en eau durable.

Comme nous l'avons signalé plus haut, l'approvisionnement en eau potable du Dakhla s'effectue essentiellement à partir de la nappe profonde du Paléogène. Le potentiel mobilisable, arrêté dans le cadre de l'étude d'actualisation du PDAIRE, est de 9 Mm<sup>3</sup>/an (ONEE-BO, Direction Planification, au bureau d'études ADI 2015) à partir de sept forages (tableau n° 5).

Sur le plan d'infrastructure de traitement de l'eau, elle est limitée et ne peut plus répondre aux besoins croissants en eau potable de Dakhla. L'ancienne station de traitement, mise en service en 2004, a une capacité de traitement initiale de 110 l/s. Elle a été conçue de façon à réduire les teneurs en hydrogène sulfuré et en ammonium. Cependant, la salinité reste invariante, ce qui a impliqué l'ajout d'un module de déminéralisation, afin d'améliorer la qualité de l'eau produite. Le tableau ci-après retrace l'évolution du débit des forages alimentant l'ancienne station de traitement.

**Tableau 5 : Evolution des débits des forages alimentant Dakhla en eau en litre/seconde**

Forages	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Moyenne
F51/125	16,9	15,7	16,2	14,3	12,5	11,3	11,5	11,7	11,6	11,1	13,3
F52/125	21,4	21,7	21,4	17,2	20,3	19,9	20,0	20,2	20,2	19,9	20,2
F4/125	32,1	30,5	26,6	19,8	21,6	21,7	21,4	25,1	25,1	24,0	24,8
F127/125	0,0	0,0	0,0	8,8	6,6	6,4	6,0	5,6	5,6	5,1	4,4
F70/125	10,7	7,9	7,2	9,5	24,2	24,3	24,4	23,5	21,9	16,5	17,0
F110/125	12,8	7,5	3,4	7,3	8,6	7,9	7,3	5,0	4,2	3,6	6,7
F163/125	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	10,1	12,0	11,2	20,8	24,7	8,8
<b>Total</b>	<b>94,0</b>	<b>83,2</b>	<b>74,7</b>	<b>77,0</b>	<b>103,1</b>	<b>101,6</b>	<b>101,2</b>	<b>100,8</b>	<b>107,7</b>	<b>103,0</b>	<b>94,6</b>

Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab

Suite à l'incapacité de l'ancienne station de répondre aux besoins croissants de Dakhla en eau, il a été décidé de mettre en place une nouvelle station de traitement située dans la

commune d'El Argoub, au nord de la ville de Dakhla. Elle a été mise en service en 2016. Son objectif est la production de 200 l/s d'eau potable, à partir de nouveaux forages. Une extension de cette station est projetée pour un débit supplémentaire de 200 l/s.

**Photo 2 : La station de traitement et de déminéralisation de la ville de Dakhla**



Source : <https://watec.ma/project/dakhla1/> consulté le 18/06/2024

Sur la base de l'analyse de l'évolution des différents paramètres déterminant les besoins en eau potable (taux de branchement, dotations par type d'utilisateur, dotations pour les zones industrielles et touristiques, rendements de production et de distribution, coefficients de pointe), et leur projection jusqu'à l'horizon du projet, l'Agence du Bassin Hydraulique de Sakia El Hamra et Oued Eddahab a déterminé les besoins en eau potable de la zone de Dakhla (besoins domestiques de la population et besoins des projets touristiques et industriels de la ville). Ces besoins sont récapitulés dans le tableau suivant.

**Tableau 6 : Evolution des besoins en eau potable de la zone de Dakhla**

		2025	2030	2035	2040
Population (habitants)		179 819	228 852	272 756	327 700
Besoins en eau	Litre/s	306	392	457	536
	Mm <sup>3</sup> /an	9,65	12,37	14,42	16,89

Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia El Hamra et Oued Eddahab.

Il ressort des données du tableau que les besoins en eau du Grand Dakhla en 2040 passeraient à près de 17 Mm<sup>3</sup>/an avec un débit de 536 l/s, sans tenir compte des besoins

en eau d'irrigation pour les périmètres irrigués existants ou en cours de réalisation, soit près de 5 000 hectares de cultures intensives au nord et à l'est de Dakhla.

Toutefois, la réussite du pari de développement durable passe inéluctablement par la recherche de solutions alternatives à l'utilisation des ressources hydriques conventionnelles. Dans cette optique, et conformément aux orientations du PDAIRE, le renforcement du recours au dessalement de l'eau de mer devient inévitable, compte tenu de la chute de pression que connaîtra la nappe et la détérioration de la qualité des eaux.

#### **4.2. Les opportunités du dessalement d'eau de mer à Dakhla**

Le caractère côtier et insulaire de Dakhla fait du dessalement de l'eau de mer une alternative à la fois potentielle et opportune pour répondre à la demande croissante en eau potable de cette ville, notamment en l'absence de ressource superficielle. Selon le PDAIRE l'Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab, les orientations peuvent être axées sur deux options :

- Maintenir le prélèvement actuel jusqu'en 2040, à partir de la nappe fossile du paléogène non renouvelable mais de grandes potentialités, tout en assurant le complément à partir du dessalement de l'eau de mer ;
- Mobiliser les eaux de la nappe paléogène jusqu'à l'horizon 2030. Puis recourir au dessalement de l'eau de mer pour satisfaire la demande en eau potable.

Ainsi, et compte tenu de l'ensemble de ce qui précède, les variantes envisagées, pour le renforcement et la sécurisation de l'alimentation en eau potable sont les suivantes :

- La variante 1 : La première phase de cette variante consistera en la réalisation du génie civil d'une station de dessalement, pour un débit de 400 l/s, fonctionnant en deux files identiques, et l'équipement d'une seule file lors de cette phase. La deuxième phase consistera en l'équipement de la deuxième file.
- La variante 2 : La première phase de cette variante est identique à celle de la variante 1. La deuxième phase consistera en la réalisation d'une nouvelle station de déminéralisation pour un débit supplémentaire de 200 l/s.
- La variante 3 : La première phase de cette variante consiste en l'équipement du reste de la station de déminéralisation actuelle, pour 200 l/s, ce qui permettra de répondre à la demande jusqu'à 2030. La deuxième phase portera sur la réalisation d'une station de dessalement pour les 200 l/s supplémentaires, pour répondre à la demande de 2040.

**Tableau 7 : Variantes à étudier pour le renforcement de l'alimentation en eau potable de la région Dakhla Oued Eddahab**

Les variantes	Horizon 2030			Horizon 2040		
	Procédé	Génie civil	Équipement	Procédé	Génie civil	Équipement
<b>Variante1</b>	Dessalement	400 l/s	200 l/s	Dessalement	---	200 l/s
<b>Variante2</b>	Déminéralisation	Existant	200 l/s	Déminéralisation	200 l/s	200 l/s
<b>Variante3</b>	Déminéralisation	Existant	200 l/s	Dessalement	200 l/s	200 l/s

**Source : Agence du Bassin Hydraulique de Sakia Al Hamra et Oued Eddahab.**

Il en résulte une situation actuelle d'approvisionnement en eau potable à Dakhla assez complexe. Le grand-Dakhla est confronté à des défis significatifs urgents, tels que la diminution des débits des forages et la capacité limitée des stations de traitement existantes. Les évolutions passées et les projections futures des besoins en eau soulignent l'urgence d'explorer des options alternatives pour garantir une sécurité hydrique à moyen et long terme. Pour le reste de la région Dakhla Oued Eddahab et les secteurs économiques, notamment l'agriculture, le tourisme et les activités portuo-industrielles, le dessalement de l'eau de mer offre des opportunités importantes.

A titre indicatif, l'agriculture, étant un secteur clé de l'économie régionale, nécessite des quantités d'eau significatives pour l'irrigation. Le dessalement peut fournir une source fiable d'eau douce, réduisant ainsi la pression sur les nappes phréatiques et permettant une gestion plus durable des ressources hydriques. En 2020, la région de Dakhla Oued Eddahab comptait environ 100 000 hectares de superficie agricole utile. La superficie exploitée et équipée oscille autour de 1950 hectares. La production agricole comprend des cultures de primeurs à haute valeur ajoutée orientée essentiellement vers les marchés extérieurs et très consommatrices d'eau.

Pour faire face à une situation aussi délicate que celle du déficit hydrique et son implication à Dakhla, un important projet de dessalement a été lancé en 2016. Il s'agit de la station de dessalement de Bir Anzarane. Sa construction a débuté en 2022 et va entrer en activité en 2025. Elle se situe à environ 120 km au nord de la ville de Dakhla et à 1 km de la côte. Le projet comprend la mise en place de la station de dessalement, d'un parc éolien de 60 MW et d'un réseau d'irrigation de 115 km. La capacité de production de cette usine s'élève à 37 Mm<sup>3</sup> d'eau par an, soit entre 90 000 et 112 000 m<sup>3</sup> par jour. Il a pour but d'irriguer 5 000 hectares et de fournir de l'eau potable au Grand Dakhla et au

complexe portuaire Dakhla Atlantique. Ce méga projet de dessalement de l'eau de mer est le fruit d'un partenariat public-privé d'une valeur de 2,42 milliards de dirhams. Le projet vise à étendre les terres agricoles opérationnelles de la région de 950 hectares à 5000 hectares ; générant, ainsi, de nombreux emplois, tant au sein de l'usine que dans les activités agricoles qu'elle soutiendra.

Selon l'étude de faisabilité du projet de dessalement, il est annoncé que cette unité de production de l'eau potable et d'irrigation s'intègre dans la stratégie "Generation Green" (*Green Generation 2020-2030 c'est une nouvelle vision agricole qui fait suite au Plan Maroc Vert (2008-2020) et qui vise l'amélioration des conditions de vie en milieu rural, et favoriser la création d'emplois, en particulier pour les jeunes*), et le Nouveau Modèle de Développement pour les Provinces du Sud. En effet, ce dernier est réservé au développement des provinces des 3 régions du sud du Maroc, lancé en 2016 pour une durée de 10 ans avec un budget global initial d'environ 77 MMDH. Il vise à un développement économique et humain inclusif et durable, mise à niveau de l'infrastructure de base et le désenclavement et l'ouverture des régions sud sur le continent africain et le monde atlantique tout en mobilisant un investissement global de 2,42 milliards de dirhams, dont 1,98 milliard pour la station de dessalement et le parc éolien de 60 MW, et 442 millions pour le réseau d'irrigation.

Ce projet d'irrigation sera réalisé dans le cadre d'un partenariat public-privé, en utilisant des terres agricoles du domaine privé de l'État et en ciblant les jeunes investisseurs agricoles. Il est prévu que ce projet produise annuellement plus de 415 000 tonnes de primeurs, avec une valeur ajoutée de plus de 1 milliard de dirhams, et qu'il crée plus de 10 000 emplois permanents.

Enfin, le projet vise à préserver les ressources en eaux souterraines, à utiliser les énergies renouvelables et à assurer la durabilité des systèmes de production.

Sur le plan technique, il est prévu que l'usine de dessalement de Dakhla se différencie par son « engagement envers la durabilité ». En utilisant une ferme éolienne pour alimenter l'usine en énergie, réduit, ainsi, sa dépendance aux combustibles fossiles et minimise son empreinte carbone. Cette approche intégrée de l'énergie renouvelable et du dessalement représente une avancée majeure vers des pratiques plus durables dans la gestion de l'eau.

En plus du dessalement, le traitement des eaux usées est également crucial pour la gestion de l'eau dans la région. Les eaux usées traitées sont utilisées pour arroser les espaces verts de la ville de Dakhla, contribuant ainsi à la gestion durable des ressources en eau.

Le projet de dessalement de l'eau de mer à Dakhla représente aussi une initiative cruciale pour assurer un approvisionnement en eau durable dans une région confrontée à des défis hydriques significatifs. En combinant technologie avancée, énergie renouvelable et gestion efficace des ressources en eau, ce projet illustre comment des solutions innovantes peuvent répondre aux besoins en eau potable et soutenir le développement agricole tout en promouvant la durabilité et la résilience économique.

### **Conclusion**

Le contexte hydro-climatique de Dakhla Oued Eddahab est marqué par des conditions arides et semi- arides, où la rareté des précipitations constitue un défi majeur. Les températures élevées et la faible pluviométrie caractérisent un environnement où la demande en eau excède souvent la capacité naturelle de recharge de réserves fossiles quasiment non renouvelables et endoréiques. Si le Maroc arrive à adopter une politique de préservation des ressources hydriques aussi bien sur le plan juridique, comportemental et environnemental, l'orientation vers les autoroutes de l'eau, le dessalement de l'eau de mer et la déminéralisation paraît prometteuse pour assurer l'alimentation en eau potable et d'irrigation à travers le Maroc. La situation n'est pas comparable dans le Sahara marocain. Les ressources hydriques sont rares ou difficile à exploiter. Ce qui nécessite un double effort, la recherche de solutions adaptées et respectueuses de l'état environnemental et systémique. En effet, le contexte hydrogéologique complexe de la région de Dakhla Oued Eddahab, met en évidence deux principales unités, le socle cristallin à l'est et le bassin sédimentaire à l'ouest. La présence cruciale de l'aquifère du Paléogène démontre sa centralité dans l'approvisionnement en eau de la région, mais pose le problème de durabilité face à l'épuisement. En ce sens, les projections de surexploitation d'ici 2040, associées à une demande en constante augmentation, exacerbent les défis de la rareté de l'eau dans cette région. A mesure que nous examinons la rareté de l'eau et les exigences de développement durable à Dakhla Oued Eddahab, le contexte hydro-climatique défavorable pose des contraintes immédiates sur la disponibilité en eau. Pourtant le Maroc a la ferme volonté de solutionner la question de l'eau pour accompagner le mouvement d'urbanisation métropolitaine aussi bien à Laâyoune qu'à Dakhla. Les enjeux de la stratégie africaine marocaine et le projet maritime de l'Atlantique se recoupent avec les objectifs du développement durable des provinces sahariennes. Le revirement du Maroc vers le dessalement et la déminéralisation comme solutions durables en combinaison avec la percée des énergies renouvelables,

témoignent d'un effort d'investissement colossal dans plusieurs domaines. L'objectif est de garantir les ressources en eau suffisantes pour le développement socioéconomique. La question de la mobilisation des eaux non conventionnelles se pose toujours mais avec moins d'acuité compte tenu de ce qui a été réalisé et/ou projeté. Il faut bien comprendre qu'un tel choix technique reste un choix de souveraineté qui ne s'évalue pas en termes de rentabilité immédiate.

La forte consommation d'énergie, mesurée en kilowattheures par mètre cube (kWh/m<sup>3</sup>) constitue une contrainte pour le dessalement de l'eau de mer et de l'eau saumâtre pour la consommation humaine. Il faut plus d'efforts et d'investissements pour atteindre une performance globale du système. De la capacité de l'usine à la qualité du flux d'alimentation en eau de mer, tout en passant par la conception architecturale de l'unité, les matériaux utilisés et la consommation d'énergie. La recherche de l'innovation et de la réduction de la consommation d'énergie guide le choix des procédés et la capacité des stations de dessalement. C'est-à-dire la tendance toujours vers la nouvelle génération de stations utilisant des procédés des membranes d'osmose inverse, pour remplacer les systèmes de dessalement thermique. L'objectif est de produire plus et de rejeter une saumure impactant moins l'environnement et les écosystèmes en place. Ce n'est pas encore une bataille gagnée complètement. Jusqu'à présent la saumure est relativement faible le long des côtes. Afin de sauvegarder les organismes marins, un processus de dilution précède le rejet dans la mer. L'Océan Atlantique présente une étendue considérable et possède des courants marins robustes, qui se juxtaposent fortement à la nature fermée de l'environnement marin méditerranéen. Cependant plus d'efforts sont demandés à l'avenir pour la réduction puis l'élimination de la saumure au Maroc à mesure que l'industrie de dessalement se développe et que des usines supplémentaires sont construites sur des principes de durabilité.

## **Bibliographie**

### **Articles de revue**

- Belkadi, A (2013), Le développement économique et humain au Sahara marocain entre les défis de l'urbanisation et les contraintes du milieu désertique. *Revue Dirassat*, 16, 13-31.
- Gleick, P.H, & Als (2012), *The World's Water Volume 7, Rapport biennal sur les ressources en eau douce* », Island Press, Plan Bleu, France.

- Ouraich, I & Tyner, W, (2014), Climate change impacts on Moroccan agriculture and the whole economy, WIDER working paper. United Nations University.

### **Livres**

- Ben Attou, M, & Belkadi, A, (2013), Dakhla, port-frontière ou porte charnière du Sud-Ouest marocain ? Essai sur la dynamique d'une ville saharienne, Agadir, FLSH-UIZ.
- El Mahdad, E. (2006), Eau et développement des milieux arides, cas des régions sahariennes marocaines, In Provinces du Sud marocain, environnement, société et perspectives de développement, (pp.135-151) Rabat.

### **Rapports et documents institutionnels**

- ABHSHOD, (2020), Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau de Sakia El Hamra Oued Eddahab (PDAIRE), Rabat.
- BENHRA, A & Als (2023), Revue bibliographique et étude de cas sur le dessalement d'eau de mer et son impact sur le milieu marin, (INRH) Institut National de Recherche Halieutique.
- CERED, (2017), Projections de la population des régions et des provinces 2014-2030, Rabat.
- CESE, (2014), La gouvernance par la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc (Governance through integrated water resources management in Morocco), World Bank Document, USA Washington, DC 20433.
- ONEE, (2017), Gestion de la Rareté de l'Eau en Milieu Urbain au Maroc (Management of Water Scarcity in Urban Areas in Morocco) », Available at: <http://documents1>.
- Selma, J. (2009), Expérience de l'ONEP en matière de dessalement d'eau (ONEP's experience in water desalination), Rabat.