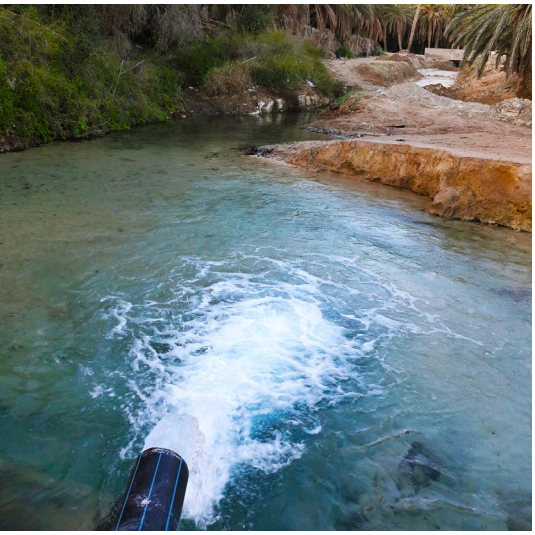
COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE

Concilier les utilisations des ressources : Évaluation du nexus eau, alimentation, énergie et écosystèmes dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional

Partie A « Défis et Solutions Nexus »



Global Water Partnership Mediterranean

Observatoire du Sahara et du Sahel

UNECE

REMARQUE

Les appellations employées dans le présent rapport et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Cette publication n'emploie pas les toponymes de manière homogène. Dans certains cas, les toponymes français ont été utilisés ; dans d'autres cas, les toponymes locaux ont été préférés. Les toponymes mentionnés dans le texte sont les toponymes français ou ceux utilisés dans les différents pays concernés. Les cartes emploient les toponymes locaux dans la mesure du possible.

Les documents de l'Organisation des Nations Unies sont identifiés par un code composé de lettres majuscules et de chiffres. Toute mention d'un tel code constitue une référence à un document de l'Organisation des Nations Unies.

ECE/MP.WAT/NONE/16

COMMISSION ÉCONOMIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE

Concilier les utilisations des ressources : Évaluation du nexus eau, alimentation, énergie et écosystèmes dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional

Partie A « Défis et Solutions Nexus »

NATIONS UNIES

New York et Genève, 2020

REMERCIEMENTS

Le partenariat chargé du projet tient à remercier les organismes membres du Mécanisme de Concertation du Système Aquifère du Sahara Septentrional et le Comité pilotage du projet pour les orientations fournies : l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Algérie, l'Autorité Générale des Ressources en Eau de Libye, la Direction Générale des Ressources en Eau de la Tunisie, et la Direction des Études et Aménagements Hydrauliques rattachée au Ministère des Ressources en Eau d'Algérie.

L'évaluation nexus n'aurait pas pu être préparée sans l'aide et la contribution de nombreuses personnes et organisations. Le partenariat chargé du projet souhaite exprimer sa gratitude envers toutes les autorités et tous les acteurs, trop nombreux pour être cités ici, qui ont participé à ce processus, notamment à l'occasion des ateliers régionaux et des consultations nationales, et les remercie pour leur aide lors de la préparation de l'évaluation.

Auteurs coordonnateurs :
Lucia de Strasser
Sarra Touzi

Autres auteurs (par ordre alphabétique) :
Belhassen Abdelkafi
Youssef Almulla
Farah Hamamouche
Camilo Ramirez Gomez
Amine Saidani

Coordonnateurs du projet (par ordre alphabétique) :
Dimitris Faloutsos
Djamel Latrech
Annukka Lipponen

Autres contributeurs (par ordre alphabétique) :
Lamine Baba Sy
Chantal Demilecamps
Ali Karnib
Alexandros Korkovelos
Mustapha Mimouni

Crédits photo
© Lilia Benzid / OSS
© Sarra Touzi / GWP-Med

Édition et conception :
Strategic Agenda

Avec le soutien de
Sweden
Sverige

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS IV
ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS VIII
LISTE D'UNITÉS VIII
SYNTHÈSE IX

1. INTRODUCTION 1
1.1 Finalité, objectif et public cible 1
1.2 Pourquoi le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) 1
1.3 Processus d'évaluation 2
1.4 Structure du rapport 3

2. VUE D'ENSEMBLE DES RESSOURCES ET DE LEUR UTILISATION 5
2.1 Géographie, ressources et climat 5
2.2 Situation socioéconomique et principale utilisation de l'eau dans le SASS 6

3. DÉFIS SECTORIELS ET SOLUTIONS NEXUS 7
3.1 Défis rencontrés dans les secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation 7
3.1.1 Secteur de l'eau 8
3.1.2 Secteur de l'énergie 9
3.1.3 Secteur de l'alimentation 10
3.2 « Approche nexus » pour la gestion des ressources naturelles dans le SASS 12
3.2.1 « Ensemble de solutions nexus » pour le SASS 13
3.2.2 Action coordonnée pour la mise en œuvre des solutions nexus 15
3.2.3 Mise en œuvre synergique des solutions nexus en vue d'atteindre les objectifs intersectoriels 24

4. MODÈLE SIG DU NEXUS EAU, ALIMENTATION ET ÉNERGIE POUR LE SASS 28
4.1 Aperçu de la méthodologie 28
4.2 Principaux résultats 31

5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS 41

ANNEXE 1 : LISTE DES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET CIBLES QUE LA MISE EN ŒUVRE DE L'ENSEMBLE DE SOLUTIONS NEXUS AIDERAIT À ACCOMPLIR 43

ANNEXE 2 : LISTE DES ACTIONS APPUYANT LA MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS NEXUS 46

ANNEXE 3 : LISTE DES ACTEURS DE LA MISE EN ŒUVRE DES SOLUTIONS NEXUS 51

ANNEXE 4 : COMPLÉMENT D'INFORMATIONS RELATIVES AU MODÈLE INTÉGRÉ NEXUS DU SASS 55

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

FIGURE 1 : Principales étapes du processus participatif de l'évaluation nexus dans le SASS (2017-2019) 2

FIGURE 2 : Carte 1. Principales caractéristiques du Système Aquifère du Sahara Septentrional et des régions voisines en matière d'eau, d'agriculture, d'énergie et d'environnement 4

TABLEAU 1 : Perspectives sectorielles de l'eau, de l'alimentation et de l'énergie sur le défi commun de la dégradation de l'aquifère 8

TABLEAU 2 : Défis rencontrés dans le secteur de l'eau 9

TABLEAU 3 : Défis rencontrés dans le secteur de l'énergie 10

TABLEAU 4 : Défis rencontrés dans le secteur de l'alimentation 11

TABLEAU 5 : Synthèse des incidences intersectorielles 12

TABLEAU 6 : Ensemble de solutions proposées dans les secteurs de l'eau, de l'énergie, de l'alimentation et de l'environnement et les ODD auxquels elles contribuent 14

TABLEAU 7 : Actions pour l'intensification du recours aux ressources en eaux non conventionnelles 17

TABLEAU 8 : Actions pour le déploiement durable des énergies renouvelables dans le bassin 19

TABLEAU 9 : Actions en faveur de la valorisation des produits locaux et l'autonomisation des femmes et des jeunes 22

TABLEAU 10 : Actions en faveur de l'intégration des besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère 24

TABLEAU 11 : Ensemble de solutions visant à améliorer la cohérence de la planification pour le développement durable dans le SASS 25

TABLEAU 12 : Ensemble de solutions visant à renforcer la résilience locale face aux défis rencontrés dans le bassin 26

TABLEAU 13 : Ensemble de solutions visant à favoriser une économie circulaire fondée sur les ressources en eau non conventionnelles, les énergies renouvelables et les pratiques agroécologiques 27

FIGURE 3 : Représentation schématique de la méthode d'estimation de la demande d'électricité pour l'irrigation avec les eaux souterraines 29

TABLEAU 14 : Comparaison des technologies d'approvisionnement en énergie utilisées dans chaque pays 30

TABLEAU 15 : Résumé des données introduites pour l'analyse de sensibilité 31

FIGURE 4 : Consommation d'eau par hectare dans le bassin du SASS selon différentes techniques d'irrigation 32

FIGURE 5 : Demande en eau pour l'irrigation dans le bassin du SASS pour différentes techniques d'irrigation 33

FIGURE 6 : Demande énergétique pour le pompage des eaux souterraines et le dessalement des eaux saumâtres d'une teneur maximale en MDT de 2 500 mg/L ± 500 mg/L 34

FIGURE 7 : L'option de combinaison technologique d'approvisionnement la moins coûteuse pour le scénario 1 (CAPEX de niveau 1) 36

FIGURE 8 : L'option de combinaison technologique d'approvisionnement la moins coûteuse pour le scénario 2 (CAPEX de niveau 2) 37

FIGURE 9 : L'option de combinaison technologique d'approvisionnement la moins coûteuse pour le scénario 3 (CAPEX de niveau 3) 38

FIGURE 10 : Comparaison entre les solutions d'approvisionnement en électricité avec CAPEX niveau 1 et pour différents niveaux de subvention des combustibles 39

FIGURE 11 : Comparaison entre les solutions d'approvisionnement en électricité avec un CAPEX niveau 2 et pour différents niveaux de subvention des combustibles 39

TABLEAU 16 : Acteurs de la mise en œuvre des solutions nexus 51

TABLEAU 17 : Tableau récapitulatif des couches des données SIG utilisées dans l'analyse 55

TABLEAU 18 : Calendrier et répartition présumée des cultures dans la région du SASS 56

TABLEAU 19 : Aperçu de la profondeur des nappes dans chaque province 57

FIGURE 12 : Profondeur de la nappe dans la région du SASS (en m) 58

TABLEAU 20 : Aperçu des valeurs en MDT des nappes dans chaque province 59

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

ASDI	Agence suédoise de coopération internationale pour le développement
CAPEX	Dépenses d'investissement
CEE-ONU	Commission économique des Nations Unies pour l'Europe
CI	Continental intercalaire
CT	Complexe terminal
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GDA	Groupement de développement agricole
GWP	Partenariat mondial pour l'eau
GWP-Med	Partenariat Mondial pour l'Eau-Méditerranée
LCOE	Coût actualisé de l'électricité
MDT	Matières dissoutes totales
ODD	Objectifs de Développement Durable
OPEX	Dépenses de fonctionnement
OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
PV	Photovoltaïque
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
SER	Sources d'énergies renouvelables
SIG	Système d'information géographique
WACDEP	Programme Eau, Climat et Développement

LISTE D'UNITÉS

°C	Degrés Celsius
/hab.	Par habitant
dollars É-U	Dollars des États-Unis
GWh	Gigawatts-heure
Ha	Hectares
km	Kilomètres
km²	Kilomètres carrés
kW	Kilowatts
kWh	Kilowatts-heure
L	Litres
m	Mètres
m²	Mètres carrés
m³	Mètres cubes
mg	Milligrammes
Mm	Millions de mètres
Mrd de m³	Milliards de mètres cubes
MW	Mégawatts
s	Secondes

Synthèse

Le chemin vers la coordination entre les secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation est semé d'embûches et se révèle d'autant plus complexe dans les contextes transfrontières. Le recours à une approche nexus pour gérer les ressources interdépendantes permet d'améliorer la sécurité hydrique, énergétique et alimentaire, grâce à une efficacité accrue, une diminution des arbitrages, la création de synergies et l'amélioration de la gouvernance, tout en assurant la protection des écosystèmes. Cette approche contribue à la conciliation des différents objectifs sectoriels et à la réalisation, tant au niveau national que régional, des Objectifs de Développement Durable étroitement liés entre eux.

Ce rapport s'attache à présenter les principaux résultats d'une évaluation participative des interactions entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS). Partagé par l'Algérie, la Libye et la Tunisie, cet aquifère, qui s'étend sur plus d'un million de kilomètres carrés, constitue la plus grande réserve d'eau souterraine transfrontière d'Afrique du Nord. Ses ressources hydriques sont pour la plupart non renouvelables et leur capacité de reconstitution est limitée. En outre, le développement socioéconomique du bassin au cours des dernières années ainsi que les progrès technologiques réalisés en matière de foration, ont entraîné une augmentation constante du captage de l'eau. Actuellement, la somme totale des quantités d'eau prélevées de l'aquifère par les trois pays est trois fois supérieure à son taux naturel de renouvellement. De ce fait, les pays se retrouvent confrontés à des enjeux de taille : l'épuisement et la perte de pression des eaux souterraines, la salinisation, la dégradation des sols et la baisse de la productivité agricole, l'augmentation de la demande énergétique pour le pompage de l'eau et la déminéralisation.

La volonté et l'action politiques dans la région ont déjà établi des bases solides pour le renforcement de la coopération. Depuis les années 1970, l'Algérie, la Libye et la Tunisie ont développé leur coopération en matière d'échange d'informations et de consultation en vue d'éclairer la gestion de l'aquifère partagé. Le Mécanisme de Concertation du SASS, créé en 2006, dispose d'un programme de travail assorti d'un budget et mène son action au travers de réunions annuelles regroupant de hauts responsables, des groupes de travail ad hoc et des comités nationaux. Les pays ont récemment engagé des discussions pour examiner les possibilités d'améliorer le fonctionnement du Mécanisme, son autonomie et sa soutenabilité financière, ainsi que les possibilités de renforcer encore davantage la coopération transfrontière. Au sein de leurs politiques et stratégies nationales d'adaptation au changement climatique, les pays ont également prévu une série de mesures susceptibles de promouvoir des actions conjointes en tirant parti et en créant des synergies entre les secteurs concernés par les interactions entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes. Le renforcement d'actions synergiques, coordonnées, multisectorielles et menées à plusieurs niveaux à travers une approche nexus appliquée à grande échelle, peut contribuer à assurer un avenir durable au Système Aquifère du Sahara Septentrional.

L'évaluation nexus au sein du SASS est le des résultat du processus participatif, constitué de consultations nationales et de deux ateliers transfrontières. L'évaluation a mobilisé des représentants des trois pays et des quatre secteurs, et a impliqué des experts multidisciplinaires locaux et internationaux dans sa réalisation. Grâce à un dialogue transfrontière, l'évaluation nexus a permis d'identifier les liens majeurs qui existent entre les ressources énergétiques, hydriques, terrestres et écosystémiques, ainsi que les solutions possibles pour parvenir à une gestion durable et efficace des ressources.

L'amélioration de la gestion des ressources du SASS est d'une importance capitale pour assurer le développement socio économique des trois pays et de la région dans son ensemble. Le système aquifère est constitué de deux aquifères profonds superposés, et constitue l'unique source d'eau douce dans un environnement extrêmement aride, avec des précipitations annuelles inférieures à 150 millimètres et des températures estivales supérieures à 40 °C.

L'agriculture est la plus grande consommatrice d'eau dans les trois pays et la consommation d'eau par hectare pour l'irrigation dans le SASS est très élevée : en moyenne, la consommation d'eau est d'environ 11 000 m^3/ha, mais elle peut atteindre 16,800 m^3/ha[1]. Ce niveau de consommation d'eau pour l'irrigation, exacerbée par son inefficience, le recours à des infrastructures inadéquates et des pratiques agricoles néfastes, engendre la salinisation des sols et réduit leur fertilité déjà en déclin.

Conjugué à la teneur naturellement élevée en minéraux et faible en substances organiques des sols, ce phénomène fait peser de sérieuses contraintes sur l'irrigation : sur près d'un million d'hectares de sols cartographiés à ce jour, moins d'un dixième est considéré comme étant irrigable. Dans ce climat sec à forte évaporation, l'agriculture oasienne traditionnelle reste le mode de

[1] Programme Eau, Climat et Développement, 2015. *Integration of climate change impacts in the NWSAS water resources management. Report of Phase A: Definition of the baseline and choice of climatic scenarios*

production le plus répandu. Une nouvelle agriculture industrielle s'est toutefois développée au cours des trente dernières années, et l'expansion agricole soumet les écosystèmes pastoraux fragiles et vulnérables, ainsi que des zones humides constituant des habitats importants pour les oiseaux migrateurs, à rude épreuve. Cette faible productivité physique et économique des terres et de l'eau, expose la population locale à une vulnérabilité économique sans précédent et la pousse, à terme, à l'émigration et à l'exode rural, en quête d'autres sources de revenus.

Les combustibles fossiles font partie des ressources naturelles les plus abondantes dans ces pays : l'Algérie et la Libye en sont des exportateurs nets et se classent parmi les premiers producteurs au monde de gaz naturel et de pétrole brut. Pourtant riches en énergie solaire et éolienne, ces pays ont principalement recours aux combustibles fossiles pour la production d'électricité, tandis que la mise en œuvre de plans ambitieux pour le déploiement des technologies renouvelables représente toujours un défi à relever et que les progrès accomplis en faveur de la décarbonisation restent lents.

Les défis fortement interdépendants auxquels les différents secteurs sont confrontés renforcent les interactions solides au sein de la région du SASS. La dépendance des secteurs vis-à-vis des ressources en eaux souterraines communes qui se raréfient face à une demande croissante, constitue la clé de voûte de l'interdépendance. Les réponses politiques sont également liées les unes aux autres par les conséquences indirectes et souvent involontaires de mesures spécifiques, telles que les subventions accordées aux énergies, le déploiement des énergies renouvelables ou la vulgarisation des cultures à forte valeur. En réponse à ces défis sectoriels liés de manière indissociable, l'adoption coordonnée de mesures synergiques par différents secteurs s'impose.

Ces défis sont tous directement ou indirectement liés à l'eau et ont été classés en trois groupes :

- Défis liés à la gestion de l'eau du point de vue du développement économique et de la sécurité hydrique
- Défis liés à la durabilité économique, sociale et environnementale du secteur agricole, et plus particulièrement des agrosystèmes oasiens
- Défis liés à la sécurité énergétique et au développement des énergies, notamment des énergies renouvelables et leur potentiel à transformer la gestion de l'eau et l'agriculture.

L'ensemble de solutions nexus se compose de 15 solutions applicables et hautement prioritaires relevant du domaine de la gouvernance et de la coopération internationale, des instruments économiques et politiques, et des infrastructures et de l'innovation.

Les solutions se composent de 65 actions qui doivent être adoptées par les différents acteurs dans le secteur de l'eau, de l'énergie, de l'alimentation et de l'environnement. Si chaque solution relève d'un secteur donné auquel il incombe de diriger sa mise en œuvre, des acteurs issus d'autres secteurs jouent souvent un rôle de soutien essentiel et la coopération intersectorielle garantit l'efficacité des solutions. Sur un plan plus stratégique, sans pour autant cesser de contribuer au développement sectoriel, l'application simultanée et coordonnée de plusieurs solutions favorisera également la réalisation des objectifs intersectoriels comme une planification cohérente pour le développement durable, une résilience locale améliorée et une économie circulaire, tout en minimisant les arbitrages intersectoriels et les effets négatifs, et en tirant le meilleur parti des synergies. Le recours à l'approche nexus à des fins de mise en œuvre contribuerait à la réalisation d'objectifs communs, tels que l'Agenda 2030 pour le Développement Durable et les engagements internationaux pour le climat dans le cadre de l'Accord de Paris.

L'utilisation de l'approche nexus pour assurer la gestion du SASS présente des avantages multiples et son application peut considérablement contribuer au développement de la coopération transfrontière.

Cette évaluation nexus dans le bassin du SASS a été réalisée au titre de la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Convention sur l'eau), en appliquant une méthode d'évaluation[2] élaborée dans le cadre de cette Convention, en étroite collaboration avec le Partenariat Mondial pour l'Eau-Méditerranée et l'Observatoire du Sahara et du Sahel, dans le cadre du projet « Agir pour la coopération dans le secteur de l'eau en Méditerranée (Med Water Matchmaker) », financé par l'Agence suédoise de coopération internationale pour le développement. L'évaluation établit également des synergies avec le Programme Eau, Climat et Développement (WACDEP) du GWP.

[2] Des informations concernant la méthode sont disponibles à l'adresse suivante : http://www.unece.org/env/water/nexus.html

1. Introduction

1.1 Finalité, objectif et public cible

L'utilisation optimale de ressources naturelles limitées en vue d'atteindre le développement durable est une tâche ardue pour les gouvernements qui devient encore plus complexe dans un contexte transfrontalier. Elle suppose en effet de maximiser les avantages mutuels, de minimiser les compromis et de créer des synergies entre des politiques sectorielles différentes, mais aussi entre les pays. À cet effet, l'approche nexus offre un cadre très utile pour comprendre les liens intersectoriels et trouver des solutions pertinentes et réalisables conduisant à l'amélioration de la sécurité hydrique, énergétique et alimentaire, tout en préservant les écosystèmes et leurs fonctions.

Appliquée au Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), que se partagent l'Algérie, la Libye et la Tunisie, l'approche nexus vise à renforcer la cohérence des politiques et la coordination des actions en faveur d'une gestion durable des ressources dans le bassin. Plus précisément, l'évaluation nexus poursuit les objectifs suivants :

- améliorer les connaissances relatives aux liens, aux avantages mutuels, aux compromis et aux synergies intersectoriels ;
- envisager et rechercher de nouvelles possibilités de collaboration susceptibles de ne pas avoir été examinées jusqu'alors, et les saisir pour suggérer la mise en place des mesures et des actions politiques concrètes au niveau national mais aussi transfrontalier ;
- renforcer les capacités dans les trois pays afin d'évaluer les impacts intersectoriels de l'utilisation et de la gestion des ressources, et de remédier aux problèmes rencontrés.

Les membres du Mécanisme de Concertation du SASS, organe conjoint de coopération transfrontalière dans le bassin, ainsi que les représentants des ministères chargés de l'eau, de l'énergie, de l'agriculture et de l'environnement en Algérie, en Libye et en Tunisie, constituent le principal public cible de l'évaluation nexus. Plus largement, l'évaluation nexus peut présenter un intérêt pour les organisations professionnelles (par exemple les syndicats agricoles), les organisations non gouvernementales (notamment les associations des usagers d'eau), les instituts de recherche et d'autres parties prenantes.

L'évaluation nexus est menée par la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU), le Partenariat Mondial pour l'Eau-Méditerranée (GWP-Med) et l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), dans le cadre du projet « Agir pour la coopération dans le secteur de l'eau en Méditerranée » (Med Water Matchmaker), conduit par le GWP-Med et financé par l'Agence suédoise de coopération internationale pour le développement (ASDI). Elle établit des synergies avec le Programme Eau, Climat et Développement (WACDEP) du GWP.

1.2 Pourquoi le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS)

Couvrant une superficie de plus d'un million de kilomètres carrés, le SASS est la plus importante réserve d'eaux souterraines transfrontalières de l'Afrique du Nord. Cependant, ses ressources hydriques sont pour la plupart non renouvelables : leur renouvellement se limite à environ un milliard de mètres cubes par an. Au cours des dernières années, le développement socioéconomique du bassin ainsi que les progrès technologiques réalisés dans la foration ont entraîné une augmentation constante du captage de l'eau. Aujourd'hui, le volume de prélèvement d'eau de l'aquifère est trois fois supérieur à son taux de renouvellement. Les effets qui en résultent, tels que l'épuisement des ressources hydriques, la salinisation, la disparition de l'artésianisme, la dégradation des sols, la baisse de la productivité agricole, ou encore l'augmentation de la demande énergétique pour le pompage et la déminéralisation de l'eau, ne sont qu'une partie des problèmes rencontrés par les pays du SASS. Pour garantir le développement durable du bassin, une synergie et une coordination multisectorielles à plusieurs niveaux sont indispensables.

Parallèlement, la volonté et l'action politiques dans la région du SASS ont, jusqu'à présent, jeté des bases solides pour le renforcement de la coopération. Depuis les années 1970, l'Algérie, la Libye et la Tunisie sont parvenues à collaborer dans le domaine de l'échange et de la consultation d'informations, en vue d'éclairer la gestion des ressources en eau ; un des rares cas de collaboration similaire pour les aquifères partagés dans le monde. Créé en 2006, le Mécanisme de Concertation du SASS a pour mandat :

- de produire des indicateurs sur la ressource et la demande en eau ;
- d'élaborer des scénarios de gestion des ressources en eau pour le développement du bassin ;

- de renforcer et actualiser la base de données commune par l'échange de données et d'informations ;

- de développer et gérer des réseaux communs d'observation du système de l'aquifère.

Le Mécanisme de Concertation est composé du Conseil des Ministres, du Comité Technique Permanent, formé par les directeurs généraux des autorités en charge de l'eau dans les trois pays (l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques en Algérie - ANRH, l'Autorité Générale des Ressources en Eau en Libye - GWRA et la Direction Générale des Ressources en Eau en Tunisie - DGRE), de l'Unité de Coordination, des groupes de travail ad hoc et des comités nationaux.

Depuis sa création, le Comité Technique Permanent se réunit chaque année et l'Unité de Coordination est chargée de préparer et de mettre en œuvre le programme de travail, conformément aux décisions du Comité et au budget adopté[3]. Récemment, les pays du SASS ont entamé des discussions visant à examiner les possibilités d'améliorer le fonctionnement ainsi que l'autonomie et la soutenabilité financière du Mécanisme de Concertation et, de ce fait, la coopération transfrontalière.

L'évaluation nexus vise à renforcer la base de connaissances grâce à un travail technique approfondi et à une concertation multipartite. Elle devrait donc alimenter et orienter les processus politiques dont l'objectif est d'établir une gestion durable à long terme du SASS et d'améliorer la coopération transfrontalière et intersectorielle.

1.3 Processus d'évaluation

L'évaluation nexus applique la méthode participative d'évaluation des liens, des compromis et des avantages intersectoriels dans les bassins transfrontaliers, élaborée à cette fin dans le cadre de la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Convention sur l'eau) et adoptée par la Réunion des Parties. Affinée à l'aide des commentaires relatifs à son application et des observations formulées par les principales institutions partenaires, notamment le Partenariat Mondial pour l'Eau-Méditerranée (GWP-Med), la méthode a été publiée en 2018[4].

FIGURE 1 :
Principales étapes du processus participatif de l'évaluation nexus dans le SASS (2017-2019)

[3] Le Coordinateur ou la Coordinatrice du Mécanisme de Concertation est désigné(e) par son pays pour un mandat de deux ans, selon un principe de rotation. Depuis la création du Mécanisme, le Conseil des Ministres ne s'est pas réuni et les groupes de travail ad hoc ainsi que les comités nationaux n'ont pas été constitués.

[4] CEE-ONU, 2018. Méthode d'évaluation des interactions entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes dans les bassins transfrontaliers et enseignements tirés de son application : synthèse. Document disponible à l'adresse : http://www.unece.org/fr/environmental-policy/conventions/water/envwaterpublicationspub/envwaterpublicationspub74/2018/methodology-for-assessing-the-water-food-energy-ecosystems-nexus-in-transboundary-basins-and-experiences-from-its-application-synthesis/doc.html

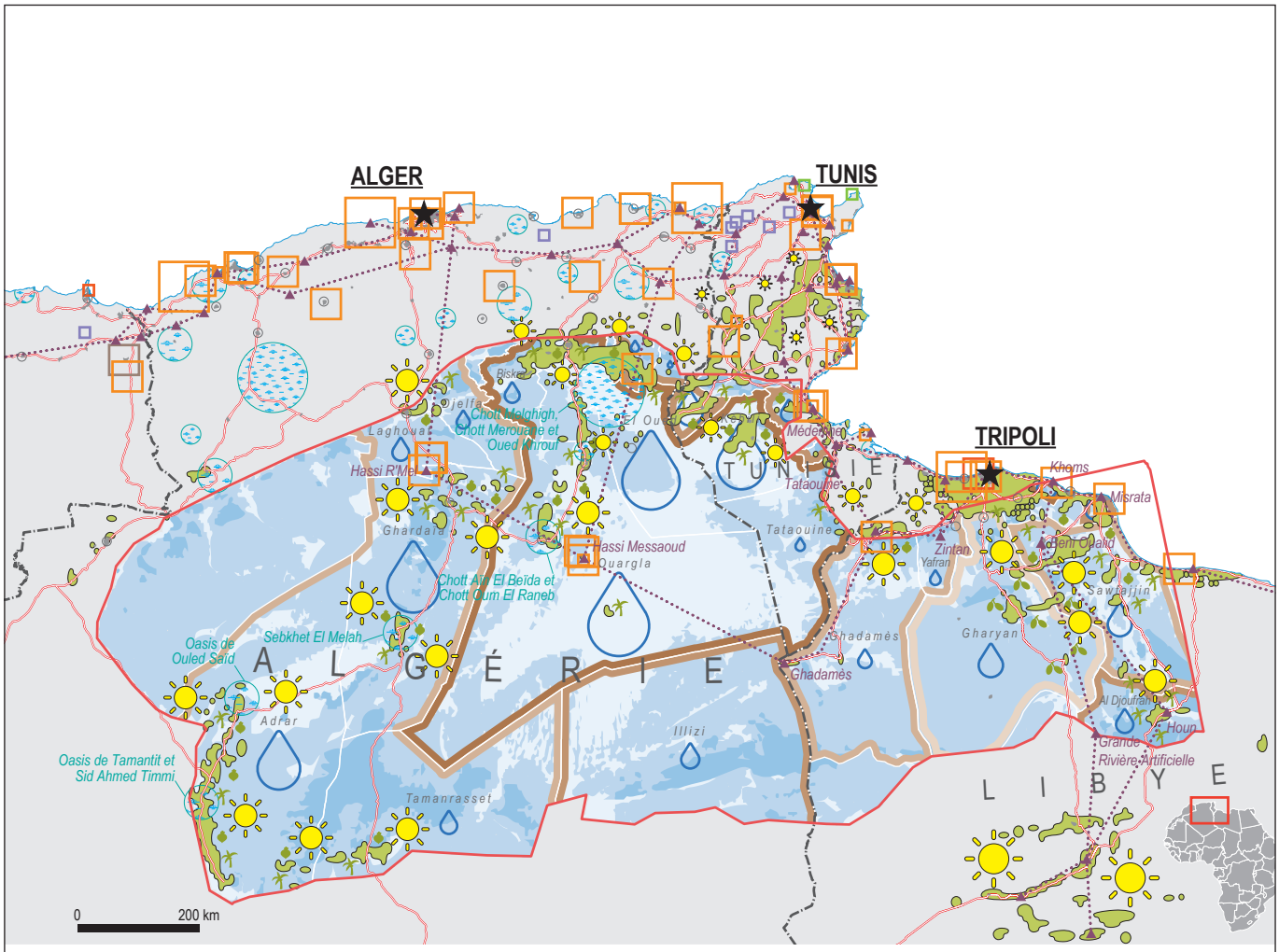
Appliquée au SASS, la méthode associe une analyse technique et un processus de consultation inclusif et méthodologiquement structuré, reposant sur une alternance de consultations nationales et transfrontalières. Un premier atelier transfrontalier a été organisé à Alger, en Algérie, du 18 au 19 juillet 2017, afin de recenser les principaux problèmes et liens intersectoriels, de formuler des objectifs à examiner parallèlement en appliquant la méthode nexus et de définir des mesures envisageables en matière de gestion, de politique et d'infrastructures. Des ateliers nationaux ont eu lieu du 1er au 2 et du 3 au 4 avril 2019 à Hammamet en Tunisie, pour les consultations libyenne et tunisienne respectivement[5]. Ils visaient à détailler les solutions et les mesures proposées et à préciser leurs modalités de mise en œuvre aux niveaux national et transfrontalier, en cohérence avec les stratégies sectorielles ainsi qu'aux initiatives et projets en cours dans chaque pays. Un deuxième atelier transfrontalier a été organisé à Hammamet du 18 au 19 juin 2019, afin de hiérarchiser et de regrouper les solutions en ensembles qui permettront de maximiser la coordination et la synergie des actions et de réaliser les objectifs intersectoriels.

1.4 Structure du rapport

Les résultats du dialogue nexus sont présentés dans un rapport en deux parties : la présente partie A, « Défis et Solutions Nexus », s'appuie sur une deuxième partie plus détaillée intitulée « Évaluation technique des ressources et des secteurs » (partie B), qui sera disponible en ligne. La partie A comprend trois principaux chapitres. Le premier chapitre offre un aperçu des ressources naturelles et des écosystèmes au niveau national, ainsi qu'une description de la situation socioéconomique du bassin. Le deuxième chapitre détaille les enjeux liés aux ressources naturelles dans le SASS et les ensembles de solutions proposés en s'appuyant sur les résultats de l'évaluation nexus. Le troisième chapitre présente les principales caractéristiques et les résultats illustratifs d'un nouveau modèle intégré du nexus eau, alimentation, et énergie dans le SASS, élaboré dans le cadre de l'évaluation nexus. Il démontre le potentiel de ce modèle en matière de quantification des liens intersectoriels et d'éclairage de la prise de décisions. Une liste exhaustive des actions favorisant la mise en œuvre des solutions tenant compte des interactions figure en annexe, de même qu'une liste des organisations et des acteurs dont le rôle à cet égard serait essentiel.

[5] Les parties prenantes de Libye se sont rendues en Tunisie pour la consultation nationale libyenne. L'atelier national pour l'Algérie n'ayant été organisé, la consultation algérienne s'est limitée aux deux ateliers transfrontaliers, ainsi qu'à des échanges avec les experts et les autorités.

FIGURE 2 :
Carte 1. Principales caractéristiques du Système Aquifère du Sahara Septentrional et des régions voisines en matière d'eau, d'agriculture, d'énergie et d'environnement



Sources : Institut royal de technologie de Stockholm (KTH), Banque mondiale, Convention de Ramsar, CIESIN GPW v.4, FAO, Institut des ressources mondiales, base de données mondiale sur les routes du GRIP, Section de l'information géospatiale de l'Organisation des Nations Unies, NaturalEarth, ESRI.

Avis de non-responsabilité : Les frontières et les noms indiqués et les désignations employées sur cette carte n'impliquent pas reconnaissance ou acceptation officielle par l'Organisation des Nations Unies © Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (2020)

Cartographie : Stéphane Kluser (Komplo)

- SASS
- Zone urbanisée
- Site Ramsar
- 75-100% de l'irrigation issue des eaux souterraines
- Réseau de transport d'électricité
- Nœud de transmission d'électricité
- **Ville capitale**
- Autre zone peuplée (> 100 000 habitants)
- Route principale

Profondeur de la nappe souterraine (m)

- <-25
- -25 / -100
- -100 / -335

Prélèvement d'eau par province (km³)

10^5 10^6

Matières dissoutes totales par province (g/l)

- < 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4

Cultures principales

- Palmiers dattiers
- Légumes
- Olives

Centrales électriques

- Gaz
- Fioul
- Charbon
- Hydroélectrique
- Éolienne

Potentiel d'énergie solaire photovoltaïque (kWh / kWc par an)

- < 1 700
- 1 700 - 1 800
- 1 800 - 1 900
- > 1 900

Capacité de production des centrales électriques (MW)

- 1 000-5 000
- 100-1 000
- <100

2. Vue d'ensemble des ressources et de leur utilisation

2.1 Géographie, ressources et climat

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional est situé dans une zone désertique et aride, que se partagent l'Algérie (700 000 km^2), la Libye (250 000 km^2) et la Tunisie (80 000 km^2). Il est constitué de deux aquifères profonds superposés, le Continental intercalaire (CI ; formations diverses grèseux et carbonatées, entre autres) – d'une profondeur qui atteint 3 000 m à certains endroits – et le Complexe terminal (CT ; sables et formations carbonatées) – maximum 500 m de profondeur – en interconnexion avec la plaine tuniso-libyenne de Djeffara[6]. Les précipitations moyennes annuelles n'excèdent pas 150 mm dans la quasi-totalité du bassin du SASS, tandis que les températures, supérieures à 40 °C en été, sont très élevées. La carte 1 donne un aperçu des principales caractéristiques de l'eau, l'agriculture, l'énergie et l'environnement du SASS et de ses environs.

Ressources hydriques

Avec une disponibilité de l'eau proche de 282 m^3/hab/an en Algérie et inférieure à 150 m^3/hab/an en Libye et 400 m^3/hab/an en Tunisie, les trois pays du SASS souffrent d'une rareté d'eau. Les eaux souterraines représentent une part importante des ressources renouvelables (plus de 30 % en Algérie, près de 50 % en Tunisie et plus de 80 % en Libye)[7].

En raison du renouvellement très limité de ses ressources hydriques, estimé à un milliard de m^3 par an pour des réserves en eau de 60 000 milliards de m^3, le SASS est qualifié d'aquifère fossile. Actuellement, les prélèvements d'eau sont trois fois supérieurs à sa capacité de recharge (3,171 milliards de m^3 en 2016). En conséquence, on observe une baisse considérable du niveau piézométrique depuis les années 1950 (qui atteint 140 m dans certaines zones du CI et plus de 50 m dans le CT), ce qui menace sérieusement la durabilité du développement dans le bassin.

Ressources énergétiques

Les combustibles fossiles font partie des ressources naturelles les plus abondantes dans les pays du SASS. Si la Tunisie est un importateur net de combustibles fossiles, l'Algérie et la Libye en sont des exportateurs nets, et se classent parmi les premiers producteurs au monde de gaz naturel et de pétrole brut, respectivement. En 2018, les réserves prouvées de pétrole brut étaient d'environ 12,2 milliards de barils en Algérie, 48,4 milliards de barils en Libye et 425 millions de barils en Tunisie. La même année, les réserves prouvées de gaz naturel avoisinaient 4 504 milliards de m^3 en Algérie, 1 505 milliards de m^3 en Libye et 65,13 milliards de m^3 en Tunisie[8].

En outre, les pays du SASS sont riches en sources d'énergies renouvelables (SER) solaires et éoliennes, en raison de l'important rayonnement solaire horizontal dans les trois pays, et qui augmente du nord au sud dans une fourchette de 1 500 à 2 500 kWh/m^2, et de la vitesse des vents, qui peut atteindre 9,5 m/s à 50 mètres d'altitude, voire davantage à des altitudes plus élevées[9].

Malgré la grande disponibilité des SER, les pays du SASS recourent principalement aux combustibles fossiles pour la production d'électricité. Ainsi, en 2016, celle-ci était de 70 997 GWh en Algérie, dont 69 693 GWh issus du gaz naturel, soit 98,16 % de la production totale ; elle était de 19 808 GWh en Tunisie, dont 18 961 GWh issus du gaz naturel, soit 95,72 % de la production totale ; et elle était de 36 430 GWh en Libye, dont 22 802 GWh issus du gaz naturel et 13 620 GWh issus du pétrole, soit respectivement 62,5 % et 37,3 % de la production totale[10].

Si les trois pays ont élaboré des projets ambitieux pour le déploiement des technologies renouvelables, leur mise en œuvre reste difficile, et les progrès en matière de décarbonisation sont lents. En Algérie, le Programme de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique 2015-2030 vise à mettre en place de nouvelles capacités d'exploitation des SER à hauteur de 4 500 MW d'ici à 2020, pour atteindre un total de 22 000 MW issus des SER d'ici à 2030. En Libye, l'objectif du Plan Stratégique pour le Développement des Energies Renouvelables 2013-2025 est de faire en sorte que la part des SER dans le mix énergétique atteigne 7 % d'ici à 2020 et 10 % d'ici à 2025. Le Plan Solaire Tunisien entend accroître la part des SER à hauteur de 30 % d'ici à 2030, avec une production totale d'électricité assurée à 15 % par l'énergie éolienne, à 10 % par l'énergie solaire photovoltaïque et à 5 % par les centrales solaires[11].

---

[6] Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS ; Diagnostic et recommandations Avril 2015 ; OSS, 2015

[7] Programme Eau, Climat et Développement, 2015. *Integration of climate change impacts in the NWSAS water resources management. Report of Phase A: Definition of the baseline and choice of climatic scenarios.*

[8] Algerie et Libye : Organization of the Petroleum Export Countries, 2019. Data. Disponible à l'adresse : https://www.opec.org/opec_web/en/20.htm
Tunisie : Agence d'information sur l'énergie, 2014. Tunisia: Overview disponible à l'adresse : https://www.eia.gov/beta/international/analysis.php?iso=TUN
et CIA World Factbook, Country overview: Tunisia, Central Intelligence Agency, 2018. Disponible à l'adresse :
https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ts.html#field-anchor-energy-natural-gas-proved-reserves

[9] « Global Solar Atlas » disponible à l'adresse : https://globalsolaratlas.info et « Global Wind Atlas 2.0 » disponible à l'adresse : https://globalwindatlas.info

[10] IEA, Key stats for the countries (Paris, International Energy Agency, 2016) disponible à l'adresse : https://www.iea.org/countries/

[11] IEA et IRENA, 2016, « Renewable Energy and Energy Efficiency Development Plan 2015-2030 » disponible à l'adresse : https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=Algeria ; IEA/IRENA, 2016, « Libya Renewable Energy Strategic Plan 2013-2025 » disponible à l'adresse : https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/?country=Libya et Energy Information Administration (EIA), 2014, Tunisia country overview disponible à l'adresse : https://www.eia.gov/beta/international/analysis.php?iso=TUN

Ressources du sol

Dans le SASS, les sols sont généralement pauvres en matière organique et présentent une forte concentration en sel. Leur formation est due à l'effet du vent sur la roche mère et au régime hydrique caractéristique des zones arides. Leur évolution est très limitée et leur couverture pédologique présente une grande hétérogénéité. Sur près d'un million d'hectares du Sahara ayant fait l'objet d'une cartographie des sols, un peu moins d'un dixième a été jugé irrigable. Il apparaît donc que les sols constituent une lourde entrave à l'agriculture irriguée dans le SASS. Par ailleurs, dans ce climat très sec à forte évaporation, les oasis représentent le mode d'agriculture traditionnel. Une nouvelle agriculture « industrielle » s'est toutefois développée au cours des trente dernières années.

Écosystèmes et biodiversité

Caractéristiques des zones désertiques, les écosystèmes du SASS sont classés en trois principaux types : les agrosystèmes comprenant les oasis ainsi que les périmètres irrigués modernes, les écosystèmes pastoraux s'étendant sur des formations forestières dégradées au désert, et les zones humides d'eau douce (garâas - marais, plans d'eau) ou d'eau salée (sebkhas - dépressions peu profondes d'un bassin non marin fermé, chotts - lacs salés typiques de la région du Maghreb qui restent secs durant la majeure partie de l'année). Fragiles et vulnérables, ces écosystèmes sont sous pression en raison des activités humaines. Ainsi, les pâturages sont transformés en terres cultivables en vue de développer l'agriculture. Les zones humides, qui servent d'habitat à un grand nombre d'oiseaux migrateurs venus de la Méditerranée jusqu'au Sahara, en particulier en hiver, reçoivent moins d'eau et sont exposées à la pollution.

Changement climatique

Les impacts du changement climatique dans le bassin du SASS portent principalement sur l'augmentation de la demande en eau, aussi bien pour les besoins domestiques qu'agricoles conduisant à une pression additionnelle sur les ressources en eau et le risque de leur dégradation. Les risques ne se limitent pas aux volumes additionnels de prélèvements et à la réduction de la recharge dans la zone de la Djeffara, mais se manifestent encore plus sur le plan de la qualité de l'eau par la salinisation et par l'inversion des flux, des chotts vers la nappe, à la suite de la baisse des niveaux piézométriques. Ainsi, les agriculteurs ne peuvent échapper à des interventions coûteuses pour l'amélioration de la qualité de l'eau, telles que l'installation d'unités de dessalement d'eau, nécessaires pour éviter des chutes de rendements et des pertes de revenus. Par ailleurs, les rendements des cultures peuvent chuter en raison des effets combinés des températures excessives et de la sécheresse. À l'horizon 2050, les baisses de rendements des cultures sont estimées à 25 % par rapport à 2010 (avec 32 % pour le grenadier et 15 % pour le palmier dattier). Les chutes des productions pastorales en biomasse aérienne et en unités fourragères peuvent atteindre 70 % en fonction de la vulnérabilité des milieux et des écosystèmes[12].

Dans leurs politiques et stratégies nationales de changement climatique, les pays du SASS ont programmé un ensemble d'actions d'adaptation, qui, bien qu'elles ne ciblent pas spécifiquement l'écosystème oasien du SASS, peuvent être exploitées pour construire une action conjointe à l'échelle transfrontalière tirant profit et mettant en synergie les interrelations entre les secteurs de l'eau, de l'alimentation, de l'énergie et des écosystèmes (valorisation des eaux non conventionnelles, lutte contre la désertification, amélioration de la résilience de l'agriculture, utilisation de l'énergie solaire en agriculture, etc.).

2.2 Situation socioéconomique et principale utilisation de l'eau dans le SASS

Population

La population du SASS compte 4,8 millions d'habitants, dont environ 70 % vit en zones urbaines. La densité la plus forte est enregistrée à Gabès, en Tunisie, avec 51 habitants par km^2, et la plus faible à Adrar, en Algérie, avec 1 habitant au km^2. Le taux de croissance est faible dans les trois pays (environ 2 %), la Tunisie affichant le niveau le plus bas (1,09 %)[13].

Utilisation de l'eau et performances du secteur agricole dans le SASS

L'agriculture est l'activité qui consomme le plus d'eau dans les trois pays (près de 60 % de la consommation en Algérie et 80 % en Libye et en Tunisie). Dans le SASS, la surface totale irriguée avoisine 250 000 ha (170 000 en Algérie, 40 000 en Libye et 40 000 en Tunisie). Atteignant en moyenne 42,4 % dans la totalité du bassin, l'efficacité de l'irrigation est très faible. La mauvaise gestion de l'irrigation impacte les sols et leur fertilité (salinisation des sols, hydromorphie provoquée par un drainage insuffisant, dégradation de la fertilité). On estime la perte de sols à 4 300 ha par an sur les 170 000 ha que compte l'Algérie et à 300 ha par an sur les 40 000 ha tunisiens. Outre les dommages causés à la qualité écologique des terres, leur capacité de production agricole est réduite, de même que la productivité de l'eau utilisée. Ainsi, la productivité actuelle pour les dattes est de 0,32 kg/m^3, alors qu'elle peut être supérieure à 0,50 kg/m^3. Cette faible productivité physique et économique du capital naturel expose la population locale à une vulnérabilité économique sans précédent, et la conduit à émigrer pour trouver d'autres sources de revenus[14].

[12] La première évaluation quantitative des impacts directs et indirects du changement climatique dans le bassin du SASS a été conduite par le GWP-Med dans le cadre du Programme Eau, Climat et Développement (WACDEP)
[13] Banque Mondiale. Statistiques. Disponible à l'adresse : https://donnees.banquemondiale.org/
[14] Programme Eau, Climat et Développement, 2015. *Integration of climate change impacts in the NWSAS water resources management. Report of Phase A: Definition of the baseline and choice of climatic scenarios*

3. Défis sectoriels et solutions nexus

Aborder les défis liés aux ressources naturelles présentes dans le bassin du SASS suppose nécessairement l'examen du nexus à travers le « prisme de l'eau ». En conséquence, les défis présentés dans le présent chapitre, mis en lumière à l'occasion d'une consultation avec les acteurs locaux[15], se rapportent tous directement ou indirectement à l'eau. À partir de la discussion menée lors de l'atelier, elles ont été classées en trois groupes : les défis liés à la gestion de l'eau du point de vue du développement économique et de la sécurité hydrique ; ceux liés à la durabilité (économique, sociale et environnementale) du secteur agricole et, plus particulièrement, des agrosystèmes de l'oasis ; et ceux liés à la sécurité énergétique et au développement des énergies dans le bassin, notamment en ce qui concerne les énergies renouvelables et leur potentiel pour l'innovation en matière d'agriculture et de gestion de l'eau.

Cette catégorisation est utile pour décrire les problèmes que rencontre chaque secteur, en adoptant la perspective de chacun de ces secteurs. Cependant, l'élaboration de politiques à l'aide de l'approche nexus suppose de prendre simultanément en compte différentes perspectives et de définir les arbitrages entre, d'une part, les politiques et les objectifs sectoriels, et de l'autre, les cibles communes qui doivent rester prioritaires pour les gouvernements. Du fait de la raréfaction des ressources et des pressions croissantes exercées sur celles-ci, cet exercice devient primordial pour garantir le bien-être et la stabilité dans le bassin et prévoir les évolutions futures de manière plus stratégique.

Les défis rencontrés par les différents secteurs sont étroitement liés, essentiellement en raison de la dépendance de tous les secteurs envers les ressources communes en eaux souterraines qui deviennent de plus en plus rares alors que la demande augmente. Cependant, les réponses politiques sont également liées les unes aux autres par les conséquences intersectorielles indirectes et souvent non intentionnelles de mesures spécifiques telles que les subventions accordées aux énergies, le déploiement des énergies renouvelables ou la vulgarisation des cultures à forte valeur ajoutée. C'est pourquoi nous proposons, en réponse à ces « problèmes sectoriels » de mettre en place des « solutions nexus » , c'est-à-dire des séries de mesures synergiques à prendre de façon coordonnée dans les différents secteurs. Les solutions décrites dans le présent rapport ont été développées pour le SASS. Elles se présentent sous forme d'un « ensemble de solutions » exhaustif, qui dresse les mesures coordonnées et collaboratives pouvant être prises à différentes échelles (locale, nationale et transfrontalière). Elles entendent anticiper et atténuer les effets négatifs qu'aurait l'élaboration strictement sectorielle des politiques, mais aussi tirer parti des avantages potentiels de la coopération.

3.1 Défis rencontrés dans les secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation

Les politiques sectorielles répondent aux défis rencontrés par les différents segments de gouvernance en matière de gestion des ressources naturelles dans le SASS. Nous nous intéressons ici aux trois grands « secteurs » de l'eau, de l'alimentation et de l'énergie, définis de la façon suivante :

- secteur de l'eau : mobilisation des ressources en eau et préservation des eaux fossiles, irrigation, services d'eau, traitement, amélioration de la qualité et réutilisation de l'eau ;
- secteur de l'énergie : production d'énergie, approvisionnement énergétique et accès à l'énergie, gestion du réseau électrique ;
- secteur de l'alimentation : agriculture et utilisation des terres, production alimentaire, commercialisation et commerce, nutrition et régime alimentaire.

Les politiques de ces secteurs sont dictées par des objectifs de développement spécifiques, des besoins sociétaux et des considérations économiques relatives aux producteurs, aux consommateurs et aux utilisateurs des ressources hydriques, énergétiques et alimentaires. Outre ces secteurs économiques, il convient de tenir compte du « secteur » de l'environnement, défini comme suit :

- secteur de l'environnement : protection des écosystèmes et de leurs services[16] (mise à disposition, réglementation, habitats, aspects culturels) et biodiversité.

Les politiques environnementales et la gouvernance en matière d'environnement existent essentiellement dans le but de préserver et protéger les écosystèmes et la biodiversité, ressources indispensables à la vie en général et essentielles aux secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation. Les défis environnementaux étant principalement causés par des pressions sectorielles, ils ne sont pas analysés séparément mais sous-tendent les autres perspectives sectorielles (eau, énergie et alimentation).

[15] Atelier participatif organisé à Alger en 2017. Pour davantage d'informations, voir l'adresse suivante : https://www.unece.org/info/media/presscurrent-press-h/environment/2017/assessment-launched-to-reinforce-cooperation-between-algeria-libya-and-tunisia-in-managing-shared-groundwater-resources/doc.html

[16] Une description plus détaillée des services écosystémiques figure sur le site Internet de l'Économie des écosystèmes et de la biodiversité (en anglais *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, ou TEEB), disponible à l'adresse : http://www.teebweb.org/

TABLEAU 1 :
Perspectives sectorielles de l'eau, de l'alimentation et de l'énergie sur le défi commun de la dégradation de l'aquifère

Défi commun	Secteur de l'eau	Secteur de l'énergie	Secteur de l'alimentation
La dégradation de l'aquifère du SASS compromet le développement	E1. Réduire la vulnérabilité des activités économiques et leur dépendance aux ressources en eaux souterraines	Én1. Gérer l'augmentation de l'usage de l'énergie et réduire le pompage excessif	A1. Gérer l'augmentation de la demande en eau et réduire les pertes liées à l'irrigation
	E2. Gérer le risque croissant d'intrusion saline en provenance des chotts	Én2. Répondre aux demandes futures d'énergie pour le traitement de l'eau (eaux saumâtres, eaux usées)	A2. Gérer la salinisation de l'eau et des sols dans le secteur de l'agriculture
	E3. Lutter contre la dégradation des écosystèmes et ses effets sur la santé publique	Én3. Assurer l'approvisionnement en électricité dans les zones rurales	A3. Faire face aux impacts sociaux de la dégradation des ressources naturelles

Source : Résultat du dialogue régional et intersectoriel lors du premier atelier régional nexus dans le SASS, organisé à Alger, en 2017.

3.1.1 La perspective du secteur de l'eau

Aujourd'hui, le développement socioéconomique des pays du SASS est résolument lié à l'utilisation des eaux souterraines, principale ressource en eau accessible à une grande partie de la population. D'un côté, les politiques agricoles incitent à développer l'irrigation par les eaux souterraines ; de l'autre, les gouvernements ont du mal à élaborer et à mettre en œuvre à grande échelle des mesures d'atténuation suffisantes pour assurer la préservation et l'utilisation efficace des ressources en eau. La croissance démographique et le changement climatique aggravent encore cette situation. Aujourd'hui, l'aquifère du SASS plus particulièrement est soumis à la dégradation dans certaines zones et les nappes phréatiques risquent fort de s'assécher.

De manière générale, les réseaux d'approvisionnement en eau enregistrent des pertes importantes et dont le coût de réduction est élevé , et cela vaut également pour les systèmes d'irrigation. La consommation d'eau atteint environ 13 520 m^3/ha en Algérie, 9 134 m^3/ha en Libye et environ 13 266 m^3/ha en Tunisie[17]. Moins de la moitié de l'eau d'irrigation est réellement utilisée, et tout le reste est gaspillé en raison de l'inefficacité des systèmes d'irrigation. Ces derniers ont en effet une efficacité moyenne de 42,4 % dans la région, qui peut atteindre 60 % à certains endroits. En termes de volume, on estime que les pertes s'élèvent à environ 2 500 m^3/ha[18]. Au niveau des usagers, les tarifs de l'eau et les frais facturés pour l'eau d'irrigation (lorsqu'ils existent) n'encouragent pas l'utilisation rationnelle, la réutilisation et les économies d'eau. Les cadres juridiques visant à contrôler l'utilisation des eaux souterraines sont insuffisants ou peu appliqués. En ce qui concerne la gouvernance, l'équilibre entre décentralisation et centralisation de la gestion de l'eau fait face à des difficultés qui sont exacerbées par un manque de concertation entre acteurs dans les mécanismes décisionnels et par des capacités institutionnelles insuffisantes, en particulier à l'échelle locale.

L'ampleur des prélèvements d'eau et la mauvaise qualité du drainage peuvent mettre en péril l'équilibre hydrologique déjà fragile de l'aquifère et accroître les risques de salinisation, notamment en raison d'intrusions salines en provenance des chotts. La salinisation et la pollution des nappes phréatiques rendent les eaux souterraines moins utilisables, en particulier pour la boisson et l'approvisionnement domestique, mais également pour l'agriculture. De plus, la diminution de la productivité des sols et des rendements agricoles (surtout pour les cultures sensibles au sel) est souvent compensée par des extensions illégales des périmètres irrigués et par un recours accru aux engrais et aux produits phytosanitaires, ce qui intensifie encore les prélèvements d'eau et nuit à la qualité de l'eau.

[17] *Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS ; Diagnostic et recommandations Avril 2015 ; OSS, 2015*
[18] Programme Eau, Climat et Développement pour l'Afrique (WACDEP), 2015. *Integration of Climate Change Impacts In The NWSAS Water Resources Management. Report of phase A: Definition of the baseline and choice of climatic scenarios*

La dégradation de l'aquifère du SASS affecte de nombreux écosystèmes qui dépendent des eaux souterraines : sebkhas, parcs nationaux, *wadis*, sources, zones humides, ainsi que les sites Ramsar présents dans la région du bassin. Dans certains cas, l'absence de réseaux d'assainissement dans les oasis et les centre urbains et l'utilisation de pompes diesel pour l'irrigation aggravent la pollution de l'eau et les problèmes de santé publique qui y sont liés, en particulier lorsque les agriculteurs sont exposés à des effluents liquides stagnants à proximité de chez eux.

TABLEAU 2 :
Défis rencontrés dans le secteur de l'eau

E1 : Réduire la vulnérabilité des activités économiques et leur dépendance aux ressources en eaux souterraines	E2 : Gérer le risque croissant d'intrusion saline en provenance des chotts	E3 : Lutter contre la dégradation des écosystèmes et ses effets sur la santé publique
Principaux défis à affronter : • Difficultés à faire des arbitrages entre différents besoins en eau (y compris environnementaux) tout en donnant la priorité à l'eau potable et à l'agriculture • Difficultés à faire appliquer les réglementations en matière d'eau et d'environnement, et en particulier à imposer des sanctions • Coûts élevés de l'entretien des réseaux d'eau et des systèmes d'irrigation et de drainage • Difficultés à gérer les prélèvements des ressources fossiles non renouvelables à partir de forages illicites	**Principaux défis à affronter :** • Salinisation des eaux et risques d'intrusion saline dans les nappes de surface • Intrusion marine croissante dans la Djeffara (Libye et Tunisie) • Détérioration de la qualité de l'eau potable en raison de la salinité et de la pollution • Absence/faiblesse dans la gestion des eaux de drainage agricole, leurs rejets sans traitement entraînant une dégradation des eaux des nappes phréatiques	**Principaux défis à affronter :** • Conséquences des pénuries d'eau localisées et de la dégradation de l'environnement sur l'économie locale (notamment l'agriculture et le tourisme) • Approvisionnement en eau et assainissement inadaptés, augmentant les risques de maladies liées à l'eau • Pollution des exutoires et des zones humides, entraînant des répercussions pour les communautés et les espèces sauvages • Nécessité de réduire les coupures d'eau potable dans les zones isolées

3.1.2 Perspectives du secteur de l'énergie

Les demandes croissantes en énergie dans le bassin du SASS sont essentiellement dues au développement du secteur agricole. L'accès à des sources d'énergie peu coûteuses contribue à l'essor de l'irrigation par les eaux souterraines captées dans des puits de surface. Ces derniers, initialement situés dans le nord du bassin, se sont progressivement multipliés dans l'ensemble de l'aquifère, et les opérations de forage sont devenues de plus en plus difficiles à réglementer, à contrôler et à surveiller.

Ces importants prélèvements d'eau ont entraîné un abaissement notable de la nappe phréatique, une réduction des niveaux piézométriques et un épuisement des puits de surface et des foggaras (anciens systèmes traditionnels d'approvisionnement en eau dans les oasis). Confrontés à ces problèmes, les agriculteurs ont tendance à creuser des puits plus profonds (ce qui a pour effet d'accroître la hauteur de refoulement et d'augmenter leur consommation d'énergie et leur facture énergétique[19]). L'existence de subventions généreuses concernant l'électricité et le diesel a jusqu'ici favorisé ces évolutions et n'a pas encouragé l'amélioration de l'efficacité énergétique et hydrique des systèmes de pompage.

La disponibilité des ressources en eau douce étant de plus en plus réduite, il faut davantage d'énergie pour traiter, dessaler et déminéraliser l'eau provenant de sources non conventionnelles, et il y a par ailleurs de plus en plus d'eaux usées à traiter, une nécessité de plus en plus pressante. Les besoins en énergie se

[19] OSS, 2015. *Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS ; Diagnostic et recommandations.* Document disponible à l'adresse : http://www.oss-online.org/sites/default/files/publications/OSS-SASS-Recomm-SASS_Fr.pdf

situent entre 0,5 et 2,5 kWh/m^3 pour le dessalement des eaux saumâtres par osmose inverse[20] et entre 0,26 et 0,84 kWh/m^3 pour le traitement des eaux usées[21]. Selon la qualité de l'eau traitée en vue de l'usage final, ces besoins peuvent être plus ou moins importants (eau potable ou irrigation de plantes non comestibles, par exemple). De manière générale, le traitement de l'eau entraîne par ailleurs des conséquences sociales et environnementales auxquelles il convient de faire face (élimination des saumures, acceptation sociale, etc.).

Malgré le taux d'électrification élevé des trois pays qui se partagent l'aquifère du SASS, certaines zones rurales n'ont encore qu'un accès intermittent à l'électricité en raison d'une hausse de la demande en énergie (notamment pour la climatisation) qui accroît la pression exercée sur le réseau électrique. Parmi les différentes solutions disponibles, l'énergie solaire présente un potentiel intéressant à la fois pour l'approvisionnement domestique et pour l'export et permet une production à grande ou petite échelle, via le réseau ou hors réseau. Cependant, les pays du SASS étant extrêmement dépendants des combustibles fossiles, le déploiement des énergies renouvelables n'y sera possible qu'au moyen d'importants efforts économiques et politiques.

TABLEAU 3 :
Défis rencontrés dans le secteur de l'énergie

É1 : Répondre aux demandes croissantes liées au pompage	É2 : Répondre aux demandes futures d'énergie pour le traitement de l'eau (eaux saumâtres, eaux usées, eaux de drainage)	É3 : Assurer l'approvisionnement en électricité dans les zones rurales
Principaux défis à affronter : • Nécessité de mettre en place une réponse locale à la pression croissante exercée sur le réseau électrique par l'irrigation • Nécessité de tenir compte des conséquences économiques de la demande croissante en matière de pompage et de la hausse des coûts de l'énergie (par exemple en raison d'une révision des subventions) sur la capacité des agriculteurs à payer leur énergie	**Principaux défis à affronter :** • Difficultés d'approvisionnement en énergie (renouvelable) dans des lieux isolés, à petite échelle et hors réseau • Problèmes d'accessibilité liés au déploiement et à la complexité d'entretien de technologies de traitement des eaux non-conventionnelles en milieu rural (par exemple pour la déminéralisation des eaux saumâtres à des fins d'irrigation) • Nécessité de rompre la causalité non intentionnée entre la disponibilité de l'énergie peu chère et l'intensification du pompage (et par conséquent plus de demande en énergie)	**Principaux défis à affronter :** • Nécessité de réduire les coupures d'électricité dans les zones isolées • Difficultés à déployer l'énergie solaire pour accroître la durabilité de la production d'énergie (en transformant les systèmes énergétiques fondés sur les combustibles fossiles) • Manque de clarté concernant les besoins futurs en énergie (incluant le traitement de l'eau et les demandes en énergie non liées au pompage)

3.1.3 Perspectives du secteur de l'alimentation

La gouvernance et la gestion des ressources en eau dans l'agriculture souffrent de graves défaillances dans le SASS[22]. Cela s'explique d'une part par le développement de l'agriculture, et d'autre part par les contraintes socioéconomiques qui pèsent sur les agriculteurs. En effet, ces derniers cherchent généralement à améliorer leur productivité grâce à une simplification globale de leurs pratiques agricoles, ce qui entraîne une perturbation des systèmes hydrauliques traditionnels et des structures organisationnelles connexes dans les oasis.

[20] CESAO, 2013. ESCWA Water Development Report 3:*Role of Desalination in Addressing Water Scarcity*. Document disponible à l'adresse : https://www.unescwa.org/publications/escwa-water-development-report-3-role-desalination-addressing-water-scarcity
[21] Guerrini *et al.*, 2017. « Energy Efficiency Drivers in Wastewater Treatment Plants: A Double Bootstrap DEA Analysis ». MDPI, *Sustainability*, vol. 9, p. 1126
[22] OSS, 2014. *Pilotes de démonstration agricole dans le bassin du SASS – Vers une agriculture durable et rentable au Sahara*. Document disponible à l'adresse : http://www.oss-online.org/sites/default/files/publications/OSS-SASS-PDA_Fr.pdf

L'assèchement des sources naturelles, la baisse du niveau des eaux souterraines ainsi que leur salinité et leur pollution croissantes rendent la mobilisation d'eau de plus en plus fastidieuse. Les agriculteurs sont toutefois peu incités à réduire leur consommation d'eau ou à s'attaquer aux pertes d'efficacité, du moins à court terme, car le coût de l'accès à l'eau et à l'énergie (y compris pour des puits plus profonds) ne correspond pas au coût réel de l'épuisement des eaux souterraines. Cela limite considérablement la mise en œuvre des solutions techniques et entrepreneuriales disponibles aux agriculteurs pour réduire leur consommation d'eaux souterraines (réduction des pertes, réutilisation des eaux de drainage, utilisation de sources d'eau non conventionnelles, passage à des cultures moins consommatrices en eau, gestion durable des sols, etc.).

Le problème de la salinisation est directement lié à de mauvaises pratiques en matière d'irrigation et de drainage. L'eau se mélange en effet entre les différentes couches aquifères à cause de la percolation des excédents d'eau d'irrigation chargés en sel vers les eaux souterraines et de fuites au niveau des forages qui captent plusieurs aquifères à la fois (nappe phréatique, CT et/ou CI). L'intrusion marine, l'inversion des écoulements des chotts, la pollution due aux excès d'eaux de drainage et la contamination par les eaux usées municipales, urbaines et industrielles sont autant de facteurs qui finissent par rendre l'eau moins utilisable pour l'agriculture. Les sols agricoles se dégradent ainsi de plus en plus, ce qui incite les agriculteurs à utiliser davantage d'intrants chimiques ou à exploiter de nouvelles zones de culture (par exemple d'anciens pâturages), ce qui accentue la compétition sur les ressources.

Les mesures politiques et réglementaires visant à contrôler le nombre de puits ou les volumes d'eaux prélevés (en augmentant le coût de l'énergie, par exemple) sont peu appliquées ou difficiles à mettre en œuvre, notamment parce qu'elles risquent d'avoir des répercussions disproportionnées sur les petits agriculteurs qui sont déjà plus vulnérables au coût de l'accès à l'eau, aux effets de la dégradation des ressources naturelles (sols et eau) et aux évènements extrêmes (inondations et sécheresses).

TABLEAU 4 :
Défis rencontrés dans le secteur de l'alimentation

A1 : Gérer l'augmentation de la demande en eau et réduire les pertes liées à l'irrigation	A2 : Gérer la salinisation de l'eau et des sols dans le secteur de l'agriculture	A3 : Faire face aux impacts sociaux de la dégradation des ressources naturelles
Principaux défis à affronter :	**Principaux défis à affronter :**	**Principaux défis à affronter :**
• Dégradation des infrastructures et mauvaise gestion des systèmes d'irrigation et de drainage • Difficultés à faire appliquer les lois et cadres réglementaires existants en matière de préservation des eaux souterraines et à assurer leur suivi • Inégalités croissantes entre petits et grands exploitants agricoles, liées à leur capacité à avoir accès à l'eau • Coordination insuffisante avec les secteurs clés (énergie et gestion de l'eau) pour corriger au niveau politique les biais provoqués par le faible coût de l'énergie et de l'eau • Financements très insuffisants pour réaliser les interventions nécessaires en matière d'infrastructures, de gestion de l'eau, de formation	• Difficultés à adapter la production agricole à la dégradation des ressources en eau et des sols • Obstacles techniques et culturels à la réduction de la salinisation due à l'irrigation et au drainage, mais également de la pollution (qu'elle soit chimique – engrais et pesticides – ou biologique – déchets animaux) • Obstacles financiers à la désalinisation de l'eau souterraine	• Dichotomie apparente entre développement socioéconomique et durabilité de l'agriculture • Lourdes conséquences de la réduction des rendements, de la baisse de productivité de l'eau et des sols et de la perte de terres cultivables sur le revenu des agriculteurs • Conséquences des changements d'affectation des terres, de la dégradation des sols agricoles et de l'abandon des oasis (aggravées par la désertification naturelle et le changement climatique) • Marché insuffisant et manque de valorisation pour les produits locaux et les variétés locales de dattes (en raison de la forte demande pour la variété deglet nour) • Exode rural (qui concerne en particulier les nouvelles générations) et abandon des systèmes agricoles traditionnels

3.2 « Approche nexus » pour la gestion des ressources naturelles dans le SASS

Les politiques stratégiques des secteurs concernés par le nexus peuvent être différentes d'un pays à l'autre, car elles ne répondent pas aux mêmes ambitions, aux mêmes contraintes et aux mêmes besoins. Ces facteurs peuvent avoir une influence déterminante sur les structures de gouvernance, mais également sur les cadres institutionnels et juridiques de référence. En revanche, tous les secteurs partagent au moins un objectif commun : se développer durablement en utilisant les ressources (naturelles, humaines et économiques) de façon optimale et avec un maximum d'efficacité. Chaque secteur doit « faire sa part » et tenir compte de cet objectif commun dans ses propres stratégies et politiques, et il est essentiel que le secteur de l'environnement contribue activement à ces efforts, non seulement en aidant les secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation à faire face aux problèmes liés à l'environnement, mais aussi en prenant l'initiative de mesures environnementales plus vastes.

Les problèmes sectoriels étant étroitement liés les uns aux autres, un manque de coordination peut donner lieu à des résultats décevants, voire à des conséquences inattendues dans d'autres secteurs. Le tableau ci-dessous illustre les principaux effets intersectoriels qui justifient une plus grande coordination entre les secteurs.

TABLEAU 5 :
Synthèse des incidences intersectorielles

	Secteur de l'eau	Secteur de l'énergie	Secteur de l'alimentation	Secteur de l'environnement
Ressources hydriques		Augmentation du captage de l'eau également suscitée par le faible coût et les subventions dont bénéficie l'énergie	Forte demande en eau et pollution liées à l'agriculture (sous l'influence des régimes alimentaires et des marchés)	Conséquences de la dégradation constante de l'environnement (et du manque de sensibilisation à celle-ci) sur la disponibilité des ressources hydriques pour tout type d'utilisation
Ressources énergétiques	Demande énergétique croissante pour le pompage et l'adduction		Demande énergétique croissante pour de multiples usages et de nouvelles exigences (par exemple le dessalement et le traitement de l'eau)	Demande énergétique accrue pour le pompage, en raison de l'assèchement des sources naturelles
Ressources alimentaires	Rendements plus faibles dus à la salinisation des sols (en raison de l'utilisation d'eau salée) et à la difficulté d'accès à l'eau dans certains endroits	Difficultés de production d'aliments dans les zones reculées où l'accès à l'énergie est difficile ou onéreux		Baisse de la productivité aggravée par le manque de sensibilisation aux questions environnementales et au changement climatique
Écosystèmes	Conséquences de l'épuisement et de la dégradation des ressources en eaux souterraines sur le fonctionnement et la biodiversité des écosystèmes	Émissions de gaz à effet de serre issues d'un système énergétique reposant sur les combustibles fossiles ; pollution locale causée par les pompes diesel	Incidence des pratiques agricoles (par exemple un drainage insuffisant) sur la qualité des sols et l'utilisation des terres ; abandon des variétés traditionnelles (demande en dattes de la variété deglet nour, par exemple).	

3.2.1 « Ensemble de solutions nexus » pour le SASS

Pour garantir la cohérence entre les politiques (en minimisant les compromis et les effets négatifs intersectoriels et en maximisant les synergies), les mesures prises dans les différents secteurs doivent être *synergiques*. Le paragraphe suivant présente un *ensemble de solutions nexus* et indique comment les secteurs peuvent se coordonner pour le mettre en œuvre.

Cet ensemble se compose de 15 solutions réalisables et hautement prioritaires dans les domaines suivants : 1) gouvernance et coopération internationale, 2) instruments économiques et politiques, et 3) infrastructures et innovation. Chacune de ces solutions comprend une série d'actions que des acteurs donnés doivent mettre en œuvre dans un ou plusieurs des quatre secteurs concernés (eau, énergie, alimentation et environnement). Ces solutions peuvent notamment être appliquées de manière simultanée et coordonnée afin d'atteindre des *objectifs intersectoriels* (tout en contribuant aux objectifs de développement de chaque secteur), en minimisant les compromis et les effets négatifs intersectoriels et en maximisant les synergies.

Les sections 3.2.2 et 3.2.3 montrent comment la coordination favorise la mise en œuvre de certaines solutions (mesures coordonnées dirigées par un secteur donné) et la réalisation d'objectifs intersectoriels (actions collaboratives et synergiques).

Il est important de signaler que l'ensemble de solutions présenté ici est l'aboutissement d'un processus participatif ayant mobilisé des représentants des trois pays et des quatre secteurs dans le cadre de deux ateliers transfrontaliers et de deux consultations nationales (figure 1). Ce processus a permis :

1. d'identifier les principaux défis et les liens intersectoriels ;
2. de définir les principaux objectifs et de détailler les solutions et actions destinées aux différents secteurs ;
3. d'établir des priorités et de déterminer l'applicabilité des actions en tenant compte des expériences passées ;
4. d'élaborer un ensemble de 15 solutions nexus pour le SASS.

Étant donné que les solutions proposées sont le fruit des discussions des groupes de travail, axées sur les objectifs politiques nationaux et à l'échelle du bassin, et qu'elles tiennent compte de l'expérience des pays et des enseignements tirés, elles sont à la fois hautement prioritaires et réalisables.

Les solutions sont directement liées à l'Agenda 2030 pour le développement durable, adopté par l'Assemblée Générale des Nations Unies en 2015 et composé de 17 Objectifs de Développement Durable (ODD) couvrant un large éventail de sujets et de questions. Tout en contribuant à de nombreux ODD (tableau 6 et annexe 1), l'ensemble de solutions nexus dans le SASS est particulièrement utile à la réalisation de l'objectif de l'eau et de l'assainissement (ODD 6), qui comprend la gestion durable de l'eau et l'amélioration de la coopération transfrontalière, y compris pour les aquifères; l'objectif d'éliminer la faim (ODD 2), qui comprend la réalisation de la sécurité alimentaire et la promotion d'une agriculture durable; l'objectif de fournir une énergie abordable et propre (ODD 7), qui comprend l'accès à l'énergie durable pour tous; et l'objectif de préserver les écosystèmes terrestres (ODD 15), qui comprend la protection, la restauration et la gestion durable des écosystèmes. Les solutions apportent également une forte contribution à l'ODD 13 sur la lutte contre le changement climatique.

TABLEAU 6 :
Ensemble de solutions proposées dans les secteurs de l'eau, de l'énergie, de l'alimentation et de l'environnement et les ODD auxquels elles contribuent

	Eau	Énergie	Alimentation	Environnement
Gouvernance et coopération internationale	**1.** Améliorer la gestion locale des ressources en eau, notamment en redynamisant les modèles participatifs dans les oasis et en renforçant l'application des lois existantes relatives à préservation de l'eau **2.** Renforcer la coopération transfrontalière en vue d'une gestion durable des ressources en eaux souterraines	**6.** Améliorer les mécanismes de coordination du développement énergétique avec d'autres plans sectoriels, pour anticiper les compromis et tirer parti des synergies intersectorielles	**9.** Mettre en place des politiques agricoles orientées vers une agriculture raisonnée, durable et productive **10.** Valoriser les produits locaux et renforcer les programmes en faveur d'un régime alimentaire plus équilibré tout en impliquant les jeunes et les femmes dans le développement économique et social des oasis	**13.** Sensibiliser les institutions publiques aux compromis et aux synergies entre les différents secteurs
Instruments économiques et politiques	**3.** Mettre en place des politiques spécifiques et des mesures incitatives favorisant la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture et les zones urbaines **4.** Renforcer la gestion de la demande en eau, notamment à l'aide de programmes d'économie d'eau	**7.** Élaborer un programme durable favorisant diverses énergies renouvelables à objectifs multiples et développer durablement l'irrigation solaire à petite échelle	**11.** Encourager l'économie circulaire, notamment les pratiques agroécologiques, à travers des mesures économiques et des dispositifs sociaux adaptés	**14.** Intégrer les besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère
Infrastructures et innovation	**5.** Développer la large utilisation des ressources en eau non conventionnelles à travers le dessalement et le traitement des eaux usées et de drainage	**8.** Améliorer la fiabilité du réseau électrique dans les zones rurales, ce qui contribuera à renforcer l'intégration des énergies renouvelables en vue d'utilisations multiples, y compris à distance	**12.** Promouvoir les pratiques et techniques innovantes permettant une gestion durable des sols et des cultures et investir dans leur mise à l'échelle et de leur diffusion	**15.** Systématiser la réalisation d'une évaluation de l'impact environnemental et social pour toutes les nouvelles infrastructures (petites et grandes)

Pas de pauvreté

Faim « zéro »

Égalité entre les sexes

Eau propre et assainissement

Énergie propre et à un coût abordable

Travail décent et croissance économique

Industrie, innovation et infrastructure

Inégalités réduites

Villes et communautés durables

Consommation et production durables

Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques

Vie terrestre

Partenariats pour la réalisation des objectifs

3.2.2 Action coordonnée pour la mise en œuvre des solutions nexus

Les 15 solutions nexus se décomposent en 65 actions, que doivent entreprendre différents acteurs dans divers secteurs ou domaines de gestion. Bien que chaque solution relève d'un secteur donné et qu'il revienne donc aux acteurs dudit secteur de piloter sa mise en œuvre, d'autres acteurs peuvent y contribuer de façon importante, qu'ils appartiennent ou non au secteur concerné. Quatre exemples sont présentés ci-dessous, et les annexes 2 et 3 comprennent respectivement la liste détaillée des 65 actions à entreprendre pour assurer la mise en œuvre des différentes solutions et la liste des acteurs (dirigeants et contributeurs) chargés de mettre en œuvre chaque solution.

3.2.2.1 Intensification du recours aux ressources en eau non conventionnelles

Un exemple de solutions que nous présentons et qui fait appel à la coordination intersectorielle est la solution 5 (dans la catégorie Infrastructures et innovation, sous la direction du secteur de l'eau), intitulée « Développer la large utilisation des ressources en eau non conventionnelles à travers le dessalement et le traitement des eaux usées et de drainage ». Comme nous l'avons déjà indiqué, ces eaux nécessitent un traitement très énergivore. Cette solution comprends des actions essentielles à entreprendre par le secteur de l'eau : élaboration d'une stratégie d'intervention et de financement claire, inventaire détaillé et évaluation des ressources disponibles et de leurs utilisations possibles (par exemple les espaces verts des villes), examen des cadres juridiques relatifs à l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles conformément aux normes internationales (établies par l'Organisation mondiale de la Santé [OMS]), sensibilisation et formations visant à surmonter les réticences et à assurer la sécurité. Toutefois, les autres secteurs doivent également et impérativement prendre des actions de leur côté : prévoir comment satisfaire les demandes croissantes en énergie, mieux intégrer les technologies des énergies renouvelables dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture et mieux déployer les innovations en la matière dans les zones rurales ou les oasis (secteur de l'énergie) ; élaborer une stratégie pour améliorer les pratiques agricoles en modernisant les systèmes d'irrigation et de drainage et en favorisant des cultures moins consommatrices en eau et/ou résistantes au sel (secteur de l'alimentation) ; et élaborer un plan plus audacieux pour attirer des investissements écologiques, des formations et des campagnes de sensibilisation à l'échelle locale grâce à des partenariats publics et privés (secteur de l'environnement).

Expérience d'utilisation de ressources en eau non conventionnelles

L'Algérie a mis au point un plan ambitieux de valorisation des eaux usées (sa production d'eaux usées étant actuellement estimée à 1,2 milliard de m^3/an pour une capacité de traitement de 0,8 milliard de m^3), notamment pour l'irrigation et l'utilisation des boues comme engrais. Cependant, malgré les efforts consentis par l'État, le taux de réutilisation des eaux usées demeure faible et avoisine 20 %. L'Algérie a commencé la construction de 13 grandes stations de dessalement de l'eau de mer. Au mois de juillet 2018, 11 stations pouvant traiter au total 2,21 hm^3 /jour étaient en service, soit une capacité totale de 806,6 hm^3 /an. L'objectif stratégique de ce programme consiste à assurer la sécurité de l'approvisionnement en eau des populations des zones côtières (eau potable et assainissement) et à réaffecter les eaux de surface des barrages à l'irrigation. Un programme de construction de stations de déminéralisation des eaux saumâtres a été lancé dans la wilaya d'Ouargla (11 stations en service) et dans celles de Tindouf, Adrar et Tamanrasset (une station en service dans chaque wilaya). Une station de déferrisation a également été commandée en décembre 2016 pour Illizi.

En Tunisie, le nombre d'usines de traitement des eaux usées construites par l'Office National de l'Assainissement (ONAS) est passé de 6 en 1975 à 122 en 2018. Les volumes traités sont passés de 6 millions de m^3/an en 1975 à 274 millions de m^3/an en 2018, sur un volume total collecté de 277,2 millions de m^3/an (soit un taux de traitement de près de 99 % des eaux collectées par l'ONAS). Près de 50 % des eaux traitées sont produites dans le Grand Tunis. Le dessalement est pratiqué pour l'alimentation en eau potable (par la Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux [SONEDE]) et l'approvisionnement de l'industrie (par le Groupe chimique de Tunisie), avec des capacités appréciables, et dans une moindre mesure pour le secteur du tourisme et d'autres domaines industriels. En ce qui concerne l'eau potable, 15 usines de dessalement d'eaux saumâtres (31,2 millions de m^3 en 2018, soit 4,5 % du volume produit) et cinq forages de déferrisation (8,1 millions de m^3 en 2018, soit 1,2 % du volume produit) sont installés dans le sud de la Tunisie. La première usine de dessalement de l'eau de mer du pays, à Djerba, a été mise en service en 2018 et présente une capacité de 50 000 m^3 par jour. Dans la grande majorité des cas, les eaux de drainage agricole ne sont pas recyclées, mais rejetées dans la nature sans avoir été traitées, et ce, sans considération des risques de contamination des eaux souterraines.

En Libye, les usines de dessalement installées dans les années 1980 fournissent chaque année 20 à 30 millions de m^3 d'eau (malgré une baisse de production), pour une capacité installée de 65 millions de m^3 par an. De nombreuses stations construites entre les années 1980 et 2000 sont actuellement fermées.

Dans la partie algérienne du SASS, deux stations de déminéralisation des eaux saumâtres sont opérationnelles. Le Plan national pour le climat prévoit la réutilisation de l'eau de drainage à des fins d'irrigation dans la vallée de l'Oued Righ. En Tunisie, plus de dix usines de dessalement des eaux saumâtres doivent être installées dans le cadre du Programme national d'amélioration de la qualité de l'eau, et bon nombre d'entre elles se situeront dans le SASS ou à proximité[23] (ces nouvelles stations se baseront soit sur l'osmose inverse soit l'électrodialyse inverse).

[23] Informations fournies par le groupe de discussion lors du premier atelier transfrontalier sur les interactions, organisé à Alger en juillet 2017. Voir : https://www.unece.org/fr/info/media/presscurrent-press-h/environment/2017/assessment-launched-to-reinforce-cooperation-between-algeria-libya-and-tunisia-in-managing-shared-groundwater-resources/doc.html

TABLEAU 7 :
Actions pour l'intensification du recours aux ressources en eaux non conventionnelles

Action	Secteurs
5.1 : Élaborer une stratégie d'intervention assortie d'objectifs clairs et de sources de financement pour la valorisation des eaux saumâtres et des eaux usées traitées	EAU ALIMENTATION
5.2 : Faciliter les investissements publics et privés et les partenariats relatifs aux systèmes de dessalement et de traitement des eaux usées	EAU ENVIRONNEMENT
5.3 : Promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire dans les projets de dessalement de l'eau de mer et/ou de déminéralisation des eaux saumâtres	EAU ÉNERGIE
5.4 : Élaborer et mettre en place à grande échelle des unités solaires de déminéralisation et de traitement adaptées aux conditions des oasis	EAU ÉNERGIE
5.5 : Procéder à un diagnostic des ressources (volume, qualité, répartition géographique des eaux usées traitées disponibles) et recenser les différentes utilisations des eaux usées traitées et des eaux saumâtres déminéralisées (par les agriculteurs, les touristes, les établissements scolaires, les communautés, etc.)	EAU
5.6 : Dresser un inventaire des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées traitées sans conséquences sanitaires, conformément aux réglementations nationales et aux normes internationales en matière d'exportation	EAU ALIMENTATION ENVIRONNEMENT
5.7 : Promouvoir la réutilisation de l'eau de drainage à des fins d'irrigation (associée à une gestion durable des sols et à une élimination sans danger des substances polluantes)	EAU ALIMENTATION

La mise en œuvre de cette solution devrait être menée par les structures chargées de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles dans les trois pays : le Ministère des Ressources en Eau en Algérie, l'Autorité Générale des Ressources en Eau (General Water Resources Authority, ou GWRA) en Libye et la Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux (DGGREE) en Tunisie. Le Mécanisme de Concertation du SASS pourra par ailleurs offrir une plateforme pour coordonner les mesures dans les zones transfrontalières du bassin et faciliter les échanges de connaissances et d'expériences entre les pays au sujet de l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles.

3.2.2.2 Déploiement durable des énergies renouvelables dans l'agriculture

Un autre exemple de solution faisant appel à la coordination intersectorielle est la solution 7 (dans la catégorie Instruments économiques et politiques, sous la direction du secteur de l'énergie), intitulée « Élaborer un programme durable favorisant diverses énergies renouvelables à objectifs multiples et développer durablement l'irrigation solaire à petite échelle ».

L'irrigation constitue la principale cause de demande en énergie du secteur agricole dans l'ensemble des pays. À l'heure actuelle, l'énergie destinée à l'irrigation dans le bassin est en grande partie fournie par des pompes diesel ou des pompes électriques raccordées au réseau (lui-même alimenté par des combustibles fossiles), et, bien que les pompes solaires photovoltaïques (PV) autonomes offrent une alternative d'énergie renouvelable intéressante, leur adoption est limitée par un certain nombre d'obstacles, à commencer par le coût de cette technologie (cette question fera l'objet d'une analyse quantitative dans le chapitre 4).

Expérience de déploiement de l'énergie solaire

L'énergie solaire est une ressource importante en Algérie, en Libye, en Tunisie et dans la région du SASS, qui bénéficient d'un rayonnement solaire horizontal journalier moyen d'environ 2 kWh/m^2. Toutefois, en 2016, la proportion d'électricité produite par les énergies renouvelables n'atteignait qu'environ 0,8 % en Algérie, 2,9 % en Tunisie et moins de 0,1 % en Libye, et ne représentait qu'une part négligeable de l'électricité utilisée dans le secteur de l'agriculture[24].

En Tunisie, un cadre juridique a été mis en place afin de réglementer les technologies d'énergie renouvelable (par exemple les systèmes de pompage solaire autonomes) et d'encourager leur adoption[25]. Depuis 2009, plus de 15 000 systèmes ont ainsi été installés, essentiellement dans le secteur résidentiel, mais également dans le secteur agricole. L'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME) assure un soutien technique et financier, y compris la possibilité d'injection des excédents d'électricité dans le réseau[26]. Malgré la relative réussite de ce programme, l'utilisation de l'énergie solaire dans les activités agricoles demeure économiquement contraignante, en particulier pour les petits agriculteurs. En outre, elle n'est pas accompagnée par des mesures d'atténuation visant à limiter les prélèvements d'eau[27].

Avec son programme de développement des énergies renouvelables à l'horizon 2030, l'Algérie s'est lancée dans la diversification de son bouquet énergétique. Le pays met l'accent sur l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne à grande échelle, mais commence également à utiliser la biomasse, l'énergie géothermique et les technologies de cogénération. Les centrales photovoltaïques déjà présentes dans la région des hauts plateaux et dans le sud du pays produisent environ 343 MW, utilisés principalement pour le pompage de l'eau. De nouvelles centrales d'une capacité cumulée de 150 MW (différents projets indépendants de production d'électricité générant chacun entre 10 et 50 MW) devraient être installées dans les régions de Ghardaïa, Biskra, Ouargla, El Oued, Tendala et Nakhla. Aucun plan pour le pompage et l'irrigation solaires à petite échelle n'a toutefois été réalisé, en raison d'obstacles financiers et économiques. Des projets pilotes ont été menés (par exemple le projet de pompage solaire à Reggane, dans la région d'Adrar, qui consiste à utiliser l'énergie solaire pour pomper l'eau en amont de la foggara et à mettre en place des techniques d'irrigation modernes en aval)[28].

En Libye, le recours à l'énergie photovoltaïque est encore à ses balbutiements, et la faible capacité des installations existantes (5 MW) n'est pas employée au service de l'agriculture. Pour encourager l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque, le gouvernement a mis en place des programmes d'installation de dispositifs photovoltaïques individuels hors réseau et réfléchit à un système de comptage net (revente de l'excédent d'électricité produite au réseau)[29].

L'un des principaux obstacles à la compétitivité des énergies renouvelables à l'échelle mondiale est l'existence de subventions sur les combustibles fossiles, et ce constat est également valable dans les pays du SASS. La réalisation des objectifs en matière d'énergies renouvelables est directement liée à la viabilité commerciale des technologies disponibles. C'est pourquoi il est très important de restructurer les subventions relatives aux combustibles fossiles pour la transition vers les énergies renouvelables, en particulier dans les pays dont l'économie repose sur la production de combustibles fossiles, comme l'Algérie et la Libye. Cette question est toutefois extrêmement sensible sur le plan social et politique[30].

Au-delà de l'énergie solaire photovoltaïque, d'autres technologies et sources d'énergie renouvelable sont également disponibles pour répondre aux demandes locales d'électricité et de chauffage. Par exemple, la biomasse issue des plantations de palmiers dattiers (la culture la plus répandue dans les oasis sahariennes) est une ressource abondante et son faible degré d'humidité la rend particulièrement adaptée aux processus de conversion thermochimique permettant la transformation des déchets en énergie (gazéification et pyrolyse). Associée aux eaux usées, la biomasse peut également servir à produire du biogaz par digestion anaérobie. Le projet de transformation des déchets en énergie (10 MW) mené dans la décharge de Djebel Chakir, en Tunisie, est un bon exemple de valorisation des déchets agricoles, avec environ 3,2 millions de tonnes de résidus organiques générés par la transformation des olives par an[31]. Pour ce qui est de l'énergie géothermique, il est également possible de s'inspirer de projets pilotes mis en place en Algérie (par exemple à Saïda, Ouargla et

[24] Agence internationale de l'énergie (AIE), 2016. « Share of electricity generation by fuel ». Document disponible à l'adresse : https://www.iea.org/statistics

[25] Agence internationale de l'énergie et Agence internationale pour les énergies renouvelables (AIE et IRENA), 2019. « Joint Policy and Measures database ». Document disponible à l'adresse : https://www.iea.org/countries/tunisia

[26] Solutions d'énergies renouvelables pour la Méditerranée (RES4MED), 2016. Country Profile – Tunisia. Document disponible à l'adresse : https://www.res4med.org/wp-content/uploads/2017/11/Country-Profile-Tunisia-Report_05.12.2016.pdf

[27] Consultation d'experts locaux lors de l'atelier national de consultation, en avril 2019

[28] OSS, 2015. *Pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS :Diagnostic et recommandations*. Document disponible à l'adresse : http://www.oss-online.org/sites/default/files/publications/OSS-SASS-Recomm-SASS_Fr.pdf

[29] Kadem *et al.*, 2018. « Economic feasibility, design and simulation of centralized PV power plant ». Document disponible à l'adresse : https://ieeexplore.ieee.org/document/8362448/

[30] Pour plus d'informations sur les subventions accordées aux sources d'énergie dans les différents pays, voir la partie B du rapport.

[31] Partenariat pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, Tunisie, 2012. Document disponible à l'adresse : https://www.reeep.org/tunisia-2012

Touggourt), dans lesquels cette énergie est utilisée pour le chauffage et pour la culture de melons et de tomates sous serre[32]. Toutefois, le SASS (en particulier l'aquifère du CI, où la température de l'eau se situe entre 30 °C et 80 °C) présente un important potentiel géothermique inexploité.

L'instauration d'un programme destiné à aider les agriculteurs à utiliser l'irrigation solaire pourrait améliorer l'accès aux sources d'énergie et réduire la pollution liée aux combustibles fossiles. Cependant, il devra impérativement s'accompagner des outils techniques et économiques nécessaires pour éviter d'aggraver la surexploitation des ressources en eaux souterraines, une question sur laquelle les pays ont d'énormes difficultés à résoudre. Un programme à objectifs multiples associant différents utilisateurs et différents types de demande en énergie permettrait de répartir les coûts de l'énergie solaire, et pourrait par conséquent rendre cette dernière plus abordable pour les petits agriculteurs.

TABLEAU 8 :
Actions pour le déploiement durable des énergies renouvelables dans le bassin

Action	Secteurs
7.1 : Élaborer un programme visant à rendre l'irrigation solaire abordable, à réduire l'irrigation aux énergies fossiles et à intégrer l'énergie solaire dans les plans de développement rural locaux et régionaux	ÉNERGIE ALIMENTATION
7.2 : Veiller à ce que l'intervention 7.1 s'accompagne de mesures techniques efficaces (suivi des indicateurs), ainsi que d'outils économiques et juridiques (incitations fiscales, dispositions réglementaires, etc.) limitant l'exploitation des ressources en eaux souterraines	ÉNERGIE EAU ALIMENTATION ENVIRONNEMENT
7.3 : Concevoir des solutions solaires qui répondent à différents besoins énergétiques et répartissent le coût de l'énergie solaire entre plusieurs utilisateurs et/ou activités (irrigation et dessalement de l'eau, acheminement d'eau potable, éclairage, chauffage, etc.)	ÉNERGIE EAU ALIMENTATION
7.4 : Encourager le développement et la diversification des sources d'énergie renouvelables en employant toutes les ressources disponibles, notamment l'énergie géothermique, la biomasse et les déchets	ÉNERGIE EAU ALIMENTATION
7.5 : Restructurer progressivement les subventions accordées aux énergies fossiles de façon à accompagner et faciliter le déploiement des énergies renouvelables (en encourageant l'abandon des pompes diesel)	ÉNERGIE
7.6 : Faciliter le partage d'informations et d'expériences relatives au déploiement des énergies renouvelables à l'échelle transfrontalière afin d'accélérer le développement durable dans le bassin	ÉNERGIE
7.7 : Renforcer les capacités des administrations et leurs rapports de confiance avec les agriculteurs, et assurer une sensibilisation aux énergies renouvelables, à l'efficacité énergétique ainsi qu'à l'utilisation rationnelle des ressources en eau	ÉNERGIE EAU ALIMENTATION

Pour porter ses fruits, un tel programme doit s'inscrire dans une politique plus vaste de décentralisation de la production d'énergie renouvelable, visant les petits producteurs indépendants. Les acteurs institutionnels les mieux placés pour piloter la mise en œuvre de cette solution sont donc les structures chargées des politiques relatives aux énergies renouvelables dans les pays : le Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables en Algérie, le Ministère de l'Industrie et des Petites et Moyennes Entreprises (PME) en Tunisie, et l'Autorité des Energies Renouvelables en Libye. Par ailleurs, compte tenu des liens entre le secteur de l'énergie et d'autres secteurs sur les plans physique (utilisation des eaux souterraines et répercussions environnementales)

[32] Saibi, 2019. « Geothermal Resources in Algeria ». Document disponible à l'adresse : https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032109001014

et économique (activité et revenus des agriculteurs), il est essentiel d'associer à cette solution des mesures relatives aux secteurs de l'eau, de l'alimentation et de l'environnement[33].

De plus, la coordination des politiques en matière d'énergies renouvelables au niveau transfrontalier permettra de maximiser les retombées de leur déploiement durable dans le bassin du SASS. Les pays pourraient en effet mettre en commun leurs informations et leurs expériences, renforcer leurs capacités et sensibiliser leur population au potentiel des énergies renouvelables, à l'efficacité énergétique et à l'utilisation rationnelle des ressources en eau, ce qui améliorerait la coordination transfrontalière au sein du bassin. Le Mécanisme de Concertation du SASS a ainsi recommandé de limiter l'irrigation dans les zones jugées particulièrement exposées à des risques graves de surexploitation. Cet exemple de coopération réussie entre les pays pourrait servir de point de départ au déploiement durable de nouvelles technologies énergétiques propres dans l'agriculture. En revanche, l'expérience a montré que l'application des lois relatives à l'eau et à l'environnement est confrontée à des difficultés persistantes sur le terrain et auprès des agriculteurs (la prolifération de puits illicites dans le bassin se poursuit), d'où l'importance de veiller à la participation des secteurs de l'eau, de l'alimentation et de l'environnement.

3.2.2.3 Valorisation des produits locaux et autonomisation des femmes et des jeunes

Un troisième exemple est la solution 10 (dans la catégorie Gouvernance et coopération internationale, sous la direction du secteur de l'alimentation), « Valoriser les produits locaux et renforcer les programmes en faveur d'un régime alimentaire plus équilibré tout en impliquant les jeunes et les femmes dans le développement économique et social des oasis ».

Les produits locaux sont des ressources peu valorisées, qui pourraient pourtant stimuler le développement durable des oasis, par la mise en valeur des pratiques traditionnelles et des savoir-faire disponibles localement, mais également grâce à l'amélioration de la préservation des écosystèmes et de la biodiversité. Leur potentiel va bien au-delà d'une agriculture respectueuse de l'environnement du fait qu'ils peuvent aussi contribuer à améliorer la santé (nutrition) ainsi que l'emploi et l'entrepreneuriat dans les zones rurales. Marginalisés sur le marché agricole, les produits locaux sont souvent négligés par les grandes entreprises agricoles, mais ils pourraient être valorisés par des groupes de jeunes et de femmes, qui sont à la fois les dépositaires des pratiques traditionnelles et les innovateurs les plus dynamiques.

[33] Une boîte à outils destinée à aider les décideurs politiques à favoriser la pérennité des énergies renouvelables dans les stratégies, les politiques et les projets fondés sur une méthode des interactions est proposée dans la publication de la CEE-ONU, *Towards sustainable renewable energy investment and deployment: Trade-offs and opportunities with water resources and the environment,* 2020. Disponible à l'adresse http://www.unece.org/index.php?id=54348. La ressource suivante est également utile à titre de référence : CESAO, *Water-Energy Nexus Operational Toolkit:Renewable Energy Module*, disponible à l'adresse : https://www.unescwa.org/publications/water-energy-nexus-renewable-energy-module

Expérience en matière de valorisation des produits locaux

En ce qui concerne la valorisation des produits locaux, l'Algérie n'a pas ménagé ses efforts ces dernières années pour améliorer les réglementations relatives à la labellisation[34]. Le décret n° 13-260 du 7 juillet 2013 fixe le système de qualité des produits agricoles, avec pour objectifs :

- **la valorisation des productions et des savoir-faire locaux,**
- **la mise en œuvre d'un mécanisme d'octroi de certificats de qualité,**
- **la sensibilisation des consommateurs,**
- **la lutte contre la falsification des produits agricoles sur les marchés nationaux et internationaux, et**
- **le développement rural.**

Un accord a été conclu entre l'Algérie et l'Union européenne le 18 septembre 2014 (UGP-P3A) afin de certifier l'origine des produits agricoles. Il repose sur quatre piliers :

- **le renforcement des réglementations et des institutions dans ce domaine,**
- **l'identification de trois produits pilotes, parmi lesquels les dattes *deglet nour*,**
- **la sensibilisation et la formation des acteurs impliqués, et**
- **la mise en œuvre d'un système de reconnaissance.**

En 2015, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural a créé un comité interministériel composé de cadres des directions centrales, de représentants d'associations professionnelles (agriculture, agro-industrie et commerce) et de consommateurs. La mise en œuvre de ce processus de labellisation fait face à des contraintes liées par exemple à la complexité des procédures et à leur coût élevé pour les producteurs, au manque d'implication des parties prenantes (agriculteurs, transformateurs et distributeurs), et à la faiblesse de l'accompagnement technique et du soutien en matière de communication entre les différents acteurs[35]. Malgré ces contraintes, certains acteurs parviennent à mettre en place des initiatives de promotion de produits destinés particulièrement à l'export, comme les entreprises Biodatte et BioNour en Algérie pour l'exportation des dattes deglet nour de Tolga, labellisées Agriculture Biologique[36].

L'expérience de la Tunisie est également digne d'intérêt. En 2010, le ministère tunisien de l'Industrie, de l'Énergie et des Mines a créé le « Food Quality Label Tunisia », un label de qualité accordé aux produits alimentaires transformés justifiant d'une qualité supérieure, spécifique ou traditionnelle. Par exemple, la Tunisie a instauré son propre label qualité pour la harissa depuis 2015. Cette démarche permet aux agriculteurs d'investir, de se positionner sur le marché et d'asseoir la réputation des produits tunisiens auprès des consommateurs étrangers.

Cette promotion de tous les produits tunisiens est soutenue par le Projet d'Accès aux Marchés des Produits Agroalimentaires et de Terroir (PAMPAT), un programme lancé en octobre 2013, géré par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) et financé par la Suisse. L'enveloppe financière consacrée au projet PAMPAT s'élève à 4 millions d'euros pour une période allant de fin 2013 à fin 2019. En matière de promotion des produits locaux, la Tunisie est allée encore plus loin, en instaurant un concours annuel des produits du terroir. La première édition de ce concours a été organisée à Tunis en décembre 2017 par l'Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA), sous l'égide du ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche et en collaboration avec le ministère de l'Industrie et des Petites et Moyennes Entreprises, le ministère du Tourisme et de l'Artisanat et la Cité des Sciences de Tunis, avec le soutien du projet PAMPAT.

Pour renforcer les chaînes de valeur des produits locaux, il est essentiel de s'appuyer sur les associations professionnelles et les coopératives locales et de faciliter leur développement. La création de labels certifiant des pratiques d'agriculture biologique ou une origine géographique donnée peut contribuer à élargir le marché pour ces produits et à réunir des projets financés par des donateurs de manière isolée dans le cadre d'une stratégie plus globale. Dans ce contexte, les financements servent surtout à proposer aux agriculteurs des formations appropriées (par exemple au sujet des innovations et des pratiques agricoles durables).

Étant donné que les trois pays du SASS pratiquent le même type d'agriculture traditionnelle, il serait légitime d'envisager une valorisation des produits locaux sur les marchés internationaux (la variété de dattes *deglet nour* pourrait par exemple être labellisée en tant que produit du SASS ou du Sahara au lieu d'obtenir un label national). Cela permettrait à la fois de renforcer la coopération in-

[34] Cheriet, F., 2017. « La valorisation des produits de terroir en Algérie : démarches en cours, contraintes institutionnelles et perspectives », document de travail de l'UMR MOISA n° 201702, UMR MOISA (Marchés, Organisations, Institutions et Stratégies d'Acteurs), CIHEAM-IAMM, CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier, France. Document disponible à l'adresse : https://ideas.repec.org/p/umr/wpaper/201702.html

[35] Ibid.

[36] Hadjou *et al*., 2014. « Évaluation de "l'effet préférence" de la diaspora algérienne en France pour les produits de terroir », *New Medit* n° 3, p. 13 à 22

ternationale dans les régions frontalières de l'aquifère et d'étendre les avantages de cette coopération à d'autres domaines que celui de la gestion de l'eau[37].

La valorisation des produits locaux doit se faire d'un bout à l'autre de la chaîne de valeur, par la sensibilisation des consommateurs à l'aide de programmes spécifiques dans le secteur public (par exemple dans les écoles), la diversification de la production, le renforcement des pratiques traditionnelles et le rétablissement des chaînes de valeur locales, et par un soutien aux pratiques agricoles innovantes et durables chez les petits producteurs[38]. Pour faire adopter des bonnes pratiques en matière de gestion des sols et des ressources en eau (mais aussi de restauration des écosystèmes), il est plus efficace de favoriser le développement socioéconomique sur le terrain que de mener des campagnes de sensibilisation isolées.

L'inclusion des femmes dans l'agriculture passe par des mesures politiques et juridiques (amélioration des droits des femmes en matière de propriété foncière et d'accès à l'eau, au marché du travail et aux financements, par exemple), mais également par un soutien budgétaire et social. Les femmes occupent déjà une place prépondérante dans certains segments de production (fabrication de fromage de chèvre, tri et transformation des dattes, fabrication de produits issus des palmiers, production de tissages et d'habillements, etc.), mais également dans certains emplois et certaines compétences liés aux traditions des oasis, qu'elles contribuent à transmettre aux générations suivantes (par exemple l'artisanat local). Les coopératives qui favorisent une diversification économique et des transferts de connaissances peuvent dynamiser les initiatives visant à améliorer l'éducation, à éradiquer la pauvreté et à renforcer l'intégration des femmes. Dans le même ordre d'idées, mobiliser efficacement les jeunes (en particulier les jeunes femmes) et les impliquer dans les programmes de développement durable permettrait de renforcer l'entrepreneuriat et l'innovation.

Cette solution pourrait créer des synergies positives entre les secteurs, non seulement parce que les jeunes entrepreneurs sont souvent les mieux placés pour mettre en place des innovations dans le domaine de l'agriculture (pompes solaires, utilisation de ressources hydriques non conventionnelles, etc.), mais aussi parce que ces innovations doivent généralement être associées aux connaissances et compétences traditionnelles afin de répondre aux problèmes intersectoriels (par exemple le renforcement de la résilience locale face aux problèmes rencontrés dans le bassin, tels que le changement climatique : voir la section 3.2.3.2).

TABLEAU 9 :
Actions en faveur de la valorisation des produits locaux et l'autonomisation des femmes et des jeunes

Action	Secteurs
10.1 : Renforcer les chaînes de valeur des fruits et légumes de saison et autres produits biologiques locaux, issus de l'agriculture traditionnelle oasienne	ALIMENTATION EAU
10.2 : Promouvoir un régime alimentaire plus équilibré et durable à l'aide de programmes spécifiques destinés à améliorer la nutrition en encourageant une alimentation biologique et variée (par exemple dans les établissements scolaires) et réduire le gaspillage alimentaire	ALIMENTATION ENVIRONNEMENT
10.3 : Favoriser l'inclusion socioéconomique des jeunes et des femmes dans les oasis, notamment par des actions de sensibilisation à l'importance et aux avantages potentiels de cette inclusion	ALIMENTATION EAU ENVIRONNEMENT
10.4 : Nouer des partenariats stratégiques (public et privé, intersectoriels) afin de mettre en œuvre les actions 10.1, 10.2 et 10.3	ALIMENTATION EAU ÉNERGIE ENVIRONNEMENT

[37] Pour une description des avantages passés et à venir de la coopération au sein du SASS, voir : CEE-ONU, *Scoping the benefits of transboundary water cooperation in the North-Western Sahara Aquifer System basin* (à paraître)

[38] Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2017. « Comment faire en sorte que les chaînes de valeur contribuent à améliorer la nutrition ? ». Document disponible à l'adresse : http://www.fao.org/3/a-i7605f.pdf

La mise en œuvre de cette solution sur le plan politique devrait être menée par les ministères de l'Agriculture des trois pays, en coordination avec les autres ministères concernés (Commerce, Tourisme et Artisanat, Industrie et PME, Affaires de la Femme – voir l'annexe 3 pour plus de précisions), mais également avec des organisations non gouvernementales (comme le Réseau Associatif de Développement Durable des Oasis, ou RADDO, actif dans l'ensemble de la région saharienne), des centres de recherche et des universités. La mise en œuvre de cette solution exige en outre l'engagement d'acteurs locaux (gouvernorats : *wilayas* en Tunisie et en Algérie, *chabiyat* et *mu'tamar sha'bi assasi* en Libye, municipalités), d'associations et de groupes professionnels locaux, ainsi que de groupes de femmes et de jeunes. Ce type de projet est généralement financé par des donateurs internationaux (Banque Mondiale, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], Fonds international de développement agricole [FIDA], Programme des Nations Unies pour le développement [PNUD], etc.). Toutefois, pour mobiliser les ressources nécessaires, il est essentiel que :

1. la durabilité et l'agriculture traditionnelle soient reconnues comme des priorités par les gouvernements nationaux et adéquatement intégrées dans les plans de développement agricole et rural ;

2. la mise en œuvre fasse appel à des partenariats stratégiques (non seulement dans les secteurs publics et privés, mais également des partenariats intersectoriels) qui pourront s'appuyer sur des projets pilotes et les développer systématiquement à plus grande échelle.

3.2.2.4 Définition des besoins écologiques en eau

Le quatrième exemple est la solution 14 (dans la catégorie Instruments économiques et politiques, sous la direction du secteur de l'environnement) : « Intégrer les besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère ».

Les besoins écologiques en eau constituent une importante lacune qui doit être comblée afin que le bilan hydrique de l'aquifère ne prenne pas en compte uniquement la demande des secteurs consommateurs d'eau. Parmi ces besoins figurent ceux des principaux écosystèmes du SASS (par exemple les sebkhas, les parcs nationaux, les wadies ou les zones humides) et de la biodiversité qui leur est associée (notamment les oiseaux migrateurs). En plus de l'amélioration de la conservation et de la qualité de l'eau, les écosystèmes aquatiques liés aux eaux souterraines peuvent être préserevés par la compensation des pertes à travers l'irrigation locale et/ou par la recharge de l'aquifère.

Afin d'éclairer efficacement le bilan hydrique et les décisions politiques, les besoins écologiques doivent être détaillés pour chaque zone concernée et pour chaque période de l'année et doivent être accompagnés d'informations sur les exigences en matière de qualité de l'eau. Ces données permettraient d'élaborer des politiques environnementales plus claires par les preneurs à décision à tous les niveaux, fondées sur des arbitrages spécifiques entre les différents secteurs économiques et sur les zones d'intervention les plus urgentes.

Cette solution est étroitement liée à la coopération transfrontalière dans le bassin du SASS (solution 2). Une connaissance approfondie des besoins environnementaux améliorerait considérablement le bilan hydrique des pays et du bassin, ainsi que la prise en compte de l'ensemble des demandes en eau au moment de fixer les limites du captage dans l'aquifère. Elle orienterait de manière significative les exercices de modélisation intégrée et liée à l'eau (notamment le modèle intégré du nexus eau, alimentation et énergie dans le SASS présenté dans le chapitre 4), ainsi que la planification et les investissements relatifs à l'eau (par exemple l'irrigation, le traitement des eaux usées ou la recharge des eaux souterraines).

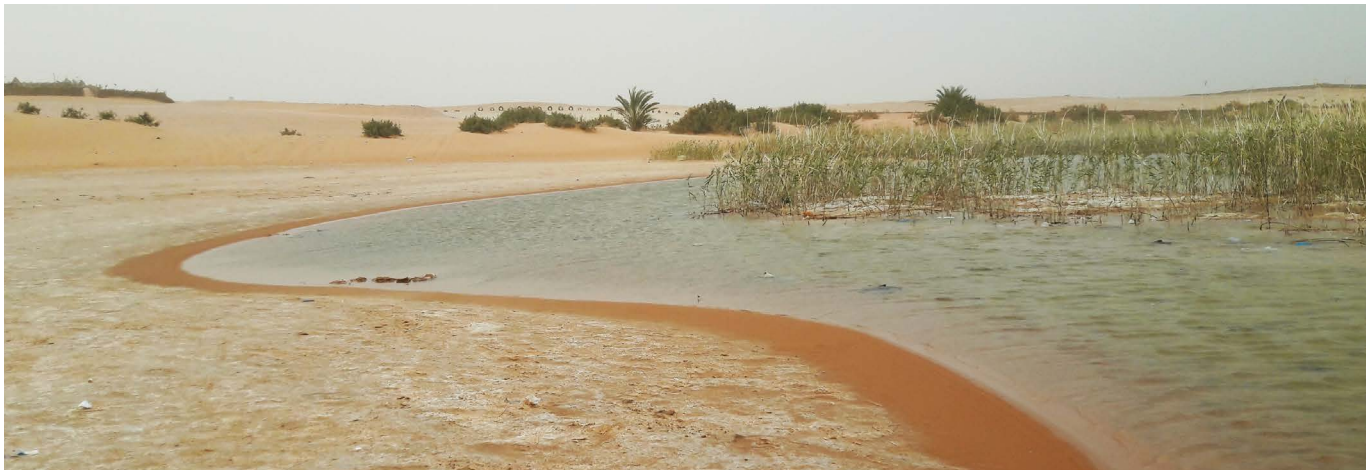


TABLEAU 10 :
Actions en faveur de l'intégration des besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère

Action	Secteurs
14.1 : Mener des études et des recherches afin de recenser les besoins écologiques en eau de la manière la plus rationnelle et scientifique possible, en précisant les points sensibles, les variations saisonnières, les caractéristiques de l'eau requises (par exemple le taux de salinité) et les répercussions du changement climatique	ENVIRONNEMENT
14.2 : Évaluer les effets cumulatifs et les effets spécifiquement sectoriels des différentes utilisations de l'eau sur la biodiversité et les services écosystémiques à l'échelle du SASS	ENVIRONNEMENT EAU ALIMENTATION ÉNERGIE
14.3 : Diffuser les résultats de l'analyse (actions 14.2 et 14.3) dans l'objectif d'ajuster le bilan hydrique de l'aquifère et la modélisation d'autres ressources (voir la solution 2)	ENVIRONNEMENT EAU ALIMENTATION ÉNERGIE
14.4 : Assurer la coordination des différents secteurs en vue d'élaborer des politiques de développement du bassin cohérentes, intégrées et durables à partir de l'analyse	ENVIRONNEMENT EAU ALIMENTATION ÉNERGIE

La mise en œuvre de cette solution doit être pilotée par les ministères en charge de l'environnement, en étroite coopération avec les autorités des secteurs de l'eau, de l'énergie et de l'alimentation des trois pays et les plateformes de coopération au niveau du bassin, plus particulièrement le Mécanisme de Concertation du SASS.

3.2.3 Mise en œuvre synergique des solutions nexus en vue d'atteindre les objectifs intersectoriels

Conçues pour être mises en œuvre de manière synergique, les solutions nexus peuvent se renforcer mutuellement en vue d'atteindre des objectifs intersectoriels communs, notamment en matière de développement durable ou d'action pour le climat. En ciblant explicitement les synergies intersectorielles, il est possible de coordonner les stratégies sectorielles afin de multiplier les avantages et d'utiliser de manière optimale les ressources attribuées aux différents secteurs.

Les paragraphes suivants présentent trois exemples qui ont été proposés, commentés et ajustés conjointement avec les parties prenantes, en faisant évoluer les solutions d'un niveau plutôt opérationnel (actions) à un niveau plus stratégique (objectifs stratégiques). Cette démarche a été menée afin de faciliter la présentation de l'ensemble de solutions aux preneurs de décision de haut niveau et de permettre son intégration dans les plans et les stratégies élaborés pour le bassin.

3.2.3.1 Planification cohérente pour le développement durable dans le SASS

L'idée principale qui sous-tend l'approche nexus est d'améliorer la cohérence des stratégies et des plans sectoriels divers afin de parvenir plus efficacement au développement durable (en matière de ressources naturelles, mais aussi de financement). Dans un bassin transfrontalier tel que le SASS, une cohérence accrue peut être recherchée non seulement au niveau national, mais aussi entre les différentes stratégies nationales de développement, en vue d'accroître l'efficacité de la protection et de la préservation des eaux souterraines, et de tirer parti des complémentarités et des intérêts communs des pays.

Parmi les solutions qui composent l'ensemble des solutions, six contribuent explicitement à renforcer la cohérence des politiques. Les solutions 2, 6 et 9 indiquent les domaines dans lesquels chaque secteur peut mener ces efforts (gestion des eaux souterraines, développement énergétique et agriculture durable). Les solutions 13, 14 et 15 distinguent trois aspects que le secteur de l'environnement doit prendre en charge afin d'éviter les effets

adverses que pourraient subir les secteurs économiques, tout en garantissant une prise en compte scrupuleuse des besoins des écosystèmes (essentielle pour la santé et le bien-être) grâce à une sensibilisation accrue des institutions aux arbitrages et aux synergies, à l'amélioration du bilan hydrique de l'aquifère et à une évaluation systématique des répercussions environnementales et sociales des investissements infrastructurels.

TABLEAU 11 :
Ensemble de solutions visant à améliorer la cohérence de la planification pour le développement durable dans le SASS

	Eau	Énergie	Alimentation	Environnement
Gouvernance et coopération internationale	**2.** Renforcer la coopération transfrontalière en vue d'une gestion durable des ressources en eaux souterraines	**6.** Améliorer les mécanismes de coordination du développement énergétique avec d'autres plans sectoriels, pour anticiper les compromis et tirer parti des synergies intersectorielles	**9.** Mettre en place des politiques agricoles orientées vers une agriculture raisonnée, durable et productive	**13.** Sensibiliser les institutions publiques aux compromis et aux synergies entre les différents secteurs
Instruments économiques et politiques				**14.** Intégrer les besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère.
Infrastructures et innovation				**15.** Systématiser la réalisation d'une évaluation de l'impact environnemental et social pour toutes les nouvelles infrastructures (petites et grandes)

3.2.3.2 Renforcement de la résilience locale face aux défis rencontrés dans le bassin

D'une perspective de développement local, il est également possible de combiner les solutions dans un autre ensemble mettant au profit les synergies intersectorielles. Etant donné que l'ensemble de solutions a été élaboré spécifiquement pour le SASS, il porte sur huit solutions qui comprennent des actions au niveau local visant à renforcer la résilience face aux problèmes rencontrés par les communautés : de la gestion participative de l'eau au déploiement de l'énergie solaire à petite et grande échelle, en passant par la valorisation des produits locaux, ou encore de la participation accrue des jeunes et des femmes à l'agriculture, de la création d'une économie circulaire, en passant par une meilleure sensibilisation aux questions environnementales et aux liens nexus. Dotées de mandats multisectoriels, les administrations locales sont à même de réaliser les synergies intersectorielles. Bien évidemment, l'impact de l'action locale ne peut être observé au niveau du bassin que si l'on s'efforce de déployer les solutions à plus grande échelle et de les coordonner aux niveaux infrarégional, national voire transfrontalier, le cas échéant.

TABLEAU 12 :
Ensemble de solutions visant à renforcer la résilience locale face aux défis rencontrés dans le bassin

	Eau	Énergie	Alimentation	Environnement
Gouvernance et coopération internationale	**1.** Améliorer la gestion locale des ressources en eau, notamment en redynamisant les modèles participatifs dans les oasis et en renforçant l'application des lois existantes relatifs à la préservation de l'eau		**10.** . Valoriser les produits locaux et renforcer les programmes en faveur d'un régime alimentaire plus équilibré tout en impliquant les jeunes et les femmes dans le développement économique et social des oasis	**13.** Sensibiliser les institutions publiques aux compromis et aux synergies entre les différents secteurs
Instruments économiques et politiques	**4.** Renforcer la gestion de la demande en eau, notamment à l'aide de programmes d'économie d'eau	**7.** Élaborer un programme durable favorisant diverses énergies renouvelables à objectifs multiples et développer durablement l'irrigation solaire à petite échelle	**11.** Encourager l'économie circulaire, notamment les pratiques agroécologiques, grâce à des mesures économiques et des dispositifs sociaux adaptés	
Infrastructures et innovation		**8.** Améliorer la fiabilité du réseau électrique dans les zones rurales, ce qui contribuera à renforcer l'intégration des énergies renouvelables en vue d'utilisations multiples, y compris à distance	**12.** Valoriser les pratiques et techniques innovantes permettant une gestion durable des sols et des cultures et investir dans leur mise à l'échelle et de leur diffusion	

3.2.3.3 Économie circulaire fondée sur les ressources hydriques non conventionnelles, les énergies renouvelables et les pratiques agroécologiques

Le dernier exemple est axé sur les interactions, plus précisément sur les liens physiques, entre les ressources, et met en évidence les synergies existantes au niveau des caractéristiques des ressources naturelles, des pratiques agricoles et de la technologie. Créer une économie circulaire dans le SASS signifie, en pratique, mettre en place un système où l'eau n'est jamais gaspillée mais au contraire appréciée à sa juste valeur, et de ce fait réutilisée, traitée et « produite » par des sources non conventionnelles. Cela consiste également à valoriser les sources d'énergie renouvelables et à les utiliser efficacement pour apporter une valeur ajoutée aux activités économiques autres que l'irrigation (par exemple la transformation des aliments ou l'entreposage frigorifique). Enfin, l'économie circulaire implique une meilleure utilisation des ressources du sol grâce à des pratiques agroécologiques appropriées, qui permettent leur préservation et leur restauration. Les domaines d'activité suivants ont un fort potentiel dans le SASS :

- l'utilisation de ressources hydriques non conventionnelles, le traitement et la réutilisation des eaux usées et de drainage ;
- la recharge des eaux souterraines et leur stockage intersaisonnier ;
- le recyclage du plastique utilisé dans l'agriculture (par exemple du PVC utilisé pour l'irrigation goutte à goutte) ;

- l'utilisation de sous-produits pour améliorer la gestion des sols (notamment le paillis) ;
- la valorisation des bioénergies : la biomasse issue par exemple de la production industrielle de dattes, le biogaz ou biométhane généré par le fumier animal, les biocarburants produits par les halophytes (plantes résistantes au sel adaptées au contexte du SASS) ou les biofertilisants (comme le compost) ;
- la production de biomatériaux traditionnels ou innovants pour les emballages (par exemple le plastique biodégradable fabriqué à partir de céréales et de fécule de pomme de terre) et pour la construction et l'isolation écologiques (le tronc et les feuilles du palmier, la paille, la laine) ;
- la valorisation de l'artisanat local (broderie, vannerie, tissage, fabrication d'objets décoratifs, etc.) confectionné à partir de sous-produits ou de déchets agricoles.

Là encore, la réussite de la mise en œuvre de cet ensemble de solutions dépend de la capacité à intégrer ces activités techniques, notamment celles supposant la mise en place de nouvelles infrastructures, dans le cadre plus vaste de la durabilité environnementale et de l'impact social.

TABLEAU 13 :
Ensemble de solutions visant à favoriser une économie circulaire fondée sur les ressources en eau non conventionnelles, les énergies renouvelables et les pratiques agroécologiques

	Eau	Énergie	Alimentation	Environnement
Gouvernance et coopération internationale				
Instruments économiques et politiques	**3.** Mettre en place des politiques spécifiques et des mesures incitatives favorisant la réutilisation des eaux usées	**7.** Élaborer un programme durable favorisant diverses énergies renouvelables à objectifs multiples et développer durablement l'irrigation solaire à petite échelle	**11.** Encourager l'économie circulaire, notamment les pratiques agroécologiques, grâce à des mesures économiques et des dispositifs sociaux adaptés	
Infrastructures et innovation	**5.** Développer l'utilisation des ressources hydriques non conventionnelles grâce au dessalement et au traitement des eaux usées et de drainage			**15.** Systématiser la réalisation d'une évaluation de l'impact environnemental et social pour toutes les nouvelles infrastructures (petites et grandes)

4. Modèle SIG du nexus eau, alimentation et énergie pour le SASS

Ce chapitre présente les principales caractéristiques d'un nouveau modèle intégré du nexus eau, alimentation, énergie dans le SASS, élaboré dans le cadre de l'évaluation nexus. Il présente quelques résultats illustratifs qui démontrent le potentiel de ce modèle pour la quantification des liens intersectoriels, ce qui en fait un précieux outil pour appuyer la prise de décisions en matière de politiques hydriques, énergétiques et alimentaires. L'une des particularités essentielles de ce modèle est qu'il a été développé avec un logiciel libre[39], afin de faciliter sa diffusion et la poursuite de son développement par les experts et les décideurs locaux.

Le modèle tient compte des éléments clés du secteur agricole et de son incidence sur les ressources hydriques et énergétiques. Il met en évidence leurs interdépendances et aborde un certain nombre de questions relatives à ces interactions. Il s'appuie sur un Système d'Information Géographique (SIG) pour modéliser spatialement les dynamiques du système. Dans une zone aussi vaste que le bassin du SASS, les conditions physiques (par exemple les superficies cultivées, les types de cultures, et la profondeur des eaux souterraines), les ressources naturelles (comme le rayonnement solaire ou la vitesse du vent) et les paramètres économiques (notamment le prix des combustibles fossiles et le coût des technologies) peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre. Le modèle SIG permet d'évaluer et d'analyser les interactions entre ces paramètres dont les valeurs changent avec leur localisation. L'annexe 4 fournit des informations complémentaires sur les données utilisées et leurs sources.

La présente version du modèle s'appuie sur les données locales fournies par les pays et les principales hypothèses ont été élaborées avec des experts locaux[40] afin de représenter les caractéristiques régionales (par exemple les types de cultures, le calendrier cultural, les techniques d'irrigation, les types de pompes, etc.). Le secteur agricole a été modélisé à l'aide de données SIG en libre accès relatifs à l'occupation du sol. Les données du SIG ont permis de reproduire de manière détaillée la répartition des terres cultivées dans l'intégralité du bassin, avec une résolution de 20 mètres carrés. Ces dernières ont été ensuite calibrées en supprimant les sources d'erreurs de classification (telles que la végétation éparse, les cultures pluviales et les cultures irriguées par les eaux de surface) et en les concordant avec les statistiques locales relatives aux terres agricoles irriguées par les eaux souterraines. Les données étant insuffisantes pour cartographier les cultures en détail, les délimitations des terres agricoles ont été classées par type de cultures (palmiers dattiers, légumes et olives principalement) dans chaque province, en supposant que les cultures étaient également réparties dans chaque délimitation des terres agricoles dans chaque province. Une estimation des besoins en eau pour l'irrigation de chaque type de culture dans chaque région a ensuite été réalisée, selon trois scénarios correspondants à différentes techniques d'irrigation. La demande en électricité pour le pompage et la déminéralisation des eaux saumâtres a également été calculée. Une comparaison en termes de coût de l'énergie a été effectuée entre l'approvisionnement en électricité à partir du réseau et à partir de trois solutions autonomes (énergie éolienne, systèmes solaires photovoltaïques et générateurs diesel), ce qui a permis de mettre en évidence la solution la moins coûteuse dans chaque région. Enfin, une analyse de sensibilité a été réalisée pour évaluer l'incidence d'une réduction du coût des technologies renouvelables et de l'augmentation du prix des combustibles fossiles.

4.1 Aperçu de la méthodologie

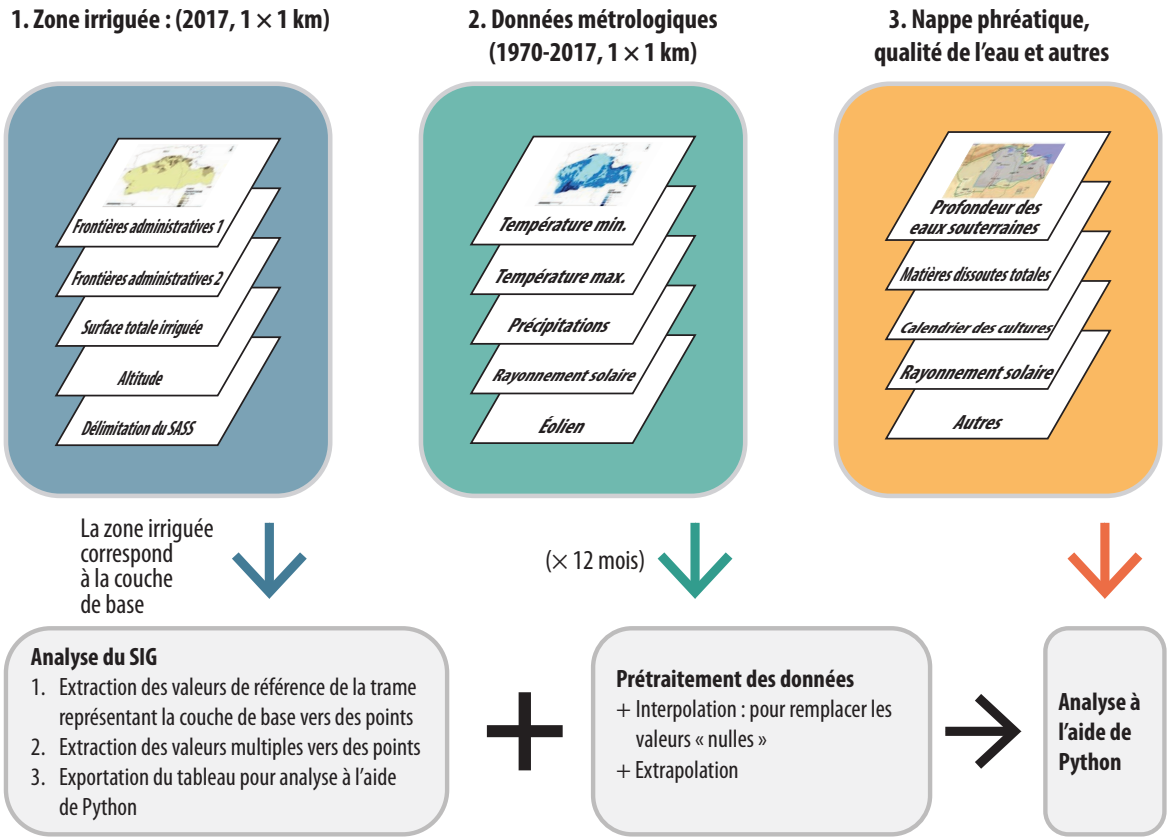
Le schéma de la méthodologie[41] utilisée pour la présente étude est représenté dans la figure 2. Ses principales étapes consistaient à collecter les couches de données pertinentes du SIG (voir l'annexe 4), à traiter ces données avec un logiciel SIG, à projeter les couches dans un système de coordonnées de référence commun et à réduire ou mettre à l'échelle, ou extrapoler les données lorsque nécessaire. Un ensemble de données contenant toutes les couches du SIG dans une trame de données commune a ensuite été exporté et traité à l'aide du langage de programmation Python. Plusieurs scripts Python ont été exécutés afin de déterminer les besoins en eau pour l'irrigation, les besoins en énergie électrique pour le pompage et la déminéralisation des eaux saumâtres et les solutions d'approvisionnement électrique les moins coûteuses.

[39] De plus amples informations sont disponibles à l'adresse suivante : https://github.com/KTH-dESA/NWSAS

[40] Principalement issus de l'OSS. Le Comité libyen et les acteurs qui ont participé aux ateliers de consultation nationaux ont également apporté leur contribution.

[41] Cette méthodologie s'appuie sur le travail précédemment réalisé par , *A GIS-based approach for productive uses of electricity – The case study of water and electricity demand for agriculture in Tanzania*. Université de Thessalie, Volos (Grèce). Disponible à l'adresse https://ir.lib.uth.gr/xmlui/bitstream/handle/11615/49064/17915.pdf?sequence=1), qui s'inspire essentiellement des documents suivants de la FAO : *FAO Irrigation and drainage Paper 56-Guidelines for computing crop water requirements* (Allen *et al*., 1998) et Irrigation Water Management; Training Manual for small-scale pumped irrigation (Kay et Hatcho, 1992)

FIGURE 3 :
Représentation schématique de la méthode d'estimation de la demande d'électricité pour l'irrigation avec les eaux souterraines



Afin d'estimer les besoins en eau pour l'irrigation, on a calculé l'évapotranspiration dans l'intégralité de la zone. L'évapotranspiration est le processus par lequel l'eau est transférée de la terre vers l'atmosphère, par l'absorption de l'humidité du sol et d'autres surfaces et par la transpiration par les plantes. Elle a été mesurée à l'aide de la méthode FAO-Penman-Monteith[42] et des données climatiques mensuelles du SIG, qui couvrent notamment les précipitations, la vitesse du vent, ainsi que les températures minimales, moyennes et maximales. Les propriétés spécifiques des cultures sélectionnées pour l'analyse, telles que le calendrier et le coefficient cultural, ont été prises en compte. Le calendrier cultural décrit mensuellement les phases de croissance de chaque type de culture, qui comprennent la phase initiale (la plantation), le développement de la plante, la mi-saison (la croissance), et puis la fin de saison (la récolte). Le coefficient cultural est un paramètre propre à chaque culture, utilisé conjointement avec l'évapotranspiration et les pluies efficaces afin d'estimer les besoins en eau de la culture concernée. Les pluies efficaces ont alors été calculées pour chaque maille de la grille. Une fois déterminés l'évapotranspiration, le calendrier cultural et les pluies efficaces caractéristiques d'une culture donnée, les besoins en eau d'irrigation ont pu être évalués mensuellement pour chaque type de culture. Par ailleurs, **trois différentes techniques d'irrigation ont été considérées** : l'irrigation de surface à faible efficacité (45 %), l'irrigation de surface à efficacité élevée (65 %) et l'irrigation goutte à goutte (85 % d'efficacité).

Calcul des besoins en électricité. Les besoins en énergie électrique pour le pompage des eaux souterraines vers la surface ont été calculés à partir de l'estimation des besoins en eau d'irrigation et des données relatives à la profondeur des eaux souterraines. Des équations hydrauliques de base ont permis d'effectuer le calcul. Les besoins en énergie électrique pour le dessalement des eaux saumâtres ont également fait l'objet d'une estimation. Des niveaux de qualité de l'eau, exprimés par la teneur en matières dissoutes totales (MDT) ont été attribués à chaque province, en fonction des données fournies par la FAO et les experts locaux. Trois différents seuils de MDT (2 000, 2 500 et 3 000 mg/L) ont permis de déterminer si l'eau devait être dessalée, en vue d'évaluer l'incidence éventuelle des cultures résistantes à la salinité sur les besoins énergétiques.

[42] Allen *et al.*, 1998. *FAO Irrigation and drainage Paper 56 - Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements)*

Afin de répondre aux besoins énergétiques, trois solutions de production électrique autonomes ont été évaluées : l'énergie éolienne, les systèmes solaires photovoltaïques et les générateurs diesel. Le coût actualisé de l'électricité (LCOE) pour chaque technologie a été calculé en tenant compte des variables économiques propres à chaque technologie, telles que les dépenses d'investissement (CAPEX) et les dépenses de fonctionnement (OPEX), mais aussi des variables spécifiques à chaque pays comme le coût du diesel et celui de l'électricité fournie par le réseau. Concept fondé sur le coût du cycle de vie, le coût actualisé de l'électricité (LCOE) correspond au prix de vente qui rentabilise une installation de production électrique sur sa durée de vie. Il tient compte de l'ensemble des biens matériels et des ressources nécessaires pour réaliser une unité de production électrique, notamment de toutes les dépenses (coûts d'investissement, coûts d'exploitation et de maintenance, coût du carburant) et recettes générées par la vente d'électricité[43]. Les valeurs LCOE obtenues ont permis de comparer les différentes solutions d'approvisionnement dans chaque pays et de mettre en évidence la moins coûteuse d'entre elles. La valeur LCOE de chaque technologie peut grandement varier d'une région à une autre. Elle dépend en outre des paramètres spécifiques au site tels que la puissance requise (en raison de la demande énergétique, laquelle dépend de la demande en eau, de la profondeur de la nappe et de l'efficacité du pompage) et les ressources naturelles disponibles (comme le rayonnement solaire et la vitesse du vent).

Différentes solutions d'approvisionnement sont actuellement utilisées dans chaque pays. D'après les publications existantes[44] et les consultations réalisées auprès des experts locaux, il apparaît que l'Algérie et la Tunisie ont recours à des pompes aussi bien diesel qu'électriques, tandis qu'en Libye, toutes les pompes sont électriques et raccordées au réseau. En raison du manque de données publiques[45], il a été considéré qu'en Libye, toutes les pompes sont alimentées par le réseau, tandis qu'en Algérie et en Tunisie, elles fonctionnent avec des générateurs diesel. Cette hypothèse peut également se justifier par le fait que le coût de production d'1 kWh par des générateurs diesel[46] est d'environ 0,02 dollar des États-Unis (É.-U.) en Algérie et de 0,06 dollar É.-U. en Tunisie, c'est-à-dire inférieur au prix de l'électricité fournie par le réseau, qui est respectivement de 0,03 et 0,1 dollar É.-U.[47]. C'est la raison pour laquelle, dans cette analyse, nous comparons la compétitivité du pompage par énergie solaire photovoltaïque et du pompage par des éoliennes à petite échelle avec la solution la moins coûteuse, comme le résume le tableau 14.

TABLEAU 14 :
Comparaison des technologies d'approvisionnement en énergie utilisées dans chaque pays

Pays	Technologies comparées
Algérie	Pompes diesel, pompes à énergie solaire photovoltaïque et pompes éoliennes à petite échelle
Libye	Pompes électriques alimentées par le réseau*, pompes à énergie solaire photovoltaïque et pompes éolienne à petite échelle
Tunisie	Pompes diesel, pompes à énergie solaire photovoltaïque et pompes éoliennes à petite échelle

*Les seules pompes raccordées au réseau, toutes les autres étant des solutions autonomes

Enfin, une analyse de sensibilité a été réalisée, afin d'étudier l'incidence des paramètres de coût sur les résultats de la modélisation dans un certain nombre de cas. L'évaluation a porté sur différents niveaux de coûts, en modifiant le montant des dépenses d'investissement (CAPEX) pour les technologies solaire et éolienne, le prix du diesel pour les générateurs fonctionnant avec ce carburant et le tarif de l'électricité pour les pompes alimentées par le réseau.

[43] Reichelstein et Yorston, 2013. « The prospects for cost competitive solar PV power. » (Special section: Long Run Transitions to Sustainable Economic Structures in the European Union and Beyond), *Energy Policy*, vol. 55, p. 117-127. Document disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.11.003

[44] Nabila *et al.*, 2014. « Design of photo voltaic pumping system using water tank storage for a remote area in Algeria ». Document disponible à l'adresse : https://ieeexplore.ieee.org/document/6826981 ; Ahmed *et al.*, 2017. « Energy transition in Algeria's desert: current status and future perspectives ». Document disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/publication/314287634_ENERGY_TRANSITION_IN_ALGERIA'S_DESERT_CURRENT_STATE_AND_FUTURE_PERSPECTIVES

[45] Les cartes du réseau de lignes à moyenne et haute tension des trois pays ne sont pas publiques. Il est donc difficile d'évaluer la répartition des pompes électriques en Algérie et en Tunisie, qui utilisent également des pompes diesel.

[46] Un litre de diesel représentant une valeur énergétique de 10,52 kWh (Kay et Hatcho, 1992). Les prix du diesel en Algérie et en Tunisie sont indiqués dans le tableau 15, pour le niveau de sensibilité 1.

[47] Banque mondiale, 2017. *Electricity Tariffs Power Outages and Firm Performance*. Document disponible à l'adresse : http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf

TABLEAU 15 :
Résumé des données introduites pour l'analyse de sensibilité

Technologies	Paramètre	Unités	Niveaux de sensibilité			Source
			1	2	3	
Groupes électrogènes diesel	Dépenses d'investissement	dollars É.-U./kW	938	938	938	Banque mondiale, 2016[48]
	Exploitation et maintenance	dollars É.-U./kWh	0,1	0,1	0,1	
	Durée de vie	ans	10	10	10	
	Prix du carburant (Algérie)	dollars É.-U./L	0,17	0,21	0,26	
	Prix du carburant (Tunisie)	dollars É.-U./L	0,62	0,78	0,93	
Pompes électriques	Dépenses d'investissement	dollars É.-U./kW	845	845	845	Banque mondiale, 2016 et 2017[49]
	Exploitation et maintenance	dollars É.-U./kWh	0,1	0,1	0,1	
	Durée de vie	ans	10	10	10	
	Prix du carburant (Libye)	dollars É.-U./L	0,168	0,21	0,252	
Éolien	Dépenses d'investissement	dollars É.-U./kW	1 300	1 105	910	IRENA, 2012[50]
	Exploitation et maintenance	dollars É.-U./kWh	0,02	0,02	0,02	
	Durée de vie	ans	20	20	20	
Photovoltaïque	Dépenses d'investissement	dollars É.-U./kW	1 140	970	680	Gager et Lahham, 2019[51] et IRENA, 2012[52]
	Exploitation et maintenance	dollars É.-U./kWh	0,01	0,01	0,01	
	Durée de vie	ans	15	15	15	

Une description des sources de données utilisées et une explication approfondie de la méthodologie adoptée figurent à l'annexe 4 et dans une publication scientifique à paraître[53].

4.2 Principaux résultats

L'inefficacité des techniques d'irrigation constitue un problème majeur dans le bassin du SASS. Il est admis que l'irrigation de surface est utilisée pour plus de 72 % des surfaces cultivées, avec une efficacité moyenne de 42,4 %, et qui peut atteindre 60 % dans le meilleur des cas. L'irrigation par aspersion et l'irrigation goutte à goutte sont employées pour le reste des surfaces,

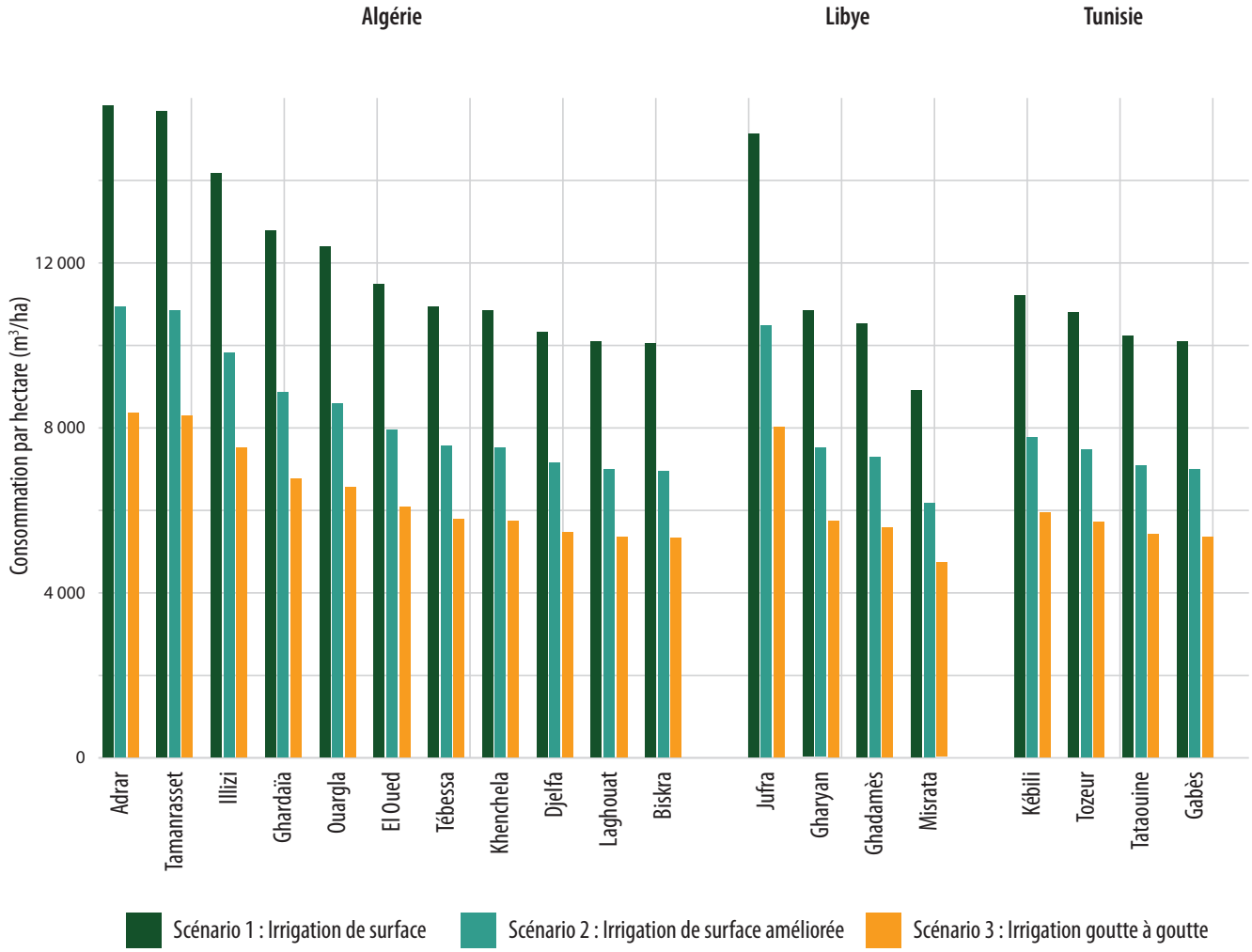
[48] Banque mondiale, 2016. Prix à la pompe de l'essence diesel (en dollars des États-Unis par litre) | Données. Document disponible à l'adresse suivante : https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EP.PMP.DESL.CD?end=2016&locations=DZ-TN-LY&start=2016&view=bar (page consultée le 5 août 2019)
[49] Ibid. ; Banque mondiale, 2017. Electricity Tariffs Power Outages and Firm Performance. Document disponible à l'adresse : http://pubdocs.worldbank.org/en/444681490076354657/Electricity-Tariffs-Power-Outages-and-Firm-Performance.pdf
[50] Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), 2012. « Wind power » *in Renewable energy technologies:Cost analysis series*. Abou Dhabi
[51] Gager, E. et Lahham, N., 2019. « The impact of solar pumping in Tunisia »
[52] IRENA, 2012. « Solar Photovoltaics » in *Renewable energy technologies:Cost analysis series*. Abou Dhabi
[53] Almulla *et al*., à paraître

avec une part respective de 26 % et 2 %[54]. Les besoins en eau par hectare et par province correspondant aux trois scénarios (45 % d'efficacité pour l'irrigation de surface, 65 % d'efficacité pour l'irrigation améliorée et 85 % d'efficacité pour l'irrigation goutte à goutte) sont présentés dans la figure 3. L'amélioration de l'efficacité du système d'irrigation permettrait de réduire de 47 % le prélèvement d'eau du SASS, ce qui représenterait une économie moyenne de 5 500 m³ d'eau par hectare, et une économie supérieure à 7 000 m³ par hectare dans certains endroits tels qu'Adrar ou Tamanrasset en Algérie et Al Jufrah en Libye. S'agissant de la consommation d'eau pour l'irrigation par pays (voir figure 4), elle représente actuellement 71,82 % en Algérie de la consommation totale dans le SASS (soit 2 332,8 millions de m³/an dans le scénario 1), dont 86,48 % sont utilisés à El Oued, Ghardaïa, Ouargla et Adrar. La part de la Libye est de 14,06 % (soit 456,67 millions de m³/an dans le scénario 1) et celle de la Tunisie de 14,12 % (soit 458,73 millions de m³/an dans le scénario 1), dont 66,97 % (soit 307,22 millions de m³/an) sont consommés par Kébili.

Il convient de noter que les économies réalisées grâce à un meilleur rendement risquent d'être absorbées par une demande en eau accrue. Les données existantes montrent que les mesures mises en place dans l'ensemble de la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord pour favoriser une utilisation rationnelle des ressources en eau entraînent fréquemment des effets adverses, à savoir l'expansion de l'agriculture irriguée et le développement de cultures à besoins en eau plus élevés[55] .

FIGURE 4 :

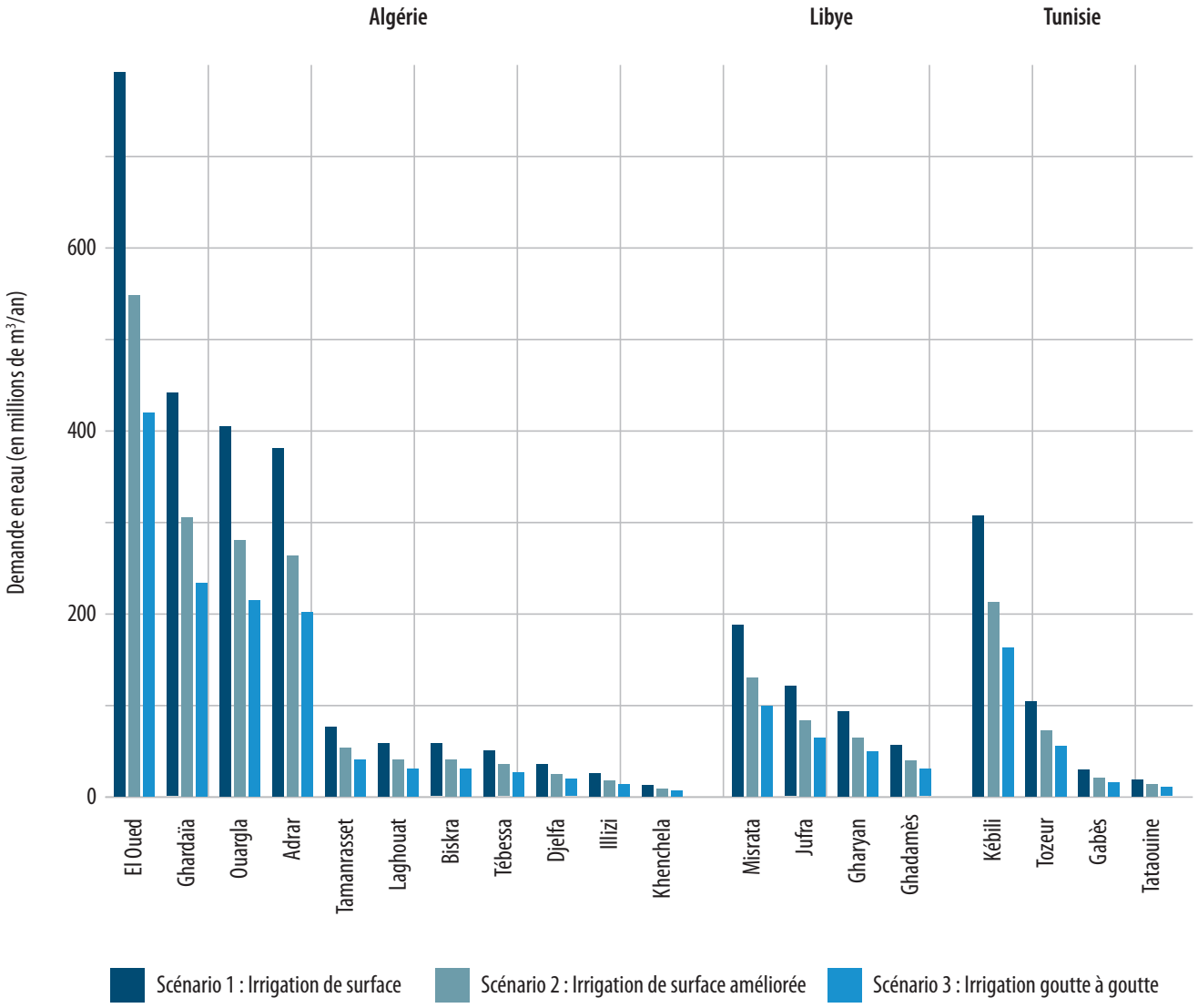
Consommation d'eau par hectare dans le bassin du SASS selon différentes techniques d'irrigation



[54] Programme Eau, Climat et Développement pour l'Afrique (WACDEP), 2015. *Integration Of Climate Change Impacts In The NWSAS Water Resources Management.Report of phase A:Definition of the baseline and choice of climatic scenarios*

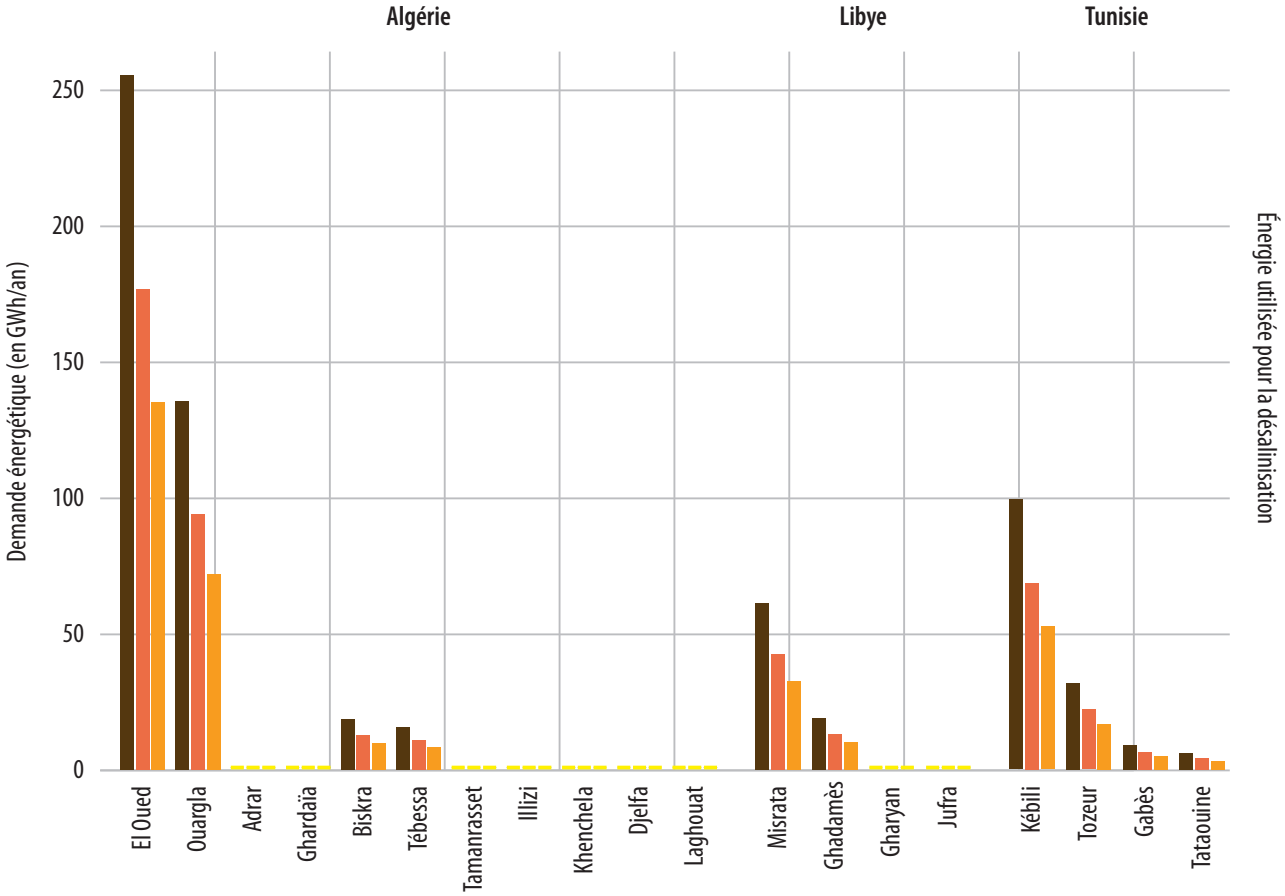
[55] Hoff, *et al.*, 2019. « A Nexus Approach for the MENA Region—From Concept to Knowledge to Action ». *Frontiers in Environmental Science, nº 7*. Document disponible à l'adresse : https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00048 ; Villholth, *et al.*, 2018. *Advances in groundwater governance*. CRC Press/Balkema, Leiden, Pays-Bas ; GIZ Nexus Regional Dialogue Programme, 2018. *Nexus Country Profile - Tunisia*. Document disponible à l'adresse : https://www.water-energy-food.org/resources/resources-detail/nexus-country-profile-tunisia/

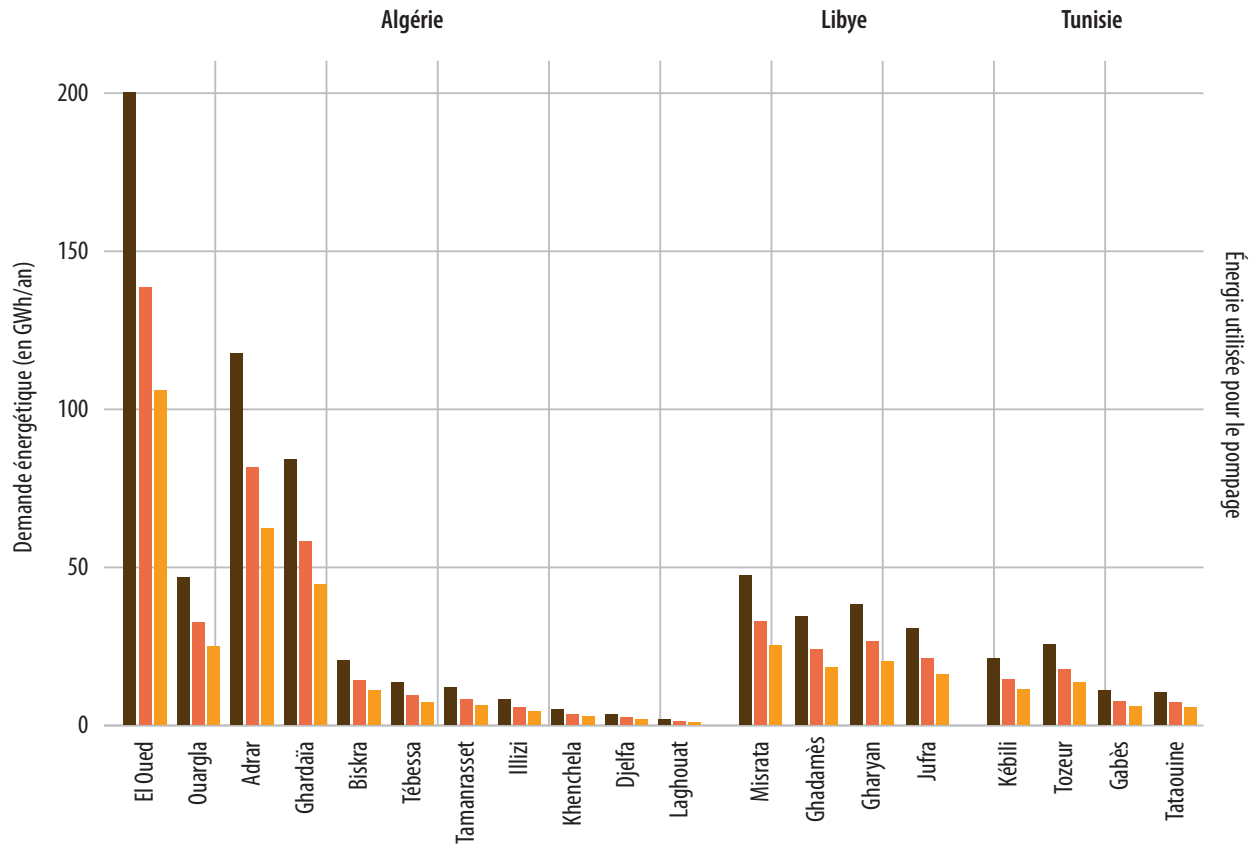
FIGURE 5 :
Demande en eau pour l'irrigation dans le bassin du SASS pour différentes techniques d'irrigation



L'énergie nécessaire au pompage de l'eau souterraine à des fins d'irrigation des terres cultivées est d'environ 730 GWh par an dans la région du SASS. L'Algérie est à l'origine de quelque 70 % (soit 512 GWh par an) de ces besoins énergétiques, particulièrement les régions d'El Oued, d'Adrar et de Ghardaïa, qui à elles seules en représentent 55 % (soit 78 % de la demande nationale). Cela s'explique par le volume important d'eau pompée chaque année dans ces trois provinces. En Libye, l'énergie nécessaire au pompage atteint 150 GWh par an, soit environ 21 % des besoins à l'échelle du SASS, la demande la plus forte provenant de Misrata, qui consomme légèrement plus que les autres provinces libyennes. Enfin, avec 67 GWh par an, la demande énergétique de la Tunisie est d'environ 9 % à l'échelle du SASS. Les provinces tunisiennes où la demande est la plus forte sont respectivement Kébili et Tozeur. À cet égard, il est intéressant de signaler que, si le volume annuel d'eau pompée est plus important à Kébili, les besoins en énergie sont plus élevés à Tozeur. La raison principale en est la profondeur du niveau de la nappe, qui est en moyenne de 43 m à Tozeur , soit près de deux fois plus qu'à Kébili (26 m).

FIGURE 6 :
Demande énergétique pour le pompage des eaux souterraines et le dessalement des eaux saumâtres d'une teneur maximale en MDT de 2 500 mg/L ± 500 mg/L





L'énergie nécessaire au dessalement varie en fonction des régions, en particulier dans la partie algérienne du bassin. À El Oued, l'énergie nécessaire au dessalement des eaux saumâtres d'un niveau de MDT compris entre 2 000 et 3 000 mg/L oscille de 264 à 246 GWh par an, soit environ 40 % à l'échelle du bassin du SASS. Vient ensuite Ouargla, avec 140 à 131 GWh par an ; cependant, en matière d'énergie nécessaire au pompage, Ouargla ne se situe qu'à la cinquième place à l'échelle du bassin du SASS. Cela s'explique par la faible profondeur des eaux souterraines et par le taux élevé de MDT dans cette province. Par ailleurs, dans certaines provinces, à savoir Adrar, Ghardaïa, Gharyan et Al Djoufrah, la demande énergétique pour le pompage est importante, mais inexistante pour le dessalement, pour les trois niveaux de MDT évalués. De même, à Tébessa (Algérie), Tozeur (Tunisie) et Gabès (Tunisie), la consommation d'énergie pour le dessalement est nulle lorsque le niveau de MDT est de 3 000 mg/L. Néanmoins, pour des niveaux de MDT atteignant les seuils de 2 500 mg/L et de 2 000 mg/L, l'énergie nécessaire au dessalement peut même être plus importante que l'énergie nécessaire au pompage dans certaines de ces régions. Si l'on fixe un seuil de 2 000 mg/L de MDT, l'énergie nécessaire au dessalement dans le bassin du SASS est approximativement de 685 GWh par an, mais si l'on élève ce seuil à 3 000 mg/L, les besoins ne sont plus que de 574 GWh par an, soit une diminution d'environ 16 % (110 GWh par an).

Ces résultats suggèrent que les cultures ayant une haute tolérance au sel peuvent permettre d'éviter le recours au dessalement et constituent une bonne solution pour les zones agricoles situées dans les régions où les ressources hydriques présentent un fort taux de salinité. En d'autres termes, le processus de planification des projets de dessalement doit prendre en considération le type de cultures et s'appuyer sur des choix agricoles avisés quant aux niveaux de salinité acceptables et à la tolérance à la salinité des cultures, qui sont susceptibles de réduire le besoin de dessalement.

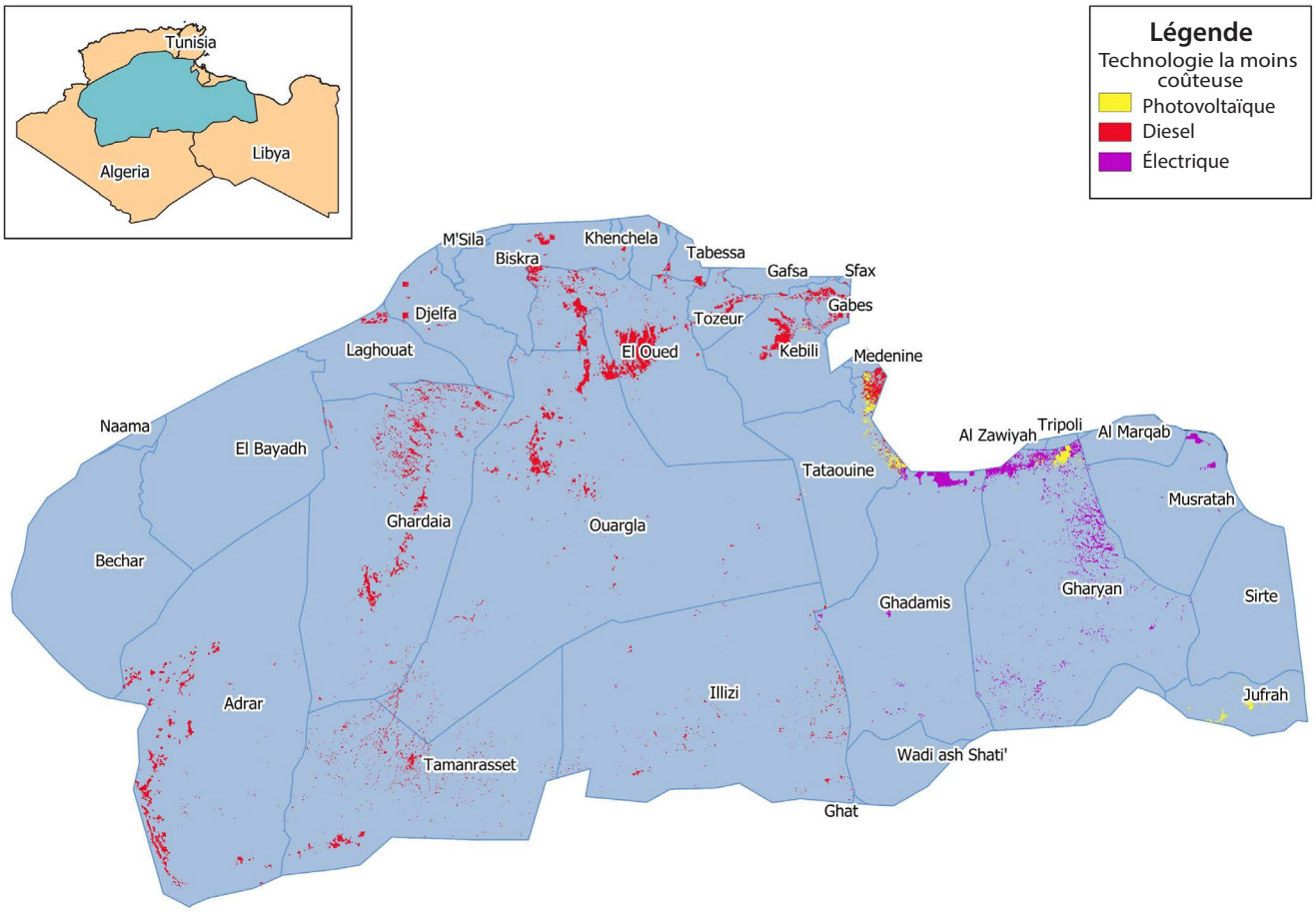
En ce qui concerne l'offre, la structure du modèle actuel tient compte des caractéristiques techniques et économiques des technologies sélectionnées dans chaque pays (voir les tableaux 12 et 13). Elle prend également en compte le rayonnement solaire et la vitesse du vent sur chaque site (données issues des couches SIG), ainsi que le prix des combustibles, et elle s'appuie sur le calcul de la demande d'électricité pour chaque maille du réseau (comme indiqué dans les étapes précédentes). À ce stade, elle identifie l'option la plus rentable pour fournir la quantité d'énergie requise en fonction de son LCOE. Les premiers résultats apportent des éclairages intéressants qui méritent d'être examinés plus en détail. En particulier, le modèle montre que la compétitivité des systèmes d'irrigation photovoltaïque est plus sensible à la baisse du coût des investissements qu'à la réduction des subventions accordées au diesel. Ces résultats sont présentés de manière plus détaillée ci-après.

A. Incidence du coût des technologies :
Compte tenu du coût actuel des systèmes photovoltaïques (environ 1 140 dollars É.-U. par kilowatt)[56] et des subventions accordées aux énergies fossiles dans la région, les sources d'approvisionnement en électricité à partir des combustibles fossiles conventionnels et du réseau existant sont plus rentables. La figure 7 illustre ces résultats et montre que l'ensemble de la région est approvisionné par des groupes électrogènes diesel ou par le réseau électrique (alimenté quasi exclusivement par les combustibles fossiles). Il n'est pas exclu que, dans un avenir proche, la courbe de l'apprentissage et la baisse du coût des technologies entraînent une diminution du coût de l'électricité photovoltaïque dans la région[57].

[56] Les coûts sont tirés d'une étude récente sur le pompage solaire en Tunisie (Gager, E. et Lahham, N., 2019. « The impact of solar pumping in Tunisia »). D'après les estimations, ils sont semblables en Algérie et en Libye.

[57] D'après le World Energy Outlook 2018 (Perspectives énergétiques mondiales 2018) de l'AIE, le coût de l'énergie solaire photovoltaïque au Moyen-Orient devrait baisser de 44 % entre 2017 et 2030 dans le scénario des nouvelles politiques et de 54 % d'ici à 2030 dans le scénario de développement durable. Source : AIE, 2018. « World Energy Outlook ».
Les hypothèses émises dans le cadre du scénario des nouvelles politiques et du scénario de développement durable sont disponibles (en anglais) à l'adresse suivante : https://www.iea.org/reports/world-energy-model/policies-database#abstract

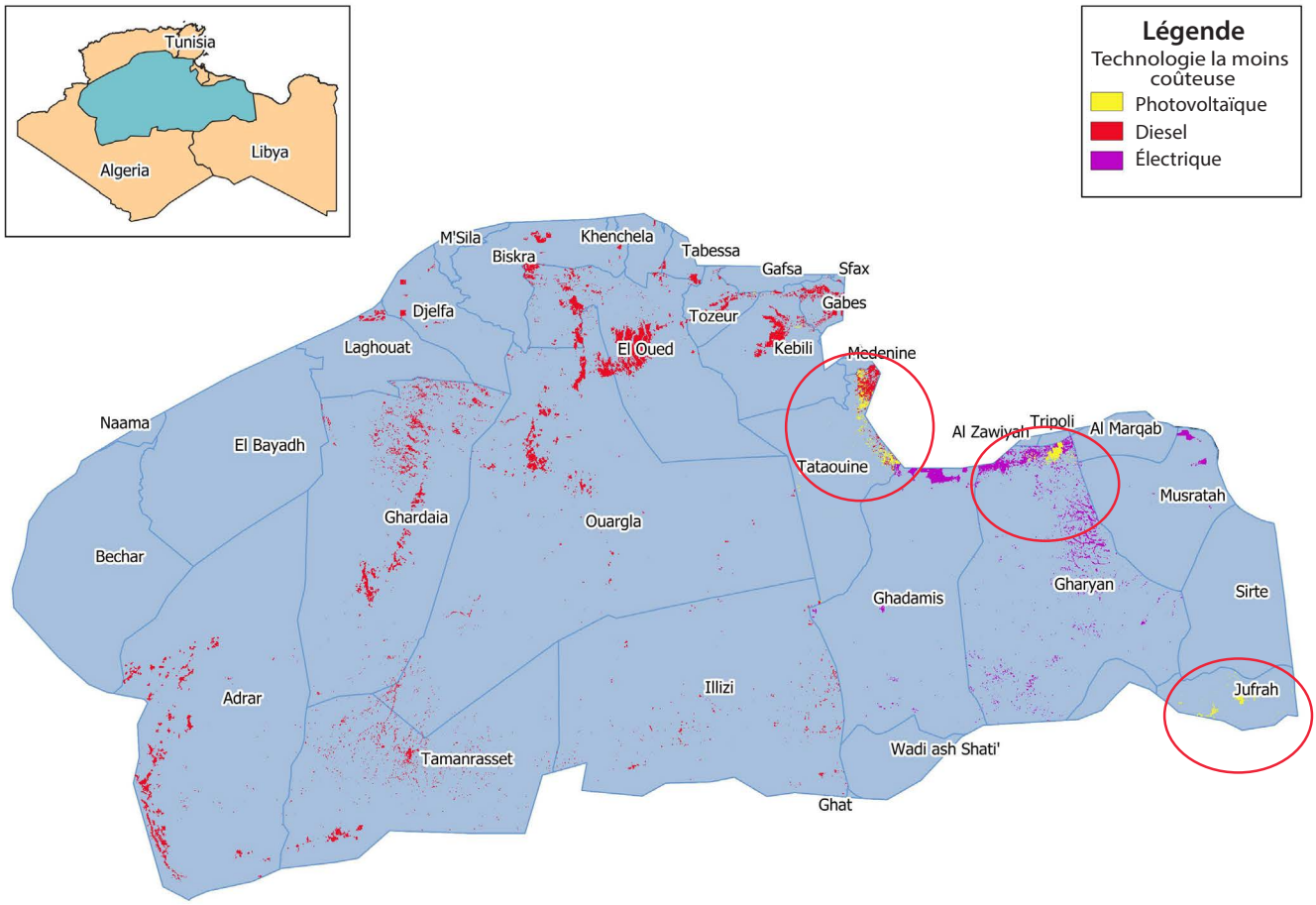
FIGURE 7 :
L'option de combinaison technologique d'approvisionnement la moins coûteuse pour le scénario 1 (CAPEX de niveau 1)



Si le coût de la technologie photovoltaïque solaire est ramené à 970 dollars É.-U./kW (soit 15 % de moins qu'à l'heure actuelle), cette solution deviendra compétitive sur les marchés tunisien et libyen, comme illustré dans la figure 7. Plus particulièrement, Tataouine (qui, étant située au sud de la Tunisie, reçoit un rayonnement solaire intense) entamera sa transition vers le solaire avant les provinces algériennes, car le diesel est plus cher en Tunisie (0,62 dollar É.-U./L) qu'en Algérie (0,17 dollar É.U./L)[58]. Du côté libyen, l'énergie solaire photovoltaïque se développera d'abord à Al Djoufrah et au nord de Gharyan, car c'est dans ces deux provinces que la demande en eau d'irrigation (en m^3/ha) est la plus forte. Le modèle montre simplement que, dans les régions où la demande hydrique est élevée, la baisse du coût de la technologie photovoltaïque peut rapidement contribuer à accroître l'attractivité des pompes photovoltaïques autonomes et sans coût d'exploitation aux yeux des agriculteurs, et ce même si l'électricité fournie par le réseau est bon marché.

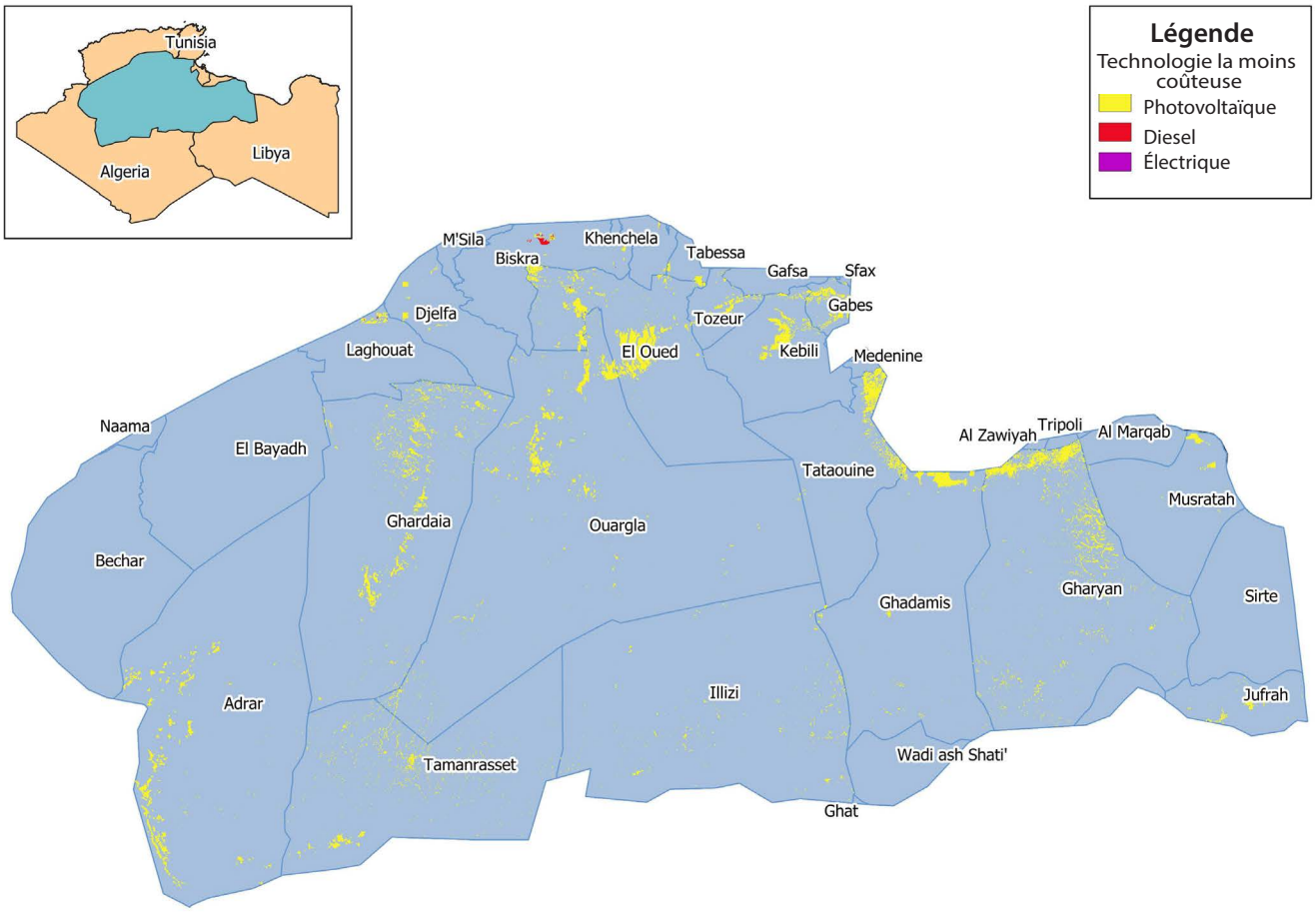
[58] Banque mondiale, 2016. Prix à la pompe de l'essence diesel (en dollars des États-Unis par litre) | Données. Document disponible à l'adresse suivante : https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/EP.PMP.DESL.CD?end=2016&locations=DZ-TN-LY&start=2016&view=bar (page consultée le 5 août 2019)

FIGURE 8 :
L'option de combinaison technologique d'approvisionnement la moins coûteuse pour le scénario 2 (CAPEX de niveau 2)



Si le coût des systèmes photovoltaïques solaires baisse pour n'atteindre que 680 dollars É.-U./kW (c'est-à-dire 30 % de moins qu'à l'heure actuelle), l'énergie solaire deviendrait la solution la plus compétitive dans l'ensemble de la région du SASS, comme le montre la figure 9.

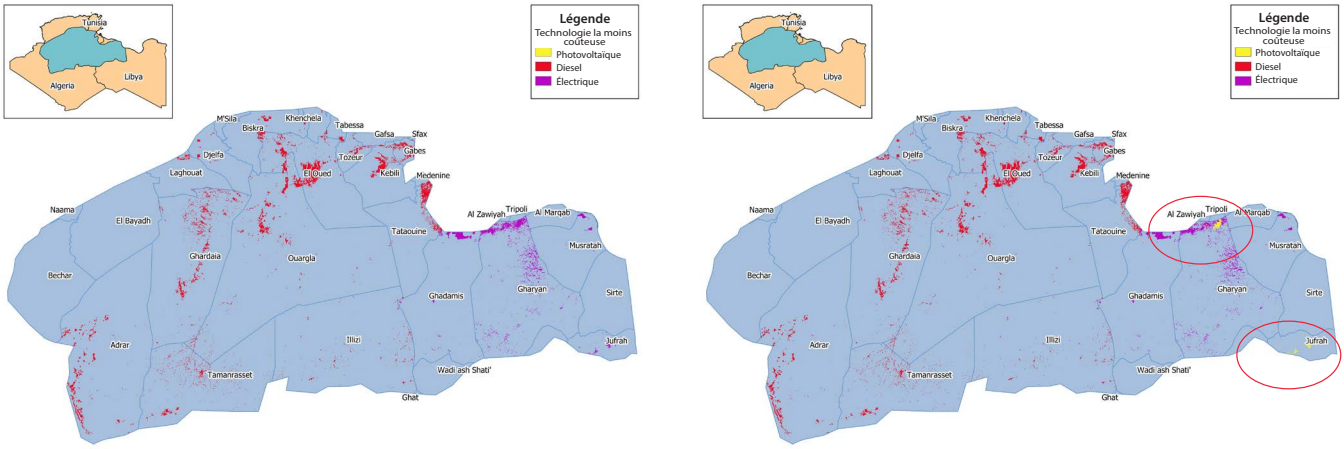
FIGURE 9 :
L'option de combinaison technologique d'approvisionnement la moins coûteuse pour le scénario 3 (CAPEX de niveau 3)



Il convient de préciser que le modèle ne propose aucune implantation d'éoliennes sous aucun des scénarios et dans aucune des régions. Cela signifie que les éoliennes de petite échelle ne sont pas compétitives d'un point de vue économique par rapport aux autres technologies examinées, quel que soit le niveau CAPEX considéré.

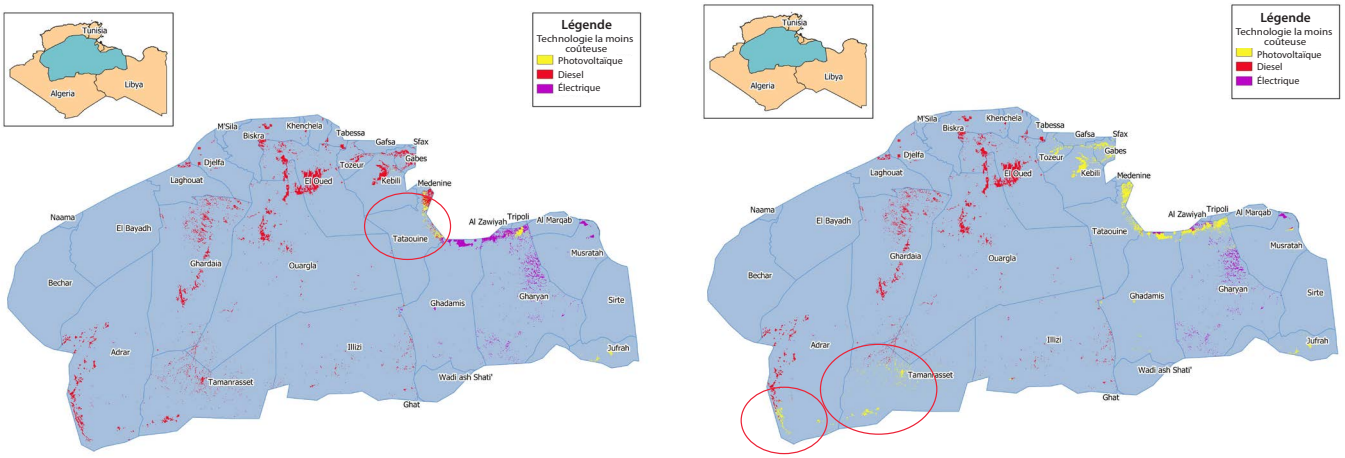
B. Incidence du prix des combustibles :
Dans cette section, nous examinons les effets de l'augmentation du prix des combustibles fossiles en raison du changement des subventions sur les combustibles (diesel ou électricité). L'examen a été réalisé pour trois niveaux de prix : le niveau actuel ainsi que les niveaux après une hausse de 30 % et une hausse de 50 %, comme le montre le tableau 15. Dans les paragraphes ci-après, une comparaison est établie entre le niveau actuel (prix des combustibles de niveau 1) et le niveau plus élevé de 50 % (prix des combustibles de niveau 3), soit les deux extrêmes étudiés, associés au coût des technologies (CAPEX niveau 1 et 2) (comme il a déjà été indiqué, pour un CAPEX niveau 3, l'énergie solaire photovoltaïque apparaît comme la solution d'approvisionnement la moins coûteuse sur l'ensemble du bassin).

FIGURE 10 :
Comparaison entre les solutions d'approvisionnement en électricité avec CAPEX niveau 1 et pour différents niveaux de subvention des combustibles



Si l'on considère le CAPEX de niveau 1 (à savoir un coût des technologies de 1 140 dollars É.-U./kW), une augmentation de 50 % du prix des combustibles se traduirait par un développement modéré de l'énergie solaire sur le seul marché libyen. Les provinces où la consommation en eau est la plus élevée (Al Djoufrah et Gharyan) utiliseront l'énergie solaire afin de couvrir les besoins en énergie pour le pompage au lieu de recourir, comme à l'heure actuelle, au réseau électrique national. Il convient de noter que, comme indiqué précédemment, ces deux provinces passeront à l'énergie solaire si le niveau CAPEX atteint 970 dollars É.-U./kW, même si le prix des combustibles n'augmente pas.

FIGURE 11 :
Comparaison entre les solutions d'approvisionnement en électricité avec un CAPEX niveau 2 et pour différents niveaux de subvention des combustibles



Un CAPEX niveau 2 (970 dollars É.-U./kW) entraînera l'apparition de systèmes photovoltaïques solaires à Tataouine (Tunisie), ainsi qu'à Al Djoufrah et à Gharyan (Libye) (figure 11, partie de gauche). Cependant, si le prix des combustibles augmente de 50 %, l'énergie photovoltaïque solaire serait la solution la moins onéreuse dans toutes les provinces tunisiennes (en raison du coût élevé du diesel) et dans la plupart des provinces libyennes où le rayonnement solaire et les besoins en irrigation sont élevés. L'énergie solaire photovoltaïque commencerait également à se développer dans les provinces algériennes où le rayonnement solaire est intense, comme Adrar et Tamanrasset (figure 10, partie de droite).

Cette comparaison permet de conclure que la baisse du coût des investissements a une plus grande influence sur la compétitivité des systèmes d'irrigation solaire photovoltaïque hors réseau dans la région du SASS que les mesures ciblant les subventions accordées aux combustibles. Cela signifie que, en ce qui concerne le secteur agricole, la mise au point d'un système efficace de soutien financier aux agriculteurs pour leur donner accès à la technologie solaire aurait plus d'effet que la levée des subventions de l'énergie à la consommation dont ils bénéficient. D'un autre côté, mettre à la disposition des agriculteurs une technologie d'irrigation sans coût d'exploitation peut entraîner une augmentation des prélèvements d'eaux, intensifiant ainsi la pression

déjà exercée sur l'aquifère[59]. Ce problème fondamental souligne qu'il est essentiel d'accompagner les politiques relatives à l'encouragement des systèmes photovoltaïques par des mesures visant à préserver les ressources en eau et à les utiliser de manière efficace (chapitre 3).

Les implications complexes des éclairages apportés par cette modélisation appellent une analyse plus approfondie, qui permettra notamment de compléter les données initiales du modèle avec d'autres paramètres importants susceptibles d'affecter les résultats. À titre d'exemple, la prise en compte de la disposition géographique du réseau électrique (lignes de transmission et de distribution) permettrait d'évaluer de manière plus précise la distribution des pompes qu'il alimente. Par ailleurs, si elle s'appuyait sur le coût de production de l'électricité dans chaque pays, au lieu des prix à la consommation utilisés dans le cadre de cette étude afin de refléter le point de vue des consommateurs, la comparaison du LCOE refléterait de manière plus exacte les coûts pour les producteurs ainsi que la baisse des coûts des systèmes photovoltaïques solaires nécessaire pour rendre les investissements photovoltaïques compétitifs dans ces marchés au-delà des pompes photovoltaïques autonomes. De telles améliorations permettraient notamment d'étudier la compétitivité des projets solaires à objectifs multiples, y compris la production d'électricité à grande échelle.

[59] Belaud *et al.*, 2020. « Irrigation and energy: issues and challenges ». *Irrigation and Drainage*, numéro spécial : « Innovations in irrigation systems in Africa », vol. 69, n° S1, p. 177-185

5. Conclusions et recommandations

Le présent rapport aborde les enjeux auxquels fait face le bassin du SASS dans les secteurs de l'énergie, de l'alimentation, de l'eau et de l'environnement et propose une approche coordonnée et coopérative pour résoudre le problème commun de la dégradation des eaux souterraines dans la zone. Les défis et les solutions ont été identifiées et développés en collaboration avec les autorités et parties prenantes des trois pays partageant l'aquifère qui ont contribué au processus participatif de l'évaluation nexus. Cette évaluation s'est appuyée, entre autres, sur les discussions des groupes de travail multisectoriels aux niveaux national et transfrontalier.

Les défis sont décrits selon les différentes perspectives sectorielles et font distinguer les défis rencontrés dans les secteurs de l'énergie, de l'alimentation, de l'eau et de l'environnement, qui sont en partie liés à des facteurs externes au bassin (sécurité hydrique, énergétique et alimentaire), de la dégradation de l'environnement et des impacts intersectoriels. La situation socioéconomique délicate de la région du SASS et la forte dépendance de son agriculture à l'irrigation sont les principaux enjeux auxquels il faudra répondre. Cela montre l'interconnexion de tous les secteurs, non seulement en raison de leur forte dépendance aux ressources en eaux souterraines communes, de plus en plus dégradées et épuisées, mais également en raison des liens au niveau politique en ce qui concerne les aspects économiques de l'utilisation et de la tarification de l'eau, les pratiques et l'innovation dans les secteurs de l'alimentation et de l'eau, et la lutte contre le changement climatique. La consommation croissante d'eau pour l'irrigation est facilitée par la disponibilité de l'électricité et des combustibles fossiles bon marché, alors qu'à l'inverse, l'utilisation d'autres ressources non conventionnelles et des eaux usées traitées est limitée par le coût élevé des technologies et des infrastructures nécessaires.

Le rapport propose un ensemble de solutions nexus, chacune constituée d'une série d'actions à mener dans les différents secteurs. Il indique également quels sont les acteurs les plus aptes à guider leur mise en œuvre et à faciliter la constitution des partenariats sectoriels nécessaires. Les secteurs doivent renforcer l'action dans les domaines qui leur sont propres (par exemple la gestion de la demande en eau, l'application des cadres réglementaires et juridiques pour l'utilisation de l'eau ou des terres, ou encore la planification des énergies renouvelables). Une coopération intersectorielle plus forte leur assurerait également un soutien significatif et de meilleures synergies (par exemple : la valorisation énergétique à partir du traitement des eaux usées, l'adoption de pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement en vue de préserver l'eau et les sols et d'augmenter les rendements, et l'autonomisation des femmes et des jeunes afin de mettre en œuvre des innovations dans les zones rurales). L'élaboration des solutions nexus s'est appuyée sur les objectifs de la politique stratégique des pays, leur expérience et les enseignements tirés de la mise en œuvre de solutions similaires. Elles peuvent donc être considérées comme hautement prioritaires et réalisables. Etant le résultat d'un processus officiel préconisant d'étendre la coopération au-delà de la question de l'eau, l'ensemble de solutions nexus sert de point de départ pour les discussions sur le renforcement de la coopération et de la coordination pour tirer avantage des multiples bénéfices.

Les solutions nexus visent à stimuler la coopération intersectorielle en vue d'accroître l'efficacité des solutions mises en place par chaque secteur (coopération au niveau des interventions) et d'atteindre de manière plus efficace des objectifs stratégiques qui figurent ou devraient figurer dans les programmes de l'ensemble des secteurs (objectifs intersectoriels). La mise en œuvre des action nexus contribuerait à la réalisation cohérente des objectifs communs tels l'Agenda 2030 pour le Développement Durable et les engagements internationaux en matière d'action pour le climat (Accord de Paris). À cette fin, l'ensemble de solutions peut constituer un cadre pour les propositions et requêtes de programmes, projets ou activités multisectorielles dans le SASS. Étant donné la cohérence des politiques qui doit être ancrée dans la coordination des actions sectorielles et la manière dont ces dernières peuvent être « regroupées », les pays peuvent utiliser les solutions nexus pour :

1. élaborer des propositions de projets aux bailleurs de fonds internationaux désireux de financer le développement durable ou aux fonds pour le climat ou l'environnement ;

2. mieux coordonner la mise en œuvre des projets et des politiques dans les domaines de l'agriculture, de l'énergie et de l'eau.

L'ensemble de solutions visant « la planification cohérente pour un développement durable dans le SASS » est un plan d'action à l'échelle du bassin qui réduit les arbitrages et accroît les synergies entre les politiques sectorielles dans le SASS ; celui portant sur « le renforcement de la résilience locale face aux défis auxquels est confronté le bassin » peut être le point de départ d'un plan d'adaptation au climat ; alors que celui s'intéressant à « l'économie circulaire axée

sur les ressources en eau non conventionnelles et l'énergie renouvelable » peut contribuer à la coordination des actions relatives à l'eau, à l'énergie et à l'alimentation en vue du développement durable des oasis.

Si les solutions ciblent principalement la coopération intersectorielle aux niveaux national et local ou infranational, c'est-à-dire à l'échelle où les politiques sont élaborées et mises en œuvre, certaines d'entre elles sont cependant axées sur la coopération transfrontalière et internationale. Ainsi, le rapport met en exergue les avantages potentiels de la valorisation des produits locaux de la région, et illustre l'importance d'améliorer les informations relatives aux besoins environnementaux au sein du bassin afin de permettre d'établir un bilan détaillé des ressources en eau de l'aquifère, tenant compte de tous les besoins hydriques sectoriels (en quantité et en qualité, par zone) et de leurs tendances dans le temps.

L'analyse nexus s'appuie sur l'examen approfondi des secteurs en lien avec les ressources naturelles (voir partie B du rapport), qui a consisté, entre autres, à établir un modèle nexus intégré entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes afin de quantifier leurs interconnexions clés (par exemple, l'eau et l'énergie utilisées pour la production alimentaire) et de modéliser l'incidence des mesures politiques. À titre d'illustration, le modèle a simulé la compétitivité des pompes solaires hors réseau (par rapport à d'autres moyens d'approvisionnement énergétique) pour répondre aux demandes futures de l'agriculture (irrigation et dessalement), en prenant en considération différents coûts de combustibles et niveaux de subventions. Cette démarche montre que, dans les régions où la demande hydrique est élevée, la baisse du coût de la technologie photovoltaïque jusqu'à un niveau donné est susceptible d'accroître rapidement l'intérêt des agriculteurs pour les pompes photovoltaïques autonomes sans coût d'exploitation, même si l'électricité fournie par le réseau est bon marché (en raison des subventions). Cela suggère d'une part que les mesures visant à rendre la technologie photovoltaïque abordable contribuent de manière efficace à promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire en agriculture, et d'autre part que, sans planification, l'énergie solaire risque d'aggraver fortement la dégradation et l'épuisement des eaux souterraines.

Le modèle intégré nexus peut éclairer le processus de prise de décisions dans les domaines de l'agriculture irriguée et de la planification du système énergétique (il aide par exemple à déterminer l'extension optimale du réseau ou les technologies les moins onéreuses pour le traitement de l'eau et la réutilisation des eaux usées). Les données présentent cependant toujours d'importantes lacunes qui doivent être comblées (c'est notamment le cas des données SIG relatives à la consommation d'eau et à l'extension des zones irriguées, à la répartition des technologies de pompage et aux sources d'énergie connexes dans le bassin). Le modèle a été conçu en se basant sur le modèle hydrogéologique du SASS existant et en recourant à un logiciel libre d'accès afin d'encourager sa diffusion à grande échelle, son adoption par les institutions concernées et son emploi en vue d'éclairer l'élaboration des politiques et la prise de décisions. .

Annexe 1 : Liste des Objectifs de Développement Durable et cibles que la mise en œuvre de l'ensemble de solutions nexus aiderait à accomplir

ODD	Cible
ODD 1 : Pas de pauvreté	1.5 D'ici à 2030, renforcer la résilience des pauvres et des personnes en situation vulnérable et réduire leur exposition aux phénomènes climatiques extrêmes et à d'autres chocs et catastrophes d'ordre économique, social ou environnemental et leur vulnérabilité.
ODD 2 : Faim « zéro »	2.3 D'ici à 2030, doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires, en particulier les femmes, les autochtones, les exploitants familiaux, les éleveurs et les pêcheurs, y compris en assurant l'égalité d'accès aux terres, aux autres ressources productives et intrants, au savoir, aux services financiers, aux marchés et aux possibilités d'ajout de valeur et d'emploi autres qu'agricoles.
	2.4 D'ici à 2030, assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui permettent d'accroître la productivité et la production, contribuent à la préservation des écosystèmes, renforcent les capacités d'adaptation aux changements climatiques, aux phénomènes météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et à d'autres catastrophes et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols.
	2.A Accroître, notamment dans le cadre du renforcement de la coopération internationale, l'investissement en faveur de l'infrastructure rurale, des services de recherche et de vulgarisation agricoles et de la mise au point de technologies et de banques de gènes de plantes et d'animaux d'élevage, afin de renforcer les capacités productives agricoles des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés.
ODD 5 : Égalité entre les sexes	5.A Entreprendre des réformes visant à donner aux femmes les mêmes droits aux ressources économiques, ainsi qu'à l'accès à la propriété et au contrôle des terres et d'autres formes de propriété, aux services financiers, à l'héritage et aux ressources naturelles, dans le respect du droit interne.
ODD 6 : Eau propre et assainissement	6.1 D'ici à 2030, assurer l'accès universel et équitable à l'eau potable, à un coût abordable.
	6.2 D'ici à 2030, assurer l'accès de tous, dans des conditions équitables, à des services d'assainissement et d'hygiène adéquats et mettre fin à la défécation en plein air en accordant une attention particulière aux besoins des femmes et des filles et des personnes en situation vulnérable.
	6.3 D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant nettement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau.
	6.4 D'ici à 2030, faire en sorte que les ressources en eau soient utilisées beaucoup plus efficacement dans tous les secteurs et garantir la viabilité des prélèvements et de l'approvisionnement en eau douce afin de remédier à la pénurie d'eau et de réduire nettement le nombre de personnes qui manquent d'eau.
	6.5 D'ici à 2030, assurer la gestion intégrée des ressources en eau à tous les niveaux, y compris au moyen de la coopération transfrontière selon qu'il convient.
	6.6 D'ici à 2020, protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, notamment les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs.
	6.A D'ici à 2030, développer la coopération internationale et l'appui au renforcement des capacités des pays en développement en ce qui concerne les activités et programmes relatifs à l'eau et à l'assainissement, y compris la collecte de l'eau, la désalinisation l'utilisation rationnelle de l'eau, le traitement des eaux usées le recyclage et les techniques de reutilization.
	6.B Appuyer et renforcer la participation de la population locale à l'amélioration de la gestion de l'eau et de l'assainissement.

ODD	Cible
ODD 7 : Énergie propre et à un coût abordable	7.1 D'ici à 2030, garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables et modernes, à un coût abordable.
	7.2 D'ici à 2030, accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial.
	7.3 D'ici à 2030, multiplier par deux le taux mondial d'amélioration de l'efficacité énergétique.
	7.A D'ici à 2030, renforcer la coopération internationale en vue de faciliter l'accès aux sciences et technologies de l'énergie propre, notamment les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies de combustion propre des combustibles fossiles, et encourager l'investissement dans l'infrastructure énergétique et les technologies propres dans le domaine de l'énergie.
	7.B D'ici à 2030, développer l'infrastructure et améliorer la technologie afin de fournir des services énergétiques modernes et durables à tous les habitants des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés, des petits États insulaires en développement et des pays en développement sans littoral, dans le respect des programmes d'aide qui les concernent.
ODD 8 : Travail décent et croissance économique	8.4 Améliorer progressivement, jusqu'en 2030, l'efficacité de l'utilisation des ressources mondiales dans les modes de consommation et de production et s'attacher à dissocier croissance économique et dégradation de l'environnement, comme prévu dans le Cadre décennal de programmation concernant les modes de consommation et de production durables, les pays développés montrant l'exemple en la matière.
	8.9 D'ici à 2030, élaborer et mettre en œuvre des politiques visant à développer un tourisme durable qui crée des emplois et met en valeur la culture et les produits locaux.
ODD 9 : Industrie, innovation et infrastructure	9.1 Mettre en place une infrastructure de qualité, fiable, durable et résiliente, y compris une infrastructure régionale et transfrontière, pour favoriser le développement économique et le bien-être de l'être humain, en privilégiant un accès universel, financièrement abordable et équitable.
	9.4 D'ici à 2030, moderniser l'infrastructure et adapter les industries afin de les rendre durables, par une utilisation plus rationnelle des ressources et un recours accru aux technologies et procédés industriels propres et respectueux de l'environnement, chaque pays agissant dans la mesure de ses moyens.
	9.A Faciliter la mise en place d'une infrastructure durable et résiliente dans les pays en développement en renforçant l'appui financier, technologique et technique apporté aux pays d'Afrique, aux pays les moins avancés, aux pays en développement sans littoral et aux petits États insulaires en développement.
	9.B Soutenir les activités de recherche-développement et d'innovation des pays en développement dans le secteur technologique, notamment en instaurant des conditions propices, entre autres, à la diversification industrielle et à l'ajout de valeur aux marchandises.
ODD 10 : Inégalités réduites	10.2 D'ici à 2030, autonomiser toutes les personnes et favoriser leur intégration sociale, économique et politique, indépendamment de leur âge, de leur sexe, de leur handicap, de leur race, de leur appartenance ethnique, de leurs origines, de leur religion ou de leur statut économique ou autre.
ODD 11 : Villes et communautés durables	11.A Favoriser l'établissement de liens économiques, sociaux et environnementaux positifs entre zones urbaines, périurbaines et rurales en renforçant la planification du développement à l'échelle nationale et régionale.

ODD	Cible
ODD 12 : Consommation et production durables	12.2 D'ici à 2030, parvenir à une gestion durable et à une utilisation rationnelle des ressources naturelles.
	12.A Aider les pays en développement à se doter des moyens scientifiques et technologiques qui leur permettent de s'orienter vers des modes de consommation et de production plus durables.
	12.C Rationaliser les subventions aux combustibles fossiles qui sont source de gaspillage, en éliminant les distorsions du marché, selon le contexte national, y compris par la restructuration de la fiscalité et l'élimination progressive des subventions nuisibles, afin de mettre en évidence leur impact sur l'environnement, en tenant pleinement compte des besoins et de la situation propres aux pays en développement et en réduisant au minimum les éventuels effets pernicieux sur le développement de ces pays tout en protégeant les pauvres et les collectivités concernées.
ODD 13 : Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques	13.1 Renforcer, dans tous les pays, la résilience et les capacités d'adaptation face aux aléas climatiques et aux catastrophes naturelles liées au climat.
	13.2 Incorporer des mesures relatives aux changements climatiques dans les politiques, les stratégies et la planification nationales.
	13.3 Améliorer l'éducation, la sensibilisation et les capacités individuelles et institutionnelles en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, l'atténuation de leurs effets et la réduction de leur impact et les systèmes d'alerte rapide.
ODD 15 : Vie terrestre	15.1 D'ici à 2020, garantir la préservation, la restauration et l'exploitation durable des écosystèmes terrestres et des écosystèmes d'eau douce et des services connexes, en particulier des forêts des zones humides des montagnes et des zones arides conformément aux obligations découlant des accords internationaux.
	15.3 D'ici à 2030, lutter contre la désertification, restaurer les terres et sols dégradés, notamment les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde sans dégradation des terres.
	15.5 Prendre d'urgence des mesures énergiques pour réduire la dégradation du milieu naturel, mettre un terme à l'appauvrissement de la biodiversité et, d'ici à 2020, protéger les espèces menacées et prévenir leur extinction.
	15.9 D'ici à 2020, intégrer la protection des écosystèmes et de la biodiversité dans la planification nationale, dans les mécanismes de développement, dans les stratégies de réduction de la pauvreté et dans la comptabilité.
	15.A Mobiliser des ressources financières de toutes provenances et les augmenter nettement pour préserver la biodiversité et les écosystèmes et les exploiter durablement.
ODD 17 : Partenariats pour la réalisation des objectifs	17.14 Renforcer la cohérence des politiques de développement durable.
	17.16 Renforcer le Partenariat Mondial pour le développement durable, associé à des partenariats multipartites permettant de mobiliser et de partager des savoirs, des connaissances spécialisées, des technologies et des ressources financières, afin d'aider tous les pays, en particulier les pays en développement, à atteindre les Objectifs de Développement Durable .
	17.17 Encourager et promouvoir les partenariats publics, les partenariats public privé et les partenariats avec la société civile, en faisant fond sur l'expérience acquise et les stratégies de financement appliquées en la matière.
	17.3 Mobiliser des ressources financières supplémentaires de diverses provenances en faveur des pays en développement.

Annexe 2 : Liste des actions appuyant la mise en œuvre des solutions nexus

Chaque solution nexus est composée d'un ensemble d'actions. Les solutions 1 à 5 concernent principalement le secteur de l'eau, les solutions 6 à 8 le secteur de l'énergie, les solutions 9 à 12 le secteur de l'alimentation, et les solutions 13 à 15 le secteur de l'environnement. L'annexe 3 présente brièvement les principaux acteurs de la mise en œuvre de chaque solution.

1. Améliorer la gestion locale des ressources en eau, notamment en redynamisant les modèles participatifs dans les oasis et en renforçant l'application des lois existantes relatives à la préservation de l'eau.

1.1 Développer et renforcer les partenariats entre les structures publiques, les ONG et les associations actives dans le domaine de l'eau, le secteur privé et la société civile afin d'étendre la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). En particulier, resserrer les liens entre les associations d'usagers d'eau et les groupements de développement agricole (GDA) et le gouvernement au sujet des dispositifs techniques et financiers, par la mise en place d'un cadre réglementaire et institutionnel favorisant l'autonomisation progressive des GDA (Tunisie), et renforcer les ONG et les organisations de formation professionnelle locales en améliorant l'autonomie des usagers (Algérie et Libye).

1.2 Renforcer le suivi de l'application des lois en vigueur en matière d'octroi des licences pour les nouveaux forages et de récupération de nouvelles terres agricoles, et appliquer davantage les mesures économiques et techniques appropriées aux activités agricoles.

1.3 Recenser les organisations et les principaux acteurs participant à la gestion des ressources hydriques à différents niveaux dans le bassin du SASS afin d'éclairer les interventions relevant de l'action 1.1.

1.4 Proposer un plan d'action définissant les interventions et leur intégration dans les plans de développement local ou territorial et sectoriel.

1.5 Élaborer un plan de renforcement des capacités institutionnelles et opérationnelles des organisations et des acteurs identifiés (action 1.3) en matière de GIRE et de mise en œuvre de la coopération intersectorielle.

2. Renforcer la coopération transfrontalière en vue d'une gestion durable des ressources en eaux souterraines.

2.1 Renforcer le cadre institutionnel pour : i) améliorer les connaissances relatives aux politiques adoptées par les trois gouvernements ; ii) comparer ces politiques en identifiant les domaines considérés comme prioritaires par chaque gouvernement ; iii) observer les directives et les mesures adoptées (par exemple par les groupes d'experts).

2.2 Améliorer les outils de modélisation, y compris en ce qui concerne l'hydrogéologie (eaux souterraines), la qualité de l'eau, les aspects socioéconomiques, et les interactions entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes dans le bassin transfrontalier. Encourager l'utilisation de ces outils pour éclairer la prise de décisions à tous les niveaux.

2.3 Éclairer les décisions politiques adoptées par les pays du SASS en matière d'eau, d'alimentation/agriculture, d'énergie et d'environnement à l'aide des recommandations transfrontalières du Mécanisme de Concertation du SASS.

3. Mettre en place des politiques spécifiques et des mesures incitatives favorisant la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture et les zones urbaines.

3.1 Favoriser l'échange de connaissances et d'expériences entre les trois pays à propos de l'utilisation des eaux usées traitées, des principales pratiques, de la législation et de son application, des normes en matière de traitement et d'utilisation, ainsi que des mesures préventives relatives à leur stockage et distribution.

3.2 Élaborer un plan directeur pour la réutilisation des eaux usées dans les différents secteurs, en s'appuyant sur des contributions de tous les secteurs concernés.

3.3 Faciliter les investissements dans le traitement des eaux usées et, le cas échéant, la valorisation énergétique de ces dernières afin d'améliorer leur qualité et la couverture du traitement.

3.4 Renforcer la consultation et la coordination intersectorielles en matière d'élaboration de politiques relatives à la réutilisation de l'eau et de formulation d'orientations pratiques (dans les domaines de l'agriculture, de l'environnement et de la santé).

3.5 Organiser des formations et des programmes d'encadrement et de vulgarisation en vue d'utilisations spécifiques, ainsi que des campagnes de communication et de sensibilisation sur l'utilisation sans danger pour la santé des eaux usées.

3.6 Encourager la réutilisation en toute sécurité des eaux usées traitées dans les installations municipales et touristiques.

3.7 Soutenir et favoriser les investissements dans la réutilisation des eaux usées pour l'agriculture irriguée et le stockage intersaisonnier.

4. Renforcer la gestion de la demande en eau, notamment à l'aide de programmes d'économie d'eau.

4.1 Encourager les pratiques favorisant une utilisation efficace de l'eau et la préservation de cette ressource dans les différents secteurs, notamment :

- dans le secteur de l'agriculture : rendre les investissements plus accessibles et plus rentables (par exemple en encourageant l'utilisation de matériel fabriqué localement et adapté à l'irrigation), assurer des formations à l'utilisation, à l'exploitation et à l'entretien des systèmes d'irrigation efficaces afin de pousser les exploitants agricoles concernés à se procurer des systèmes d'irrigation hautement performants qui préservent les ressources (par exemple des systèmes d'irrigation munis de dispositifs d'alerte favorisant une utilisation optimale de l'humidité des sols), optimiser les volumes d'eau et le calendrier des cultures en vue de réduire les pertes d'eau par évaporation, privilégier les pratiques préservant les ressources en eau et les bonnes pratiques environnementales (par exemple la sélection des cultures en fonction de leurs besoins hydriques, le stockage intersaisonnier, l'amélioration du drainage et la gestion durable des sols) ;

- dans le secteur de l'industrie : offrir des incitations financières et/ou fiscales dans le secteur industriel et minier (pétrole, phosphates, etc.) pour stimuler l'adoption de technologies favorisant une utilisation des ressources hydriques plus productive et efficace ainsi que la réduction des pertes et des fuites, le recyclage de l'eau (utilisation de ressources hydriques alternatives telles que les eaux saumâtres, les eaux usées traitées ou l'eau dessalée, et de systèmes de refroidissement à circuit fermé), la dématérialisation (choix de processus de production économes en eau) et l'adoption de nouvelles technologies (par exemple les systèmes d'électrocoagulation dans les installations de traitement des effluents) ;

- dans les autres secteurs : encourager la rationalisation de la demande d'eau auprès de l'ensemble des utilisateurs (notamment les ménages, les autorités locales et les hôtels) à l'aide d'interventions ciblées, adaptées à chaque type d'utilisateur.

4.2 Établir un système approprié de tarification des services hydriques et de l'approvisionnement en eau, qui reflète le coût réel de la distribution et la capacité de paiement des différents utilisateurs. Cela permettra de créer un outil économique pour la gestion de la demande d'eau et la préservation des ressources hydriques à moyen et à long terme. Le système de tarification de l'eau doit soutenir les efforts du secteur de l'eau en matière de recouvrement progressif des coûts. La redevance sur l'eau doit être fondée sur deux principes :

- l'application de prix différentiels selon les régions et la capacité de payement des utilisateurs de chaque secteur ;

- le maintien d'un lien cohérent entre le prix et la nature des services fournis aux utilisateurs (par exemple, les agriculteurs) en fonction de la source et de la qualité des ressources en eau, du type d'activité, du mode de fonctionnement, etc.

4.3 Faciliter les investissements en faveur de la remise en état et de la modernisation des réseaux communautaires, en vue d'améliorer leurs performances (par exemple, les compteurs) et la qualité des services tout en garantissant un coût d'approvisionnement en eau abordable pour l'ensemble des utilisateurs.

4.4 Concevoir un plan d'incitation financière en vue de promouvoir les techniques d'irrigation modernes et efficaces auprès des petits exploitants. Pour être concluant, ce plan doit prendre en considération les multiples coûts auxquels sont confrontés les agriculteurs en matière d'eau, d'énergie et d'intrants agricoles, ainsi que les gains issus de la production.

5. Développer l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles grâce au dessalement et au traitement des eaux usées et de drainage.

5.1 Élaborer une stratégie d'intervention assortie d'objectifs clairs et de sources de financement pour la valorisation des eaux saumâtres et la réutilisation des eaux usées traitées.

5.2 Faciliter les investissements publics et privés et les partenariats entre les secteurs de l'eau et de l'énergie concernant les systèmes de dessalement et de traitement des eaux usées.

5.3 Promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire dans les projets de dessalement de l'eau de mer et/ou de déminéralisation des eaux saumâtres (avec un recours éventuel au modèle nexus eau, énergie, et alimenta-

tion conçu dans le cadre de l'évaluation[60]), ainsi que l'utilisation avantageuse ou l'élimination responsable des effluents salins.

5.4 Élaborer et mettre en place à grande échelle des unités solaires de déminéralisation et de traitement adaptées aux conditions des oasis.

5.5 Procéder à un diagnostic des ressources (volume, qualité, répartition géographique des eaux potentiellement réutilisables disponibles), et recenser les différentes réutilisations de l'eau et des eaux saumâtres déminéralisées (par les agriculteurs, les touristes, les établissements scolaires, les communautés, etc.).

5.6 Dresser l'inventaire des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées traitées sans conséquences sanitaires, conformément aux réglementations nationales et aux normes internationales en matière d'exportation.

5.7 Promouvoir la réutilisation de l'eau de drainage à des fins d'irrigation (associée à une gestion durable des sols et à une élimination sans danger des substances polluantes).

6. Améliorer les mécanismes de coordination du développement énergétique avec d'autres plans sectoriels, pour anticiper les arbitrages et tirer parti des synergies intersectorielles.

6.1 Mettre en place des mécanismes de coordination nationale entre les autres secteurs et celui de l'énergie afin de surmonter les défis et de doter ce dernier d'une stratégie intégrée.

6.2 Examiner comment le secteur de l'énergie peut coopérer avec les autres secteurs et tirer profit des synergies et des possibilités offertes par le développement de l'énergie (par exemple, le développement propre du secteur agricole, la valorisation énergétique des déchets agricoles et des eaux usées municipales, etc.) et engager une collaboration multisectorielle en vue d'intégrer ces questions dans la planification et les activités.

6.3 Créer un groupe transfrontalier d'experts de l'énergie regroupant les ministères de l'énergie, les opérateurs et d'autres experts (par exemple, des universitaires), chargé d'analyser les tendances énergétiques susceptibles d'avoir une incidence de taille sur les ressources en terre et hydriques du bassin du SASS (de l'expansion des systèmes solaires à petite échelle aux nouveaux plans d'extraction des combustibles fossiles), et incitant ainsi le secteur de l'énergie à participer davantage aux dialogues transfrontaliers.

7. Mettre au point un programme durable favorisant diverses énergies renouvelables à objectifs multiples et développer durablement l'irrigation solaire à petite échelle.

7.1 Élaborer un programme visant à rendre l'irrigation solaire abordable, à réduire l'irrigation ayant recours aux énergies fossiles et à intégrer l'énergie solaire dans les plans locaux et régionaux de développement rural.

7.2 Veiller à ce que l'intervention 7.1 s'accompagne de mesures techniques (mesure de la consommation), mais également d'outils économiques et juridiques (incitations fiscales, dispositions réglementaires, etc.) limitant l'exploitation des ressources en eaux souterraines.

7.3 Concevoir des solutions solaires qui répondent à différents besoins énergétiques et répartissent le coût de l'énergie solaire entre plusieurs utilisateurs et/ou activités (irrigation et dessalement de l'eau, acheminement d'eau potable, éclairage, chauffage, etc.).

7.4 Encourager le développement et la diversification des sources d'énergie renouvelables en employant toutes les ressources disponibles, notamment l'énergie géothermique, la biomasse et les déchets.

7.5 Restructurer progressivement les subventions accordées aux énergies fossiles de façon à accompagner et faciliter le déploiement des énergies renouvelables (en encourageant l'abandon des pompes diesel).

7.6 Faciliter le partage transfrontalier d'informations et d'expériences relatives au déploiement des énergies renouvelables afin d'accélérer le développement durable dans le bassin.

7.7 Renforcer les capacités des administrations et leurs rapports de confiance avec les agriculteurs, et assurer une sensibilisation aux énergies renouvelables, à l'efficacité énergétique ainsi qu'à l'utilisation rationnelle des ressources en eau.

8. Améliorer la fiabilité du réseau électrique dans les zones rurales, ce qui contribuera à renforcer l'intégration des énergies renouvelables en vue d'utilisations multiples, y compris à distance.

8.1 Renforcer le réseau dans la région du SASS pour qu'il puisse faire face à la demande future et intégrer les énergies renouvelables intermittentes. À cette fin, il peut être nécessaire de conserver ou d'améliorer le réseau actuel de sous-stations et de lignes de transport d'électricité, mais aussi d'en créer de nouvelles.

[60] Voir la description du modèle présentée dans le chapitre 4.

8.2 Renforcer l'interconnexion entre les réseaux du nord et du sud du Sahara (pour le cas de l'Algérie).

8.3 Assurer l'entretien et/ou la réparation des sous-stations et des lignes de transmission de l'électricité endommagées en raison du conflit en Libye.

8.4 Mettre au point des mécanismes de soutien financier et des structures techniques afin d'aider les particuliers à produire de l'énergie solaire et à vendre les excédents au réseau.

8.5 Soutenir et étendre le système de compteurs intelligents en tant que maillons du développement des réseaux.

8.6 Renforcer les interconnexions transfrontalières du réseau afin d'améliorer l'échange d'électricité entre les pays et de développer l'énergie solaire et les énergies renouvelables dans la région.

9. Mettre en place des politiques agricoles orientées vers une agriculture raisonnée, durable et productive.

9.1 Suivre les directives de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture afin de résoudre les questions urgentes relatives à la propriété foncière et d'améliorer l'accès équitable aux ressources naturelles et leur gestion durable.

9.2 Élaborer et/ou renforcer les stratégies politiques intégrées en matière de développement rural et d'agriculture en nouant un dialogue avec les populations locales et les groupes vulnérables et marginalisés, afin de répondre à leurs préoccupations.

9.3 Promouvoir les investissements responsables dans l'agriculture en tenant compte des aspects socioéconomiques et environnementaux ainsi que de la nécessité de s'adapter au changement climatique. Promouvoir notamment la diversification agricole (par exemple, les cultures végétales et l'élevage), l'introduction ou la réintroduction de pratiques biologiques et traditionnelles, l'écotourisme et la conservation du paysage. Décourager l'agriculture intensive et la monoculture.

9.4 Dans le cadre des politiques intégrées (intervention 9.2), mettre en place les mécanismes nécessaires pour assurer la supervision technique et l'appui aux parties prenantes locales.

10. Valoriser les produits locaux et renforcer les programmes en faveur d'un régime alimentaire plus équilibré tout en impliquant les jeunes et les femmes dans le développement économique et social des oasis.

10.1 Renforcer les chaînes de valeur des fruits et légumes de saison et autres produits biologiques locaux, issus de l'agriculture traditionnelle oasienne.

10.2 Promouvoir un régime alimentaire plus équilibré et durable à l'aide de programmes spécifiques destinés à améliorer la nutrition en encourageant une alimentation biologique et variée (par exemple dans les établissements scolaires) et en réduisant le gaspillage alimentaire.

10.3 Favoriser l'inclusion socioéconomique des jeunes et des femmes dans les oasis, notamment par des actions de sensibilisation à l'importance et aux avantages potentiels de cette inclusion.

10.4 Nouer des partenariats stratégiques intersectoriels entre les acteurs publics, privés et la société civile (comme les associations) afin de mettre en œuvre les interventions 10.1, 10.2 et 10.3.

11. Encourager l'économie circulaire, notamment les pratiques agroécologiques, grâce à des mesures économiques et des dispositifs sociaux adaptés.

11.1 Recenser les principaux obstacles au développement de l'économie circulaire dans les oasis et les domaines à fort potentiel (par exemple, les bioénergies et les bioplastiques[61]), et élaborer des plans d'action pour exploiter ces derniers.

11.2 Intégrer l'économie circulaire dans : 1) les cadres juridiques pertinents (et les mettre à jour pour faciliter l'innovation), 2) les plans d'action sectoriels et intersectoriels (gestion de l'eau, production d'énergie distribuée, déchets et agriculture) et 3) les politiques régionales de développement durable, d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets.

11.3 Aider les agriculteurs à amorcer la transition agroécologique (diversification de leurs revenus, amélioration de la productivité des secteurs de l'eau et de l'énergie, et réduction de la vulnérabilité au changement climatique) en soutenant les investissements nécessaires à l'aide de mesures incitatives et de la réduction des risques, en étayant les processus décisionnels, en valorisant le savoir-faire local, et en procédant à la référenciation des pratiques agroécologiques (traditionnelles et modernes).

[61] Voir la liste des solutions à fort potentiel dans le SASS, présentée dans la partie 3.2.3.3 : « Économie circulaire fondée sur les ressources hydriques non conventionnelles, les énergies renouvelables et les pratiques agroécologiques »

11.4 Faciliter les mesures de soutien aux agriculteurs en menant des recherches multidisciplinaires et en nouant des partenariats stratégiques (par exemple entre les universités et les groupes d'agriculteurs, entre les acteurs du tourisme durable et les producteurs de produits biologiques et traditionnels).

11.5 Inciter les agriculteurs à s'associer afin d'améliorer leur capacité à mettre en œuvre des projets innovants, à déployer à plus grande échelle des solutions favorisant l'efficacité de la gestion et de la conservation des ressources, et à déposer des demandes de financement.

12. Valoriser les pratiques et techniques innovantes permettant une gestion durable des sols et des cultures et investir en faveur de leur développement et de leur diffusion.

12.1 Adopter des pratiques agricoles variées, adaptées et innovantes, telles que la diversification des cultures à l'échelle des parcelles, la rotation des cultures, le pâturage et la transhumance, l'intégration de cultures traditionnelles et/ou nouvelles qui résistent aux stress hydrique et salin (par exemple, les olives, les amandes, l'argan et le quinoa), et l'introduction de la culture hydroponique.

12.2 Améliorer les performances techniques de la production agricole en adoptant une gestion conservatrice des sols ; utiliser de manière rationnelle les produits chimiques et l'irrigation en tenant compte des besoins réels des cultures, des conditions météorologiques et du calendrier ; avoir recours aux technologies efficaces et/ou innovantes, comme l'irrigation goutte à goutte, les logiciels d'irrigation intelligente et les serres géothermiques.

12.3 Diffuser les innovations dans l'environnement agricole à l'aide de plateformes de démonstration, afin d'assurer l'accès des agriculteurs aux connaissances et aux innovations, et de mieux aligner la recherche appliquée sur leurs besoins et leurs préoccupations.

13. Sensibiliser les institutions publiques aux arbitrages et aux synergies entre les différents secteurs.

13.1 Utiliser l'approche nexus afin de promouvoir : i) la coordination intersectorielle des institutions publiques, en définissant les synergies intersectorielles méritant d'être plus amplement utilisées et examinées, ainsi que les mesures et les actions susceptibles de réduire les tensions ou les conflits suscités par une multiplicité de besoins et d'utilisations ; ii) la coopération transfrontalière entre les trois pays partageant l'aquifère (l'Algérie, la Libye et la Tunisie) en vue d'optimiser l'utilisation des ressources, d'accroître l'efficacité et d'améliorer la cohérence stratégique ; et iii) le renforcement des capacités à évaluer et à corriger les répercussions intersectorielles à l'aide d'outils spécifiques tels que le modèle intégré du nexus eau, alimentation et énergie mis au point pour le SASS.

14. Intégrer les besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère.

14.1 Mener des études et des recherches afin de recenser les besoins écologiques en eau de la manière la plus rationnelle et scientifique possible, en précisant les points sensibles, les variations saisonnières, les caractéristiques de l'eau requises (par exemple, le taux de salinité) et les répercussions du changement climatique.

14.2 Évaluer les effets cumulatifs et les effets spécifiquement sectoriels des différentes utilisations de l'eau sur la biodiversité et les services écosystémiques à l'échelle du SASS.

14.3 Diffuser les résultats de l'analyse (interventions 14.2 et 14.3) dans l'objectif précis d'éclairer le bilan hydrique de l'aquifère et les exercices de modélisation ou d'évaluation d'autres ressources dans le SASS (voir la solution 2).

14.4 Assurer la coordination des différents secteurs en vue d'élaborer des politiques intégrées et durables de développement du bassin à partir l'analyse des besoins écologiques (intervention 14.1).

15. Systématiser la réalisation d'une évaluation de l'impact environnemental et social pour toutes les nouvelles infrastructures (petites et grandes).

15.1 Effectuer une évaluation de l'impact environnemental et social de l'ensemble des infrastructures et en particulier de tous les projets énergétiques, allant de la production d'électricité centralisée à l'intégration dans l'agriculture de ce type de production, en passant par l'extension du réseau national et des interconnexions transfrontalières.

15.2 Prendre des mesures d'atténuation efficaces pour les risques et les impacts environnementaux et sociaux identifiés (à l'issue de l'évaluation en la matière) dans le cadre d'un plan de gestion environnementale et sociale.

15.3 Établir un mécanisme de coordination intersectorielle efficace qui contribuera de manière essentielle à systématiser l'application de l'évaluation de l'impact environnemental et social dans les pays et le bassin.

Annexe 3 : Liste des acteurs de la mise en œuvre des solutions nexus

Le tableau ci-après présente les acteurs de la mise en œuvre des 15 solutions nexus (colonnes) dans les pays (niveau national, local et régional avec représentation nationale) et dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), au niveau transfrontalier. Les acteurs chefs de file sont représentés par un « L » (leaders) et les acteurs d'appui par un « S » (supporting).

TABLEAU 16 :
Acteurs de la mise en œuvre des solutions nexus

SOLUTIONS NEXUS

1. Améliorer la gestion locale des ressources en eau, notamment en redonnant une dynamique aux modèles participatifs dans les oasis et en renforçant l'application des lois existantes relatives à la préservation de l'eau.
2. Renforcer la coopération transfrontalière en vue d'une gestion durable des ressources en eaux souterraines.
3. Mettre en place des politiques spécifiques et des mesures incitatives favorisant la réutilisation des eaux usées dans l'agriculture et les zones urbaines.
4. Renforcer la gestion de la demande en eau, notamment à l'aide de programmes d'économie d'eau.
5. Développer l'utilisation des ressources hydriques non conventionnelles grâce au dessalement et au traitement des eaux usées et de drainage.
6. Améliorer les mécanismes de coordination du développement énergétique avec d'autres plans sectoriels, pour anticiper les arbitrages et tirer parti des synergies intersectorielles.
7. Mettre au point un programme durable favorisant diverses énergies renouvelables à objectifs multiples et développer durablement l'irrigation solaire à petite échelle.
8. Améliorer la fiabilité du réseau électrique dans les zones rurales, ce qui contribuera à renforcer l'intégration des énergies renouvelables en vue d'utilisations multiples, y compris à distance..
9. Mettre en place des politiques agricoles tournées vers une agriculture rationnelle, durable et productive.
10. Valoriser les produits locaux et renforcer les programmes en faveur d'un régime alimentaire plus équilibré tout en impliquant les jeunes et les femmes dans le développement économique et social des oasis.
11. Encourager l'économie circulaire, notamment les pratiques agroécologiques, grâce à des mesures économiques et des dispositifs sociaux adaptés.
12. Valoriser les pratiques et techniques innovantes permettant une gestion durable des sols et des cultures et investir en faveur de leur développement et de leur diffusion.
13. Sensibiliser les institutions publiques aux arbitrages et aux synergies entre les différents secteurs.
14. Intégrer les besoins écologiques dans le bilan hydrique de l'aquifère.
15. Systématiser la réalisation d'une évaluation de l'impact environnemental et social pour toutes les nouvelles infrastructures (petites et grandes).

Acteurs de la mise en oeuvre / Solutions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Algérie															
Ministère des Ressources en eau	L	L	L	L	L	S	S					S	S	S	S
Agence nationale des ressources hydrauliques	S	L	S	S	S								S	S	
Office national de l'irrigation et du drainage	S	S	L	L	L		S		S		S	S	S		
Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau	S	S	S	S	S		S		S		S	S	S	S	
Agences de bassin hydrographique	S	S	S	S	S		S		S			S	S	S	
Agence nationale des barrages et transferts		S		S									S		
Algérienne des eaux	S	S	S	S	S								S		
Office national de l'assainissement		S	S	S	S								S		
Direction de l'hydraulique agricole du MRE	L	S	S	S	S		S		S		S	S	S		
Directions des ressources en eau des wilayas	S	S	S	S	S		S					S	S		
Conseil national consultatif des ressources en eau	S	S	S	S	S	S							S	S	
Associations des usagers de l'eau	S	S	S	S	S		S	S	S		S	S	S		
Ministère de l'Énergie et des Mines		S				L	L	S				S	S	S	S
Département des énergies renouvelables du ministère de l'Environnement et des Énergies renouvelables			S		S	S	L	S			S	S	S		

Acteurs de la mise en oeuvre / Solutions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie		S	S		S	S	S	S			S	S	S		
Société algérienne de distribution de l'électricité et du gaz						S	S	L					S		S
Centre de développement des énergies renouvelables		S	S	S	S	S	S	S			S	S	S		
Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et de la Pêche	S	S	S	S	S	S	S		L	L	L	L	S	S	S
Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Office national des terres agricoles									S		S	S	S		
Direction du développement agricole dans les zones arides et semi-arides	S	S	S	S	S		S		L	S	L	L	S	S	
Directions des services agricoles des wilayas	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Commissariat au développement de l'agriculture des régions sahariennes	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S	S	
Agences régionales pour l'agriculture (Chambre régionale d'agriculture et Direction des services agricoles)	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Universités et centres de recherche (Institut national de la recherche agronomique d'Algérie, INRAA ; et Institut technique de développement de l'agronomie saharienne, ITDAS)	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S	S	
Fonds national de développement de l'investissement agricole			S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Département de l'environnement du ministère de l'Environnement et des Énergies renouvelables		S	S		S	S	S	S			S	S	L	L	L
Observatoire national de l'environnement et du développement durable			S		S		S		S				S	S	S
Agence nationale des changements climatiques		S	S	S	S		S	S	S	S	S	S	L	S	S
Wilayas et communes	S	S	S	S	S		S	S	S	S	S		S		
Ministère du Commerce									S	S	S		S		
Ministère du Tourisme et de l'Artisanat										S	S		S		
Ministère de l'Industrie et des Mines						S		S		S	S		S		S
Ministère de la Santé			S		S					S	S		S	S	
Universités et centres de recherche (Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides, CRSTRA)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
Organismes non gouvernementaux dans différents secteurs (artisanat, jeunesse, entrepreneuriat, etc.), par exemple, le Réseau associatif de développement durable des oasis (RADDO) et l'association pour la protection de l'environnement de Béni-Isguen (	S	S	S	S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	
Libye															
Autorité générale des ressources en eau	L	L	S	L	S	S	S		S			S	S	S	S
Compagnie générale du dessalement de l'eau	S	S	S	S	S		S						S		
Compagnie générale de l'eau et des eaux usées	S	S	L	S	L		S					S	S	S	
Autorité de la grande rivière artificielle		S		S			S						S	S	
Ministère de l'Électricité et des Énergies renouvelables		S				L	S	L				S	S	S	S
Autorité des énergies renouvelables		S	S		S	S	L	S				S	S		
Compagnie générale d'électricité						S	S	S					S		S

Acteurs de la mise en oeuvre / Solutions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Compagnie nationale pétrolière libyenne						S		S					S		S
Ministère de l'Agriculture et de la Richesse animale et marine	S	S	S	S	S	S	S		L	L	S	L	S	S	S
Comité national de lutte contre la désertification	S	S	S	S	S		S		S	S		S	S	S	
Agence foncière agricole									S			S	S		
Agences régionales d'agriculture (Chambre régionale d'agriculture et Direction des services agricoles)	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Autorité générale de l'environnement		S	S			S	S	S	S			S	L	L	L
Département de la conservation de la nature et des ressources naturelles	S	S		S	S					S		S	S	L	S
Muhafazat (gouvernorats) et chabiyat (districts)	S	S	S	S	S		S	S	S	S	S		S		
Ministère du Logement et des Services publics			S		S	S	S	S		S			S		
Ministère de la Santé			S		S					S			S	S	
Ministère des Femmes et du Développement	S									S	S	S	S		
Écoles et centres de recherche	S		S	S	S	S	S	S	S	S		S	S	S	
Organisations non gouvernementales de différents secteurs (artisanat, jeunesse, entrepreneuriat, etc.) et Union libyenne pour la protection des consommateurs	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	S	S	
Tunisie															
Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et des Ressources hydrauliques	L	L	L	L	L	S	S				S	L	S	S	S
Direction générale des ressources en eau	S	L	S	S	S		S						S	S	
Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux	L	S	L	S	L		S		S		S	S	S		
Bureau de la planification et des équilibres hydrauliques	S	S	S	L	S		S						S	S	
Direction générale de l'aménagement et de la conservation des terres agricoles	S	S		S							S	L	S		
Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux	S	S	S	S	S								S		
Commissariats régionaux de développement agricole	S	S	S	S	S		S		S		S	S	S		
Groupements de développement agricole	S	S	S	S	S		S		S		S	S	S	S	
Ministère de l'Énergie, des Mines et de la Transition énergétique		S	S		S	L	L	S			S		S	S	S
Agence nationale pour la maîtrise de l'énergie		S	S		S	S	L	S			S	S	S		
Société tunisienne de l'électricité et du gaz						S	S	L					S		S
Ministère de l'Industrie et des Mines						S	S	S			S		S	S	S
Agence de promotion de l'industrie et de l'innovation					S	S	S	S			S		S		
Association tunisienne du développement vert et des énergies renouvelables	S	S	S		S	S	S	S			S	S	S		
Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et des Ressources hydrauliques									L	L	L	S	S	S	S
Directionu générale des études et du développement agricole	S	S	S	S	S		S		L	L	L	S	S	S	
Direction générale du financement des investissements et des organismes professionnels	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S		

Acteurs de la mise en oeuvre / Solutions	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Office de l'élevage et des pâturages	S	S	S	S	S				S	S	S	S	S		
Direction générale des forêts														S	
Agence de promotion des investissements agricoles			S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Agence foncière agricole									S		S	S	S		
Sociétés mutuelles de services agricoles	S		S		S		S		S	S	S	S	S		
Union tunisienne de l'agriculture et de la pêche (UTAP) et Union régionale de l'agriculture et de la pêche	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S		
Universités et centres de recherche (Institut national agronomique de Tunisie, INAT ; Centre régional de recherches en agriculture oasienne, CRRAO ; et Institut des régions arides, IRA)	S	S	S	S	S		S		S	S	S	S	S	S	
Ministère de l'Environnement		S	S		S	S	S	S	S	S	S	S	L	L	L
Office national de l'assainissement			S	S	S								S		
Agence nationale de protection de l'environnement			S		S								S	L	L
Observatoire tunisien de l'environnement et du développement durable			S		S								S	S	S
Organismes non gouvernementaux (par exemple, Réseau associatif de développement durable des oasis – RADDO ; Association de sauvegarde de l'oasis de Chenini, ASOC ; NEKHLA ; Association tunisienne de permaculture)	S	S	S	S	S		S		S	S		S	S	S	
Office de développement du Sud		S	S	S	S	S	S	S		S			S		
Gouvernorats et municipalités	S	S	S	S	S		S	S	S	S	S		S		
Ministère de la Femme, de l'Enfance et des Personnes âgées	S									S	S		S		
Ministère du Commerce									S	S			S		
Ministère du Tourisme et de l'Artisanat										S		S	S		
Ministère de la Santé			S		S					S		S	S	S	
Ministère de la Justice	S												S		
Ministère du Développement, de l'Investissement et de la Coopération internationale			S	S	S	S		S					S		
Organismes non gouvernementaux dans différents secteurs (artisanat, jeunesse, entrepreneuriat, etc.),	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		S	S	S	
SASS															
Mécanisme de Concertation, unité de coordination du SASS	S	L	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	L	S	S
Groupes de travail à mettre en place : énergie							S	S					S		
Groupes de travail à mettre en place : agriculture									S	S	S	S	S		
Groupes de travail à mettre en place : environnement													S	S	

Annexe 4 : Complément d'informations relatives au modèle intégré nexus du SASS

Cette annexe présente brièvement les ensembles de données utilisées pour élaborer le modèle et leurs sources. Il importe de lire cette partie en relation avec le chapitre consacré au modèle afin d'appréhender pleinement la méthodologie, les hypothèses et l'utilisation des ensembles de données.

Liste des données du système d'information géographique (SIG)
Les données climatiques présentées dans le tableau suivant ont été obtenues de différentes sources en ligne et ont été utilisées pour estimer les demandes en eau et en énergie.

TABLEAU 17 :
Tableau récapitulatif des couches des données SIG utilisées dans l'analyse

N°	Ensemble de données	Type	Résolution	Étendue géographique	Source
1	Limites administratives	Polygone vectoriel	-	Niveaux administratifs	Fick et Hijmans (2017)[62]
2	Altitude (en m)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau/énergie	CGIAR-CSI, (2004-2020)[63]
3	Superficie de terres cultivées (en ha)	Trame	20 m x 20 m	Demande en eau/énergie	ESA (2016)[64]
4	Superficie récoltée irriguée (en ha)	Trame	20 m x 20 m		ESA (2016)
5	Température mensuelle minimale (en °C)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau	Fick et Hijmans (2017)
6	Température mensuelle maximale (en °C)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau	Fick et Hijmans (2017)
7	Température mensuelle moyenne (en °C)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau	Fick et Hijmans (2017)
8	Rayonnement solaire mensuel (en kJ/m-2/jour-1)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau/ approvisionnement énergétique	Fick et Hijmans (2017)
9	Vitesse du vent mensuelle (en m/s-1)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau	Fick et Hijmans (2017)
10	Précipitations mensuelles (en mm)	Trame	1 km x 1 km	Demande en eau	Fick et Hijmans (2017)
11	Profondeur de la nappe (en m)	Trame	1 km x 1 km	Demande énergétique	Fan *et al.*, 2013[65]

[62] Fick, S. et Hijmans, E., 2017. *Worldclim 2:New 1-km spatial resolution climate surface for global land area*
[63] CGIAR-CSI, 2004-2020. CGIAR Consortium for Spatial Information, DEM- SRTM 90m Digital Elevation Data version 4. Disponible à l'adresse http://srtm.csi.cgiar.org/
[64] Agence spatiale européenne, 2016. ESA CCI LAND COVER – S2 prototype Land Cover 20m map of Africa 2016 [document world wide web].Disponible à l'adresse http://2016africalandcover20m.esrin.esa.int/ (page consultée le 22 août 2018)
[65] Fan Y. *et al.*, 2013. « Global Patterns of Groundwater Table Depth », Science n° 339

Données sur les cultures

Le tableau ci-après présente brièvement le cycle de croissance (début, fin et coefficient cultural, ou Kc) des cultures sélectionnées dans le cadre de cette étude. Les données sont extraites d'ouvrages spécialisés. Le tableau présente également la répartition des types de culture dans chaque province du SASS. La sélection et la répartition des cultures dans chaque province ont été faites d'après les consultations menées auprès de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS).

TABLEAU 18 : Calendrier et répartition présumée des cultures dans la région du SASS

Période de croissance	Culture	Dattes	Légumes	Olives
Plantation	init_début	01/11	01/11	01/03
	init_fin	30/03	25/11	30/03
	Kc_init	0,56	0,5	0,45
Culture	dév_début	31/03	26/11	31/03
	dév_fin	04/05	31/12	30/06
	mi-saison_début	05/05	01/01	01/07
	mi-saison_fin	30/09	07/02	31/08
	Kc_mi-saison	0,7	1	0,55
Récolte	arrière-saison_déb	01/10	08/02	01/09
	arrière-saison_fin	31/10	28/02	30/11
	Kc_fin	0,56	0,8	0,6
Sources		Zaid et Klein[66] ; Sonneveld *et al*. (2018)[67]	Allen *et al*. (1998)[68]	Steduto *et al*. (2012)[69]
Répartition dans les provinces du SASS (en % de la superficie cultivée irriguée)		Dans la plupart des provinces : palmier dattier (50 %) et légumes (50 %) à l'exception de : Gharyan (Libye) : olives (70 %) et légumes (30 %) Al Djoufrah (Libye) : dates (70 %) et légumes (30 %)		

Profondeur de la nappe :

L'énergie nécessaire au pompage a été calculée à partir de la profondeur de la nappe. Les données y afférentes sont extraites de l'article « Global Patterns of Groundwater Table Depth » (Fan *et al*., 2013), qui, puisant dans la littérature et les archives gouvernementales, présente des observations générales sur la profondeur des nappes ainsi qu'un modèle des eaux souterraines actualisé par le climat, le terrain et le niveau de la mer actuels afin de combler les lacunes de données et d'inférer les tendances.

Le tableau 19 compare les niveaux minimum, moyen et maximum des nappes dans chaque province d'après les données SIG comparées aux valeurs fournies par l'OSS. Ces dernières n'étant pas au format SIG, mais présentées comme des valeurs moyennes à l'échelle de chaque province, ce qui risquait d'affecter les résultats, il a été décidé d'utiliser les valeurs des ensembles de données SIG afin de mettre en évidence la variation spatiale telle que présentée dans la figure 12.

[66] Zaid et Klein Chapter XI: Date Palm Technical Calendar. Disponible à l'adresse suivante : http://www.fao.org/3/Y4360E/y4360e0f.htm

[67] Sonneveld B. G. J. S., *et al*., 2018. « The future of date palm cultivation in the Lower Jordan Valley of the West Bank ». *AppliedWater Science*, no 8. Disponible à l'adresse : https://doi.org/10.1007/s13201-018-0746-2

[68] Allen, R. G. *et al*., 1998. *FAO Irrigation and drainage paper 56 – Crop evapotranspiration (Guidelines for computing crop water requirements)*

[69] Steduto, P., *et al*., 2012. *Crop yield response to water, FAO irrigation and drainage paper*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome

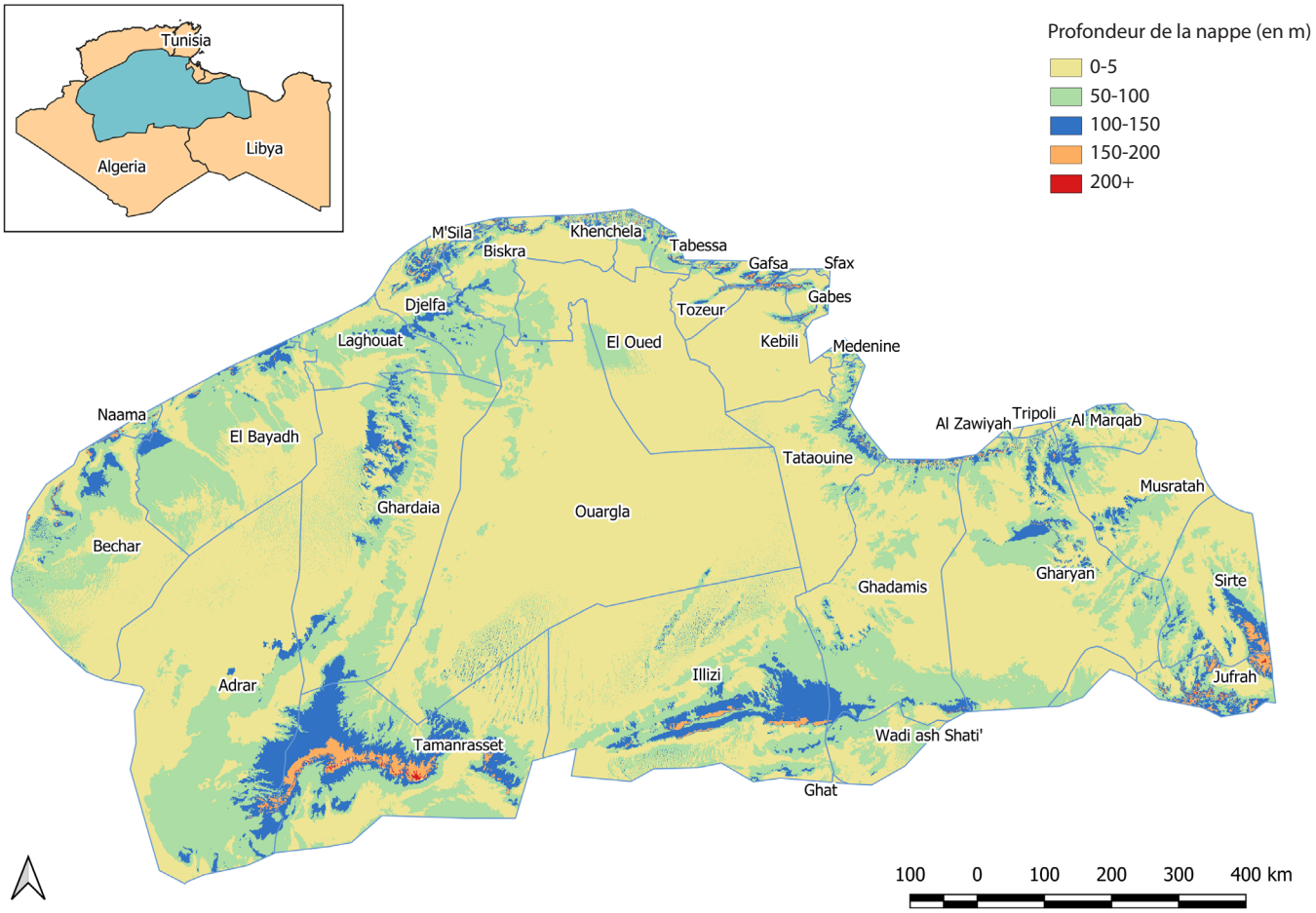
TABLEAU 19 :
Aperçu de la profondeur des nappes dans chaque province

Pays	Province	Profondeur des eaux souterraines (en m)[70]			Profondeur moyenne de la nappe phréatique (en m)[71]	
		moy.	min.	max.	Complexe terminal (CT)	Continental intercalaire (CI)
Algérie	Adrar	37	0	166	15 à 27	-
	Biskra	62	5	178	s. o.	s. o.
	Djelfa	44	0	180	122	-
	El Oued	35	0	81	122	28
	Ghardaïa	44	0	158	42	-
	Illizi	66	0	161	152	79
	Khenchela	83	46	192	-	27
	Laghouat	12	0	77	53	69
	Ouargla	22	0	116	110	20
	Tamanrasset	72	0	226	44	-
	Tébessa	40	19	58	-	28
Libye	Al Djoufrah	57	0	252	50	29
	Ghadamès	87	0	235	69	38
	Gharyan	62	0	318	255	-
	Misrata	27	0	130	111	39
Tunisie	Gabès	74	3	224	51	-
	Kébili	26	0	235	8	26
	Tataouine	79	0	208	74	-
	Tozeur	43	0	186	39	40

Sources : Fan, Li et Miguez-Macho (2013) et OSS

[70] Fan Y. *et al.*, 2013
[71] OSS, 2019

FIGURE 12 :
Profondeur de la nappe dans la région du SASS (en m)[72]



Source : Fan, Li et Miguez-Macho (2013)[73]

Matières dissoutes totales (MDT) :
La méthode utilisée pour estimer les besoins énergétiques pour le dessalement tient compte du niveau de MDT. Les SIG en ligne ne comprenant pas ce type de données, nous avons utilisé la valeur moyenne en MDT dans chaque province fournie par l'OSS. Le tableau 20 présente les valeurs minimales, moyennes et maximales en MDT.

[72] Fan Y., *et al.*, 2013. « Global Patterns of Groundwater Table Depth », Science n° 339
[73] Fan, Y., Li, H. et Miguez-Macho, G., 2013. Global patterns of groundwater table depth. *Science*, 339 (5) : 940-943

TABLEAU 20 :
Aperçu des valeurs en MDT dans chaque province

Pays	Province	Matières dissoutes totales (MDT en mg/L)		
		moy.	min.	max.
Algérie	Adrar	1 457	400	5 200
	Biskra	3 168	858	8 816
	Djelfa	2 000	1 500	2 500
	El Oued	3 299	1 632	8 002
	Ghardaïa	1 287	160	3 592
	Illizi	2 104	348	8 166
	Khenchela	2 500	2 000	3 000
	Laghouat	1 250	1 000	1 500
	Ouargla	3 845	1 170	10 010
	Tamanrasset	1 750	1 000	2 500
	Tébessa	2 673	1 700	4 360
Libye	Al Djoufrah	2 410	1 935	2 884
	Ghadamès	1 250	1 088	1 412
	Gharyan	969	769	1 333
	Misrata	2 830	2 000	3 660
Tunisie	Gabès	2 858	1 400	4 350
	Kébili	3 322	630	15 400
	Tataouine	3 105	790	7 200
	Tozeur	2 580	760	5 300

Source: OSS

La présente publication peut être reproduite en tout ou partie et sous n'importe quelle forme à des fins pédagogiques ou non lucratives, sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition d'en mentionner la source. La CEE-ONU serait reconnaissante de recevoir une copie de tout ouvrage utilisant cette publication comme référence.

Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux
Division de l'environnement
Commission économique pour l'Europe
Palais des Nations
1211 Genève 10
Suisse
Courrier électronique : water.convention@un.org
Site Internet : www.unece.org/env/water

Concilier les utilisations des ressources : Évaluation du nexus eau, alimentation, énergie et écosystème dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional septentrional

Partie A « Défis et Solutions Nexus »

La coordination entre les secteurs de l'eau, de l'énergie, de l'alimentation et de l'environnement fait face à de nombreux obstacles, dont la complexité se voit considérablement accrue dans les contextes transfrontaliers. La « méthode nexus » pour la gestion des ressources interdépendantes a pour objectif de renforcer la sécurité hydrique, énergétique et alimentaire en augmentant l'efficacité, en réduisant les arbitrages, en créant des synergies et en améliorant la gouvernance, tout en protégeant les écosystèmes. Elle appelle à concilier les différents objectifs sectoriels et à accomplir des progrès aux niveaux national et régional en faveur de la réalisation des Objectifs de Développement Durable, eux aussi interdépendants.

Le présent rapport met en lumière les principaux résultats d'une évaluation du nexus entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS), à cheval entre l'Algérie, la Libye et la Tunisie. Ce système aquifère, qui s'étend sur plus d'un million de kilomètres carrés, constitue le plan grand réservoir transfrontalier d'eaux souterraines de l'Afrique du Nord. Il est actuellement confronté à une demande en eau de plus en plus importante. Pour le développement socioéconomique des trois pays concernés, mais aussi de la région tout entière, il est donc essentiel de mieux gérer les ressources du bassin et de résoudre les problèmes.

L'évaluation du nexus entre l'eau, l'alimentation, l'énergie et les écosystèmes dans le SASS est le principal résultat d'un processus participatif, comprenant deux ateliers transfrontaliers et plusieurs consultations nationales, qui a mobilisé des représentants des trois pays et des quatre secteurs concernés, ainsi que des experts locaux et internationaux de différentes disciplines. Grâce à ces discussions transfrontalières, l'évaluation du nexus a permis de mettre en évidence les principaux liens entre les ressources en eau, les ressources en énergie, les ressources du sol et celles des écosystèmes, ainsi que des solutions possibles en vue d'améliorer leur gestion pour en accroître l'efficacité et la durabilité. L'application simultanée et coordonnée de plusieurs de ces solutions favorisera la réalisation d'objectifs intersectoriels, tout en contribuant aux objectifs de développement de chaque secteur : cette stratégie permettra ainsi de minimiser les compromis et les effets négatifs intersectoriels tout en maximisant les synergies.

L'adoption de la méthode nexus pour la gestion du SASS comporte de nombreux avantages ; elle pourrait également apporter un soutien significatif au renforcement de la coopération transfrontalière.

L'évaluation du nexus eau, alimentation, énergie, et écosystèmes dans le Système Aquifère du Sahara Septentrional a été menée dans le cadre de la Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Convention sur l'eau) et développée le Partenariat Mondial pour l'Eau-Méditerranée (GWP-Med), la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) et l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), dans le cadre du projet « Agir pour la coopération dans le secteur de l'eau en Méditerranée (Med Water Matchmaker) » financé par l'Agence suédoise de coopération internationale pour le développement (ASDI). Elle établit des synergies avec le Programme Eau, Climat et Développement (WACDEP) du GWP.

Commission économique des Nations Unies pour l'Europe

Palais des Nations

CH – 1211 Genève 10, Suisse
Téléphone : +41(0)22 917 44 44
Courrier électronique : info.ece@un.org
Site Internet : http://www.unece.org/fr