G-Eau Working Paper/Rapport de Recherche No.11

La surexploitation des ressources en eau : le cas du bassin de la Macta en Algérie

Nabil Kherbache et François Molle

G-eau

G-Eau Working Paper No. 11

La surexploitation des ressources en eau : le cas du bassin de la Macta en Algérie

Nabil Kherbache et François Molle

Kherbache, N. et Molle, F. 2021. La surexploitation des ressources en eau : le cas du bassin de la Macta en Algérie. G-EAU Working Paper/Rapport de Recherche No.11. Montpellier, France. http://www.g-eau.net/

Copyright 2021, by G-Eau. All rights reserved. G-Eau encourages the use of its material provided that the organization is acknowledged and kept informed in all such instances.

Les auteurs

Nabil KHERBACHE

FSECSG. Laboratoire d'économie et Développement (LED), Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie. nabil.kherbache@univ-bejaia.dz

François MOLLE

UMR G-eau, IRD, 361 Rue Jean François Breton, 34090 Montpellier; francois.molle@ird.fr

1

Résumé

La Macta est l'un des bassins les plus importants de l'Algérie dont les ressources subissent une pression de plus en plus aigüe. Ce rapport illustre le processus de la fermeture du bassin et ses implications environnementales et hydrologiques observées ces dernières années. Les indicateurs de la comptabilité de l'eau utilisés dans le bilan hydrique de la Macta *circa* 2017 démontrent l'ampleur de la crise de l'eau dans le bassin et que la Macta est totalement fermée, toutes les ressources étant utilisées à l'intérieur du bassin. Le taux de consommation nette de l'eau du bassin est estimé à 114–162% selon les hypothèses faites, un taux supérieur à 100% qui traduit la surexploitation des nappes dont le déstockage annuel est estimé entre 86 et 126 Mm^3. Nous traitons ensuite les causes de cette fermeture en mettant l'accent sur les contradictions de la planification de l'eau et des plans de développement de l'irrigation (PDI), qui conduisent à un "suréquipement" (*overbuilding*) du bassin à l'origine d'une sur-allocation de l'eau et de conflits d'usage amont/aval. Enfin les implications hydrologiques, sociales et environnementales de la fermeture du bassin sont explicitées. Cette étude de cas vise à attirer l'attention des décideurs sur la situation hydrique des bassins algériens dans le contexte de la mise en œuvre de l'agenda 2030 du développement durable et notamment de l'ODD 6.

Mots-clés : Algérie, Macta, comptabilité de l'eau, fermeture des bassins, zone humide, paradoxe d'irrigation, déficit d'irrigation.

Abstract

The Macta is one of the most important river basins in Algeria whose resources are under increasing pressure. This paper firstly characterizes the process of Macta Basin closure. The water accounting indicators used in the Macta water balance circa 2017 demonstrate the severity of the water crisis in the basin and that the Macta is a completely closed basin, with all resources used within the basin. The net water consumption rate in the basin is estimated at 114-162% depending on the assumptions used, a rate higher than 100% which reflects the overexploitation of the aquifers whose annual depletion is estimated between 86 and 126 Mm^3. The paper then discusses the causes of this closure, focusing on the contradictions in water planning and irrigation development plans, and on the political reasons which led to basin overbuilding, over-allocation of water, and conflicts between upstream and downstream users. Finally, the hydrological, social, and environmental implications of basin closure are detailed. This case study aims to draw the attention of decision-makers to the water situation of Algerian basins in the context of the implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development and in particular the SDG 6.

Keywords: Algeria, Macta, water accounting, basin closure, wetland, irrigation paradox, irrigation deficit.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction générale 6

1 Méthodologies et données 7

1.1 Présentation de la zone d'étude : le bassin de la Macta 7

1.2 Cadre méthodologique 9

1.3 Éléments clés pour le bilan de la Macta : hypothèses et données disponibles 9

2 Résultats et discussion 11

2.1 Résultats du bilan de la Macta et degré de fermeture 11

2.1.1 Les fractions de l'eau consommée 11

2.1.2 Degré de fermeture du bassin de la Macta 13

2.2 Les causes de la fermeture du bassin 14

2.2.1 Facteurs 'naturels' et climatiques 14

2.2.2 Facteurs socio-politiques et économiques 16

2.3 Les conséquences de la fermeture du bassin 26

2.3.1 Surexploitation des nappes et tarissement de sources 26

2.3.2 L'irrigation déficitaire et insatisfaction de la demande en eau potable 27

2.3.3 L'environnement et une zone humide en déclin 28

3 Conclusion 30

4 Bibliographie 31

1 Introduction générale

Le phénomène de fermeture de nombreux bassins versants[1] constitue à l'heure actuelle un fort enjeu socio-environnemental, politique et économique (Molle et al., 2010; Smakhtin, 2008; Wester et al., 2005). Au début de ce millénaire, 1,4 milliard d'habitants au niveau mondial vivaient dans des bassins où la fraction de l'eau consommée dépassait 70 % des ressources disponibles (Falkenmark and Molden, 2008). Les Nations Unies considèrent qu'en 2017, 2 milliards de personnes habitaient dans des pays en stress hydrique sévère (UN, 2019), et que ce nombre pourrait atteindre 6 milliards d'habitants à l'horizon 2050 (WWDR, 2018). Pour Boretti and Rosa (2019), ce chiffre est sous-estimé et la situation pourrait être pire, car les effets de trois principaux 'drivers' de la pénurie d'eau (l'augmentation de la demande en eau, la baisse des ressources en eau à cause de plusieurs raisons telles que la pollution ou le changement climatique, et enfin les inégalités de croissance), seraient mal évalués.

Avec une dotation moyenne de 380 m^3/hab/an en 2021[2], l'Algérie a consacré des investissements massifs à la mobilisation d'une ressource limitée. Mais elle a dans le même temps développé, et même subventionné, une agriculture irriguée excessive et échoué à contrôler les prélèvements individuels, notamment dans les nappes, conduisant à leur surexploitation (CNES, 2000; World Bank, 2007). Malgré une rhétorique faisant la part belle à la gestion de la demande (MREE, 2017; SNAT, 2010), la réponse de l'Algérie à un déséquilibre permanent entre l'offre et la demande et au risque climatique s'est focalisée sur trois options d'augmentation de l'offre à la fois budgétivores et énergivores, à savoir la construction de barrages (avec un coût par mètre cube stocké de plus en plus prohibitif), les transferts inter-bassins, et enfin le recours aux eaux non conventionnelles (dessalement et épuration des eaux usées). Ces investissements ont été accompagnés de réformes institutionnelles du secteur de l'eau, notamment avec la promulgation en 2005 de la loi n° 05-12 relative à l'eau. Les objectifs avancés s'articulent autour d'une amélioration du taux de raccordement aux services d'eau, d'une augmentation des superficies irriguées dans le but affiché de renforcer la sécurité alimentaire et de créer une certaine équité territoriale : « *la durabilité de la ressource en eau implique des transferts d'eau inter-territoriaux, soit une équité territoriale par les transferts* » (SNAT, 2010, p. 41).. De ce fait, un grand effort d'investissement de l'ordre de 36,5 milliards USD constants 1999) a été consenti entre 2000 et 2018 (Kherbache, 2020a).

Malgré ces investissements, des déséquilibres se manifestent dans plusieurs bassins car cette politique a souvent conduit à un suréquipement (« *overbuilding* ») qui, couplé à une expansion démesurée des superficies irrigables, a provoqué la fermeture de ces bassins (Molle, 2008). Alors que certains fleuves du nord de la Méditerranée (par exemple l'Ebre, le Rhône, le Pô, le Seyan), transportent encore des volumes d'eau substantiels vers la mer, ce n'est pas le cas de la plupart des autres fleuves, en cours de fermeture ou déjà fermés (par exemple l'Oum Er-Rbia, le Tensift et le Souss-Massa au Maroc, le Júcar et le Segura en Espagne, le Chelif en Algérie, le Nil, l'Oronte et le Jourdain, etc) (Molle and Sanchis-Ibor, 2019). Le processus de fermeture des bassins, à travers lequel la demande induite par la mise en valeur des ressources en eau finit invariablement par dépasser la ressource disponible, est un processus générique observé dans le monde entier et bien décrit dans la littérature.

Dans les pays où une agriculture viable dépend fortement de l'irrigation, les agriculteurs (et l'État) ont progressivement exploité toutes les eaux de surface ou souterraines qui peuvent être extraites, y compris les flux de retour de l'irrigation existante, lorsque ces flux ne sont pas dégradés par leur écoulement vers un aquifère salin. Au fur et à mesure que les bassins se ferment, ils s'apparentent de plus en plus à un jeu à somme nulle où l'évapotranspiration ne peut être augmentée (par intensification ou expansion) sans la réduire ailleurs et dans la même proportion (à moins que cette

[1] La fermeture d'un bassin versant signifie que plus aucune eau n'est utilisable pour quelque usage que ce soit (Seckler, 1996). Ainsi, l'écoulement arrivant à l'exutoire ne dépasse pas 15 % et le phénomène a des fortes implications sur la politique de l'eau.

[2] Pour des ressources renouvelables de 17 Bm^3 et 44,7 millions d'habitants en janvier 2021 selon l'ONS.

augmentation ne soit basée sur un épuisement supplémentaire des eaux souterraines). Cette réalité hydrologique est souvent commodément passée sous silence et/ou non comprise par les décideurs et les gestionnaires de la région (Molle and Sanchis-Ibor, 2019).

Plus important encore, (Molle, 2008; Molle et al., 2010) a montré que la fermeture des bassins n'est pas le simple résultat d'une croissance naturelle de la demande qui se heurterait à des ressources insuffisantes ou rares. Elle est principalement due à l'extension excessive de l'irrigation, elle-même favorisée par une série d'avantages financiers et politiques dont bénéficient des acteurs puissants. Des objectifs sécuritaires tels que la sécurité alimentaire ou nationale, les demandes d'investissements de régions les plus pauvres disposant de moins d'infrastructures, des études hydrologiques ou économiques bâclées poussent à justifier des investissements sans fin qui sont transformés en bénéfices privés politiques et financiers (*ibid*.).

La 'surconstruction' (*overbuilding*) des bassins a des conséquences cruciales en termes d'endettement national, de retour sur investissement et de dégradation de l'environnement. Si des études de cas ont abordé des bassins tels que le Jucar (Albiac et al., 2021) ou le Guadalquivir en Espagne (Berbel et al., 2013), le Tensift au Maroc (Tanouti and Molle, 2013), et le Jourdain (Venot et al., 2008), aucune étude n'a jamais été consacrée aux bassins côtiers algériens. L'objectif de ce papier est d'analyser la trajectoire du bassin de la Macta et sa situation actuelle à travers, tout d'abord, un bilan hydrique global autour de l'année 2017 basé sur les principes de la comptabilité de l'eau. Cette approche nous permettra de connaître les niveaux d'exploitation et de consommation nette de la ressource et de quantifier le degré de fermeture du bassin. Dans un deuxième temps nous nous pencherons sur les causes de la fermeture de ce bassin, puis nous en expliciterons les implications hydrologiques, sociales et environnementales. L'objectif de cette étude est également d'attirer l'attention des décideurs sur les pathologies hydro-environnementales des bassins fermés, mais aussi de susciter d'autres études similaires en Algérie, en ouvrant ainsi le débat sur l'ampleur de la fermeture des bassins hydrographiques du pays, et donc sur le caractère non durable des usages actuels de l'eau.

1 Méthodologies et données

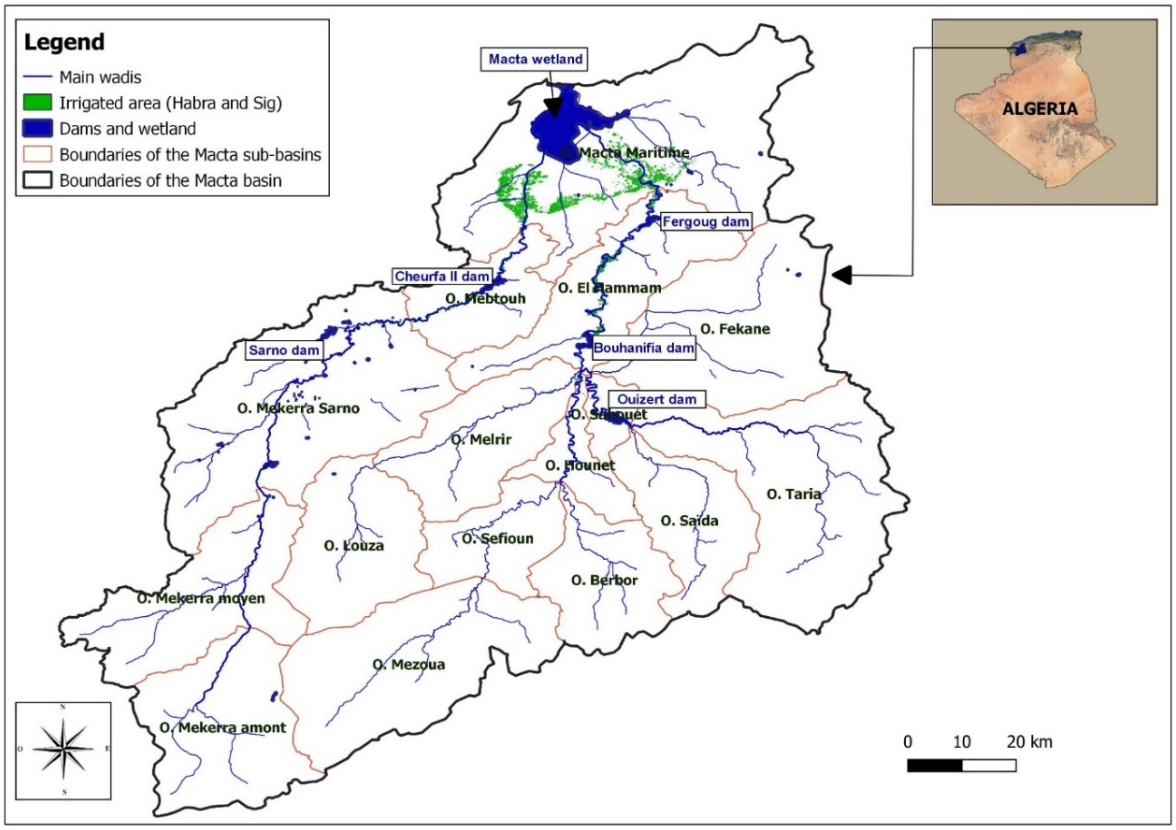
1.1 Présentation de la zone d'étude : le bassin de la Macta

Le bassin de la Macta est situé au nord-ouest de l'Algérie, en bordure de la Mer Méditerranée. Il est composé de 16 sous-bassins (Figure 1) et constitue le deuxième plus grand bassin (18,6 %) de l'Oranie après le Chott Chergui, avec une superficie de 14 389 km^2 et une population de 1.97 million d'habitants en 2017. Le bassin de la Macta est drainé par deux principaux oueds à savoir l'oued El Hammam, à l'est, avec ses trois barrages en cascade (Ouizert, Bouhanifia, et Fergoug formant le 'Triplex'), et l'oued Mebtouh à l'ouest du bassin. Sur ce sous-bassin se trouvent deux principaux barrages, le Sarno et le Cheurfa II. La Macta draine principalement, mais en partie, quatre *wilayas* (régions) à savoir Mascara, Mostaganem, Sidi Bel Abbés et Saïda. Le bassin est connu pour son potentiel agricole avec une superficie irriguée de 94 025 ha en 2017 dont 12 894 ha en grands périmètres publics (GPI) et 81 131 ha en petite et moyenne hydraulique (PMH).

Le choix de ce bassin est justifié par plusieurs facteurs. En premier lieu, nous trouvons dans la Macta la palette des politiques de l'eau en Algérie à savoir la mobilisation des ressources conventionnelles (eaux superficielles et souterraines) et non conventionnelles : réutilisation des eaux usées épurées (REUE) dans la région de Mascara (TECSULT, 2007), et dessalement de l'eau de mer (la plus grande station de dessalement d'eau de mer (SDEM) d'Afrique, avec une capacité de production de 183 Mm^3/an). Le bassin bénéficie également de transferts du Chott El Gharbi, du Chott El Chergui, et du bassin de la Tafna (transfert des eaux du barrage de Sidi Abdeli). Deuxièmement, le bassin est une des régions parmi les plus vulnérables en termes de ressources en eau en Algérie, combinant une pénurie structurelle et une forte pression anthropique ayant conduit à une mobilisation de toutes les

ressources en eau superficielles, une surexploitation des ressources souterraines, et un rabattement des nappes inquiétant.

Figure 1: Les sous-bassins de la Macta selon la répartition de l'ANRH et du MRE



Le bassin est également notable par l'existence de deux GPI (Habra et Sig). Ces derniers souffrent constamment d'un manque d'eau et de la priorité accordée à la satisfaction des besoins domestiques. De fait, la superficie irriguée est estimée à seulement 46 %[3] de celle équipée. En outre, dans les régions de l'amont du bassin, les agriculteurs sollicitent de plus en plus les nappes souterraines pour irriguer leurs exploitations (PMH) en pleine expansion. Par ailleurs, le bassin de la Macta abrite l'une des zones humides les plus importantes en Algérie. Il s'agit des marais de la Macta inscrits dans la convention de Ramsar en 2001 (ABHO, 2016a; Ghodbani and Amokrane, 2013). Cette situation nous permet d'évaluer la place réelle de l'environnement dans la politique de l'eau à travers l'existence d'un besoin environnemental qui doit être considéré dans la planification. Enfin, le choix du bassin est dicté par la disponibilité de données quantitatives relativement détaillées sur l'offre et la demande en eau. La Macta est parmi les rares bassins en Algérie ayant fait l'objet d'un nombre important d'études sectorielles à la fois pour les ressources superficielles et souterraines grâce aux ouvrages hydrauliques réalisés depuis l'indépendance, notamment entre 2000 et 2020, et des études de chercheurs principalement en hydrologie et en hydrogéologie. Le bassin de la Macta a donc le potentiel pour devenir un *benchmark basin* de la politique de l'eau en Algérie.

[3] En 2017, le quota sollicité est estimé à 85 Mm^3, alors que les quotas alloués ont avoisiné 51 Mm^3. Sur une superficie équipée de 27 810 ha, la superficie irriguée était de 12 734 ha (ONID, 2018).

1.2 Cadre méthodologique

Cette étude a nécessité la collecte de nombreuses informations auprès des directions centrales du ministère des Ressources en eau (MRE)[4], l'Agence nationale de gestion intégrée des ressources en eau (AGIRE), l'Agence nationale des barrages et des transferts (ANBT), l'Agence nationale de ressources hydriques (ANRH), l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID), l'Algérienne des Eaux (ADE), etc. Un soin particulier a été apporté à l'analyse critique des documents de la planification que ce soit au niveau national, à l'instar des rapports du PNE actualisé en 2010, la base de données de PNE de 2018, les statistiques du MRE, ou au niveau régional, comme les plans directeurs d'aménagement des ressources en eau (PDARE) de l'Oranie (PDARE, 2014, 2009), le cadastre hydraulique de l'Oranie (ABHO, 2006), etc. La dispersion des données et des documents nous a obligé à nous adresser aux différentes antennes administratives régionales et locales des institutions de l'eau à savoir l'ANRH Oranie, l'ONID Oranie, l'agence de bassins hydrographique de l'Oranie Chott Chergui (ABHO), directions des ressources en eau (DRE), les cinq barrages de la Macta, les unités de l'ONID à Habra et à Sig…etc. Les documents, les données et les études[5] sont parfois incomplets et même divergents, mais l'avantage d'avoir des sources de données à plusieurs niveaux administratifs permet un travail de comparaison et triangulation afin de choisir les données les plus crédibles et de détecter d'éventuelles erreurs.

Nous avons par ailleurs mobilisé la littérature concernant le *Water accounting and water accounting+* (Batchelor et al., 2017; Karimi et al., 2013; Molden and Sakthivadivel, 1999) ainsi que différents outils techniques (QGIS, LandViewer, WaPOR 2.1 de la FAO[6] pour estimer l'évapotranspiration réelle (ETR) dans notre bassin par zone de nappe phréatique, scripts sous Google Engine pour l'évaluation de la superficie irriguée réelle). Enfin, des visites de certains projets réalisés ou en cours de réalisation et d'exploitations agricoles ont été effectuées sur le territoire du bassin. Ce travail de terrain a été réalisé durant le mois de juin, août, et septembre 2019. Enfin nous avons utilisé les concepts de trajectoire et de fermeture des bassins versants (Keller et al., 1998; Molle, 2004; Molle et al., 2010; Seckler, 1996) et replacé notre compréhension des changements à la fois institutionnels et environnementaux dans le cadre de la *Political Ecology* (Molle, 2012).

1.3 Éléments clés pour le bilan de la Macta : hypothèses et données disponibles

La Macta est un bassin complexe avec un nombre relativement élevé d'unités hydrogéologiques qui complique la réalisation du bilan d'exploitation des ressources souterraines. Nous avons réuni les petites nappes côtières en une seule zone et nous sommes concentrés sur les bilans des principales nappes qui subissent une surexploitation importante. Les échanges entre ressources de surface et nappes souterraines sont très mal connus et ont seulement été estimés pour les aquifères des plaines de Mascara et de Sidi Bel Abbés. Par conséquent, ces échanges considérés dans le cadre de *water accounting plus* (WA+) (Batchelor et al., 2017; Karimi et al., 2013) comme une composante du bilan seront pris en compte de manière quantitative que pour ces deux grandes nappes.

Le bilan des eaux de surface a été réalisé à travers celui des barrages. Les lâchés des deux barrages de l'aval ont trois destinations : une partie atteint la *sebkha* de la Macta où elle s'infiltre ou s'évapore, et une autre atteint la mer (*outflow*). Une autre partie est distribuée aux deux périmètres irrigués. Les retours (*return flows*) de l'irrigation s'infiltrent dans une nappe salée, et deviennent *ipso facto* inutilisables (*flow to sink*). Toutefois, si ces flux sont souvent considérés comme 'perdus', il n'en

[4] Ministère des ressources en eau et de la sécurité hydrique (MRESH) depuis le 08 juillet 2021.

[5] Les études concernent les avant-projets détaillés (APD) des grands projets dans le secteur de l'eau, les études des ressources en eau notamment souterraine comme l'étude de la modélisation des d'aquifères de la plaine de Sidi Bel Abbés (SOGREAH/ANRH, 2010a), l'étude de la modélisation des d'aquifères de la plaine de Mascara (Ghriss) (SOGREAH/ANRH, 2010b) et l'étude de la REUE à Mascara (TECSULT, 2007), réalisation de la carte des ressources en eau souterraine du nord de l'Algérie (ENERGOPROJEKT/ANRH, 2009)…etc.

[6] https://wapor.apps.fao.org/home/WAPOR_2/1

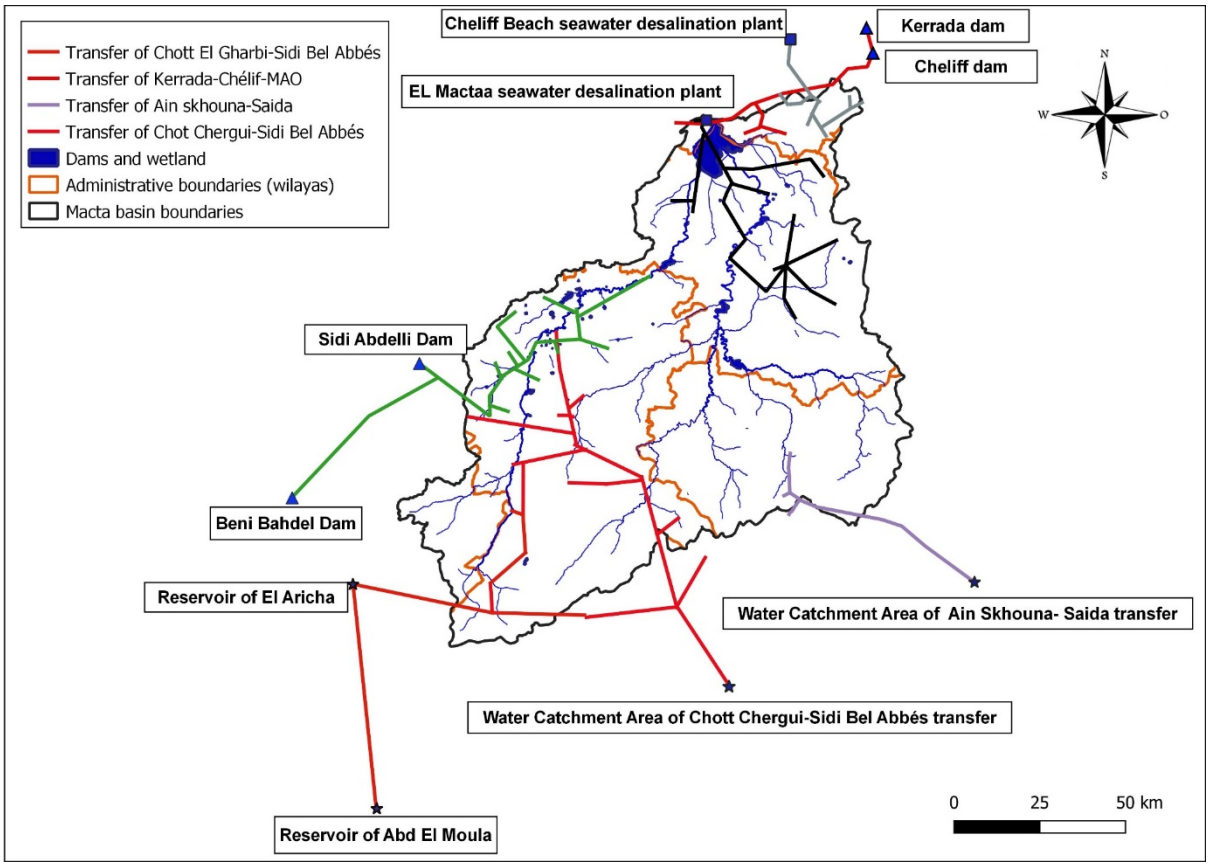
demeure pas moins qu'ils jouent un rôle important dans le lessivage des sels du sol (limitant ainsi sa dégradation). Le débit environnemental est très peu considéré et constitue « *la variable d'ajustement* » de la politique d'allocation des ressources en eau de la Macta, en Algérie, et dans les pays en développement de manière générale (Venot, 2008).

Certains bilans se limitent à l'analyse de *blue water* qui désigne l'eau qui s'écoule dans les rivières, les lacs, les zones humides et les aquifères. Il s'agit en fait de l'eau prélevable pour l'irrigation et les autres usages humains (Falkenmark and Rockström, 2006). La *green water*, qui fait référence à l'eau de pluie stockée dans les zones du sol non saturées et disponible pour les plantes, ou évaporée directement, n'est pas souvent comptabilisée car difficile à évaluer (Contreras and Hunink, 2015; Falkenmark and Rockström, 2006).

La comptabilité de l'eau intègre toute l'eau qui entre dans le bassin. L'entrée principale du bilan, les précipitations, est la composante la moins prévisible quantitativement et temporellement et qui surdétermine tous les autres termes. Nous avons utilisé les données pluviométriques de toutes les stations disponibles et désagrégé les apports au niveau de chaque sous-bassin et de chaque nappe (de même que les prélèvements bruts et nets de l'agriculture irriguée) en considérant les moyennes sur la période de 2000 à 2016. Le bassin de la Macta importe par exemple des ressources du bassin du Chéliff par le transfert structurant de MAO (Mostaganem-Arzew-Oran), qui alimente en particulier une SDEM laquelle alimente la partie aval de la wilaya de Mascara avec 24 Mm^3 et une extension prévue à hauteur de 44,5 Mm^3/an d'ici à 2040 (DMRE, 2016; DPAE, 2018); ainsi que depuis la SDEM de Chéliff Plage. Les autres transferts sont illustrés dans le Figure 2. Les problèmes communs à ces transferts sont un fonctionnement intermittent et une production d'eau loin de la capacité nominale (Kherbache, 2020a), bien que de nombreux documents officiels de gestion se basent sur les objectifs initiaux de la planification et non pas sur le fonctionnement réel des infrastructures. Par exemple, le transfert d'Aîn Skhouna vers Saïda n'a pas dépassé 7 Mm^3/an malgré une capacité nominale de 15,8 Mm^3/an. On retrouve ce problème dans le dessalement où les rapports d'évaluation de l'AEP (AGIRE, 2018a, 2018b, 2018c, 2018d) considèrent les dotations théoriques sans se soucier des volumes réellement produits au niveau des SDEM qui n'atteignent que 11,7 Mm^3 alors que le volume prévu était de 24 Mm^3/an. Cet apport extérieur au bassin n'influence que marginalement les termes du bilan et contribue majoritairement à l'AEP des communes littorales. Le volume total annuel transféré est évalué à 41 Mm^3 à la fin de 2017 (Tableau 1).

Les autres termes du bilan comme la consommation nette (*managed water use or incremental ET*) par sous-secteur (irrigation, AEP, industrie et services) et la surexploitation des nappes ont été évalués dans les sous bilans. Le dernier élément de l'équation est l'évapotranspiration naturelle (*Landscape ET*) considérée ici comme le résidu du bilan. Enfin la question cruciale des *return flow* doit être soulignée, tant elle est susceptible de créer un double comptage de la ressource. La production d'eau potable dans le bassin est estimée en 2017 à 106 Mm^3, mais une partie alimente des pertes qui réalimentent la nappe tandis que les volumes utilisés sont en grande partie (80%) rendus au système. Ceci contribue à expliquer pourquoi l'écoulement moyen de la Macta qui n'était que de 85 Mm^3 entre 1997 et 2008, avant la mise en service des grands transferts, est devenu 115 Mm^3 entre 2000 et 2017. Quant aux retours d'eau à partir des GPI, ils sont calculés à partir de l'efficience globale de transport (77%: ONID, 2018) et de l'efficience à la parcelle (PNE, 2010a). Ainsi les 41 Mm^3 alloués produisent 27 Mm^3 rendus au milieu naturel par infiltration principalement. Ce rapport ne fournit que les résultats principaux et le lecteur intéressé par plus de détails pourra se référer à Kherbache (2020b).

Figure 2: Carte de grands transferts d'eau et des interconnexions vers le bassin de la Macta



Source : établie par l'auteur.

2 Résultats et discussion

2.1 Résultats du bilan de la Macta et degré de fermeture

2.1.1 Les fractions de l'eau consommée

L'incertitude sur la qualité des données de l'inventaire de la PMH de 2018 nous a poussé à faire une analyse à deux scénarios. Le premier consiste à utiliser les chiffres officiels et les études du secteur. Dans le second, nous avons utilisé un algorithme de calcul sur la plateforme Google Engine pour estimer la superficie irriguée en PMH où un écart d'environ 30 % a été constaté par rapport aux chiffres officiels, ce qui impacte directement le terme de l'irrigation par les eaux souterraines dans le bilan (Tableau 1). Nous avons aussi mobilisé l'application de WaPOR 2.1 de la FAO pour une estimation de l'ETR et de la composante de déstockage pour chaque nappe étudiée : $\Delta SGw = (P + Tinflow) - ETR - Ecoulement - Infiltration.$ La valeur du déstockage total estimée à partir des données officielles et des études du secteur est de 126 Mm^3, tandis que la méthode de WaPOR 2.1 mène à une valeur plus basse (86 Mm^3) (Tableau 1). L'analyse du bilan et les indicateurs seront centrés sur cette seconde méthode qui nous semble plus fiable.

En 2017, l'apport net (*net inflow*) était de 4,6 Bm^3 (Tableau 1), 90,9 % de cet apport étant consommé par évapotranspiration (ET) de la végétation naturelle ou de l'agriculture pluviale (*eau verte*), et l'évaporation du sol ou des masses d'eau. Les 9% restants, soit 438 Mm^3, constituent l'*eau bleue* (écoulements et recharge nette des nappes). L'*outflow* du bassin a été calculé à partir des volumes des crues incontrôlables comptabilisées par les deux barrages de l'aval à savoir Fergoug et Cheurfa II (Figure 4). Ce volume était d'environ 28 Mm^3 en 2017. Il représente en fait moins d'1% des apports

nets, ou 6% de l'eau bleue exploitable, ce qui témoigne de l'ampleur de la consommation en eau dans le bassin. Par ailleurs, si nous considérons que ce débit assure une partie des besoins environnementaux de la zone humide de la Macta, l'*outflow* de la Macta (vers la mer) devient quasiment nul.

La proportion de l'eau utilisée productivement et volontairement (*Process depletion or incremental ET or Managed water uses*) ne dépasse pas 7 % de l'apport net, soit 316 Mm^3 (Figure 3). La plus grande part de la consommation est le fait de l'irrigation avec 284 Mm^3 (soit 89,9 % du total consommé productivement), répartie entre l'irrigation à partir des eaux de surface (majoritairement dans les GPI de Habra et Sig), pour 11 %, et des eaux souterraines (PMH) pour 89 %. En revanche, la fraction consommée par les usages domestiques et industriels (AEPI) est estimée à 32 Mm^3 soit environ 10 % de la fraction consommée productivement.

Dans notre bilan, l'eau exploitable est estimée aussi par les apports dans les barrages (133 Mm^3 en 2017), les transferts interbassins (29 Mm^3) et le dessalement (12 Mm^3), mais nous avons pris en compte la recharge des nappes (264 Mm^3) ce qui donne presque le même volume exploitable du bilan. Nous savons aussi que la majorité des nappes est surexploitée et que les oueds sont secs la plus grande partie de l'année ; par conséquent les débits de base sont très faibles. Les aquifères de Ghriss, par exemple, ont des débits à l'exutoire quasiment nuls, indépendamment des transferts. Par conséquent, l'écart est expliqué par cette problématique des débits de base qui ne sont même pas cités dans la quasi-totalité des études du secteur de l'eau en Algérie.

Figure 3: WA+ du bassin de la Macta circa 2017 (en Mm^3)

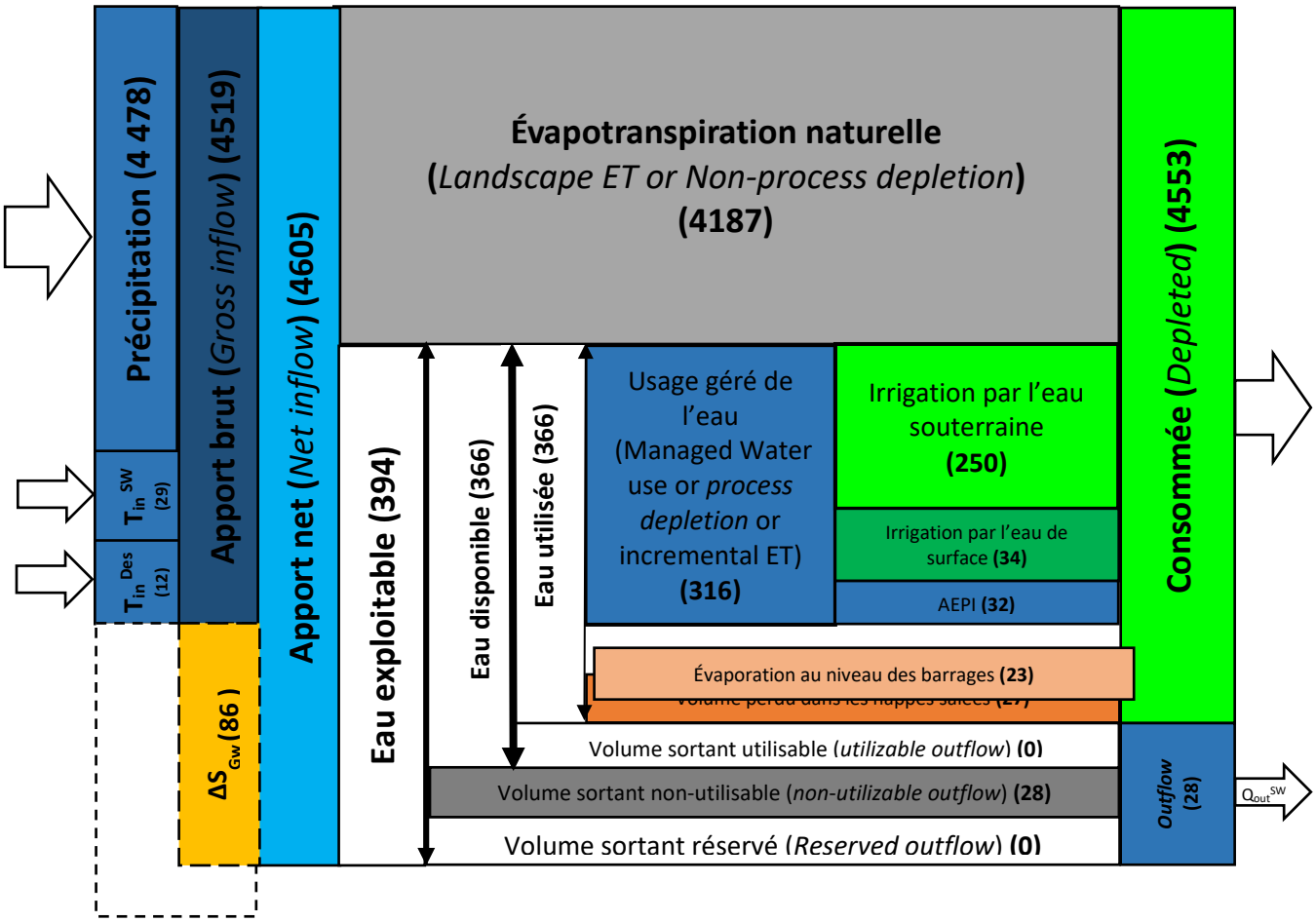


Tableau 1: résultat de la comptabilité de l'eau de la Macta (Circa 2017)

	Water accounting of Macta basin (*Circa* 2017)	Official data Mm³	Data of WaPOR 2.1 FAO
Inflow	**1**- Mean annual precipitation "P"	4478	4478
	2- River flow into basin "T_{inflow}":		
	• Tafna (barrage de Sidi Abdelli)	22	22
	• Desalination	12	12
	• Aïn Skhouna-Saïda transfer	7	7
	• Chott Gharbi and Chott Chergui- Sidi Bel Abbés transfers	??	??
	3- Gross inflow (1+2)	**4519**	**4519**
	4- Net groundwater stock depletion "overexploitation"	**126**	**86**
	5- Net Inflow (3+4)	**4645**	**4605**
Process-Depletion or Incremental ET Or Managed water use	**6**- Beneficial depletion (irrigation surface water)		
	• Habra irrigation	8	8
	• Sig irrigation	16	16
	• Up stream of Fergoug dam (Hacine area) and up stream of the basin	8	8
	• Treated wastewater (Mascara)	2	2
	7- Beneficial depletion (irrigation groundwater)	290	250
	8- Process (domestic from surface water)	10	10
	9- Process (domestic from groundwater)	19	19
	10- Industrial uses	2	2
	11- Total process depletion (Incremental ET or Managed water use)	**356**	**316**
Non-process depletion	**12**- Evaporation from dams and reservoirs	23	23
	13- Flow to sinks		
	• Return flow from irrigation in Habra and Sig (Saline groundwater)	27	27
	14- Landscape ET (Rainfed agriculture, natural vegetation, evaporation from soil surface)	4187	4187
	15- Total non-process depletion	**4236**	**4236**
	16-Total depletion (11 and 15)	**4593**	**4553**
Outflow	**17- Macta outflow (Total discharge or non-utilizable outflow)**	**28**	**28**
Flows of WA+	18-Runoff (Mata dams inflow) and transfers	174	174
	19- Utilized Water=[(11)+(12)+(13)]	406	366
	20- Utilizable outflow	0	0
	21- Available water= utilized water + utilizable outflow	406	366
	22- Exploitable water = Available water +Non-utilizable outflow (23)+(17)	**434**	**394**
Performance indicators for resource base sheet from WA+	Total depletion percentage of net inflow: Depleted Fraction= **(16)/ (5)**	99 %	99%
	Total process depletion percentage of net inflow: Process fraction= **(11)/ (5)**	8 %	7%
	Irrigation depletion (6 and 7) (percentage of net inflow)	7 %	6%
	Basin closure fraction= Utilized water (**19**)/Available water **(21)**	**100 %**	**100 %**
	Discharge of the net inflow= **(17)/(5)**	0,6 %	0,61 %
	Discharge of runoff (Macta dams inflow) and T_{inflow}= **(17)/ (18)**	16,1 %	16,1%
	Exploitable water fraction (exploitable water/net inflow) = **(22)/ (5)**	9,3 %	8,5%
	Available water fraction= available water/exploitable water **(21)/ (22)**	93,5 %	92,8%
	Fraction of non-utilizable outflow= **(17)/(22)**	6,5%	7,1%
	Dependency ratio (dimensionless)= T_{inflow} / (available water **(2)/ (21)**	10,1 %	11,2%

2.1.2 Degré de fermeture du bassin de la Macta

Le degré de fermeture du bassin « *basin closure fraction* » varie en fonction de la définition et des hypothèses retenues. Il est d'abord calculé comme le rapport entre l'eau utilisée (*utilized water*) (366 Mm³) et l'eau disponible *(available water)* (Figure 3). 93% de la ressource disponible (366/394) est épuisée. Mais dans le bassin de la Macta, le volume d'écoulement n'est ni accessible ni utilisable ; l'eau disponible est égale à celle utilisée (366 Mm³) (Figure 3), d'où une fermeture du bassin de 100%, selon Karimi et al. (2013a, 2013b). Si, en plus, nous considérons le volume sortant (28 Mm³) comme répondant à une partie des besoins environnementaux de la zone humide, et donc comme de l'eau

utilisée, l'eau totale utilisée est de 394 Mm^3 - égale à l'eau disponible du bassin. La totalité de la ressource disponible est épuisée.

Étant donné que le déstockage de nappes est un volume non renouvelable, nous pouvons également évaluer le degré de surexploitation en comparant la fraction épuisée avec l'apport brut (*gross inflow*)(Figure 3). En soustrayant l'épuisement des eaux souterraines du flux entrant exploitable, on obtient un volume exploitable de 308 Mm^3, soit une utilisation totale de 119 % (366/308) de l'eau exploitable (*exploitable water*). En outre, si l'on considère que le volume sortant (28 Mm^3) alimente la zone humide, le taux d'utilisation est alors de 128% (394/308).

Si on prend le scénario des données administratives du secteur de l'eau qui présente un déstockage de 126 Mm^3, l'eau exploitable devient 434 Mm^3 et l'eau utilisée devient 268 Mm^3 au lieu de 308 Mm^3. En supposant que l'*outflow* est non-utilisable, le taux d'utilisation approche les 151% (434-28/268). Mais si l'on considère que le volume sortant contribue aux besoins de la zone humide, ce taux atteint le chiffre alarmant de 162% (434/268).

Un autre indicateur pertinent de la fermeture des bassins est le taux de surexploitation des nappes par rapport à leur apport renouvelable (considéré ici comme la recharge). En 2017, l'écoulement en aval des barrages de la Macta est estimé à 28 Mm^3 soit 6 % du total de l'eau bleue du bassin (y compris le dessalement et les transferts vers la Macta) (438 Mm^3)[3]. Cependant, la faiblesse des apports superficiels est compensée par le déstockage des nappes (86 Mm^3) qui augmente de près de 50% les apports superficiels de 2017 et d'environ 20 % l'eau bleue du bassin. Par conséquent, suivant cette méthode le taux de consommation du bassin avoisine 114%[7] (100-6+20). La fermeture est encore plus accentuée si nous considérons *l'outflow* comme un besoin environnemental de la zone humide. Dans ce cas, le taux de consommation devient 120 % de la ressource annuelle moyenne. Enfin, si l'on prend l'hypothèse haute sur le déstockage (126 Mm^3), le taux de consommation de la ressource devient 129 % de l'apport annuel moyen renouvelable.

Ces taux sont évidemment extrêmement élevés et typiques d'une surexploitation aigüe, mais ils ne sont pas inédits. Au Maroc, le bassin de Tensift consomme environ 103 % de ses ressources 'seulement' (car une partie des crues reste incontrôlable) (Tanouti, 2017) tandis que le bassin inférieur du Jourdain consomme 121 % de ses ressources bleues renouvelables à cause de la surexploitation des aquifères (Venot et al., 2008). Dans la période 2004-2013 le Colorado a perdu près de 6.5 Bm^3 (dont 5 Bm^3 de ses aquifères) (Castle et al., 2014), ce qui pour un écoulement annuel moyen de 21 Bm^3 et un débit à la mer virtuellement nul donne un taux approximatif de 131%. Dans le bassin du Segura en Espagne ce taux est de 124% (CHS, 2015).

Les transferts vers le bassin sont estimés à 29 Mm^3 et le dessalement à 12 Mm^3. Ces volumes font que la dépendance de la demande en eau du bassin par rapport aux apports extérieurs soit de 11,2 % en 2017, mais elle augmentera à l'horizon 2030 avec l'entrée en service des autres transferts, soit un apport extérieur total prévu d'environ 150 Mm^3, supérieur au volume des apports au niveau des barrages (133 Mm^3 en 2017), qui porterait le ratio de dépendance à plus de 41 %. Cet indicateur impose la nécessité de connaître également la situation des bassins limitrophes à la Macta pour mieux juger des impacts sur ces bassins.

2.2 Les causes de la fermeture du bassin

2.2.1 Facteurs 'naturels' et climatiques

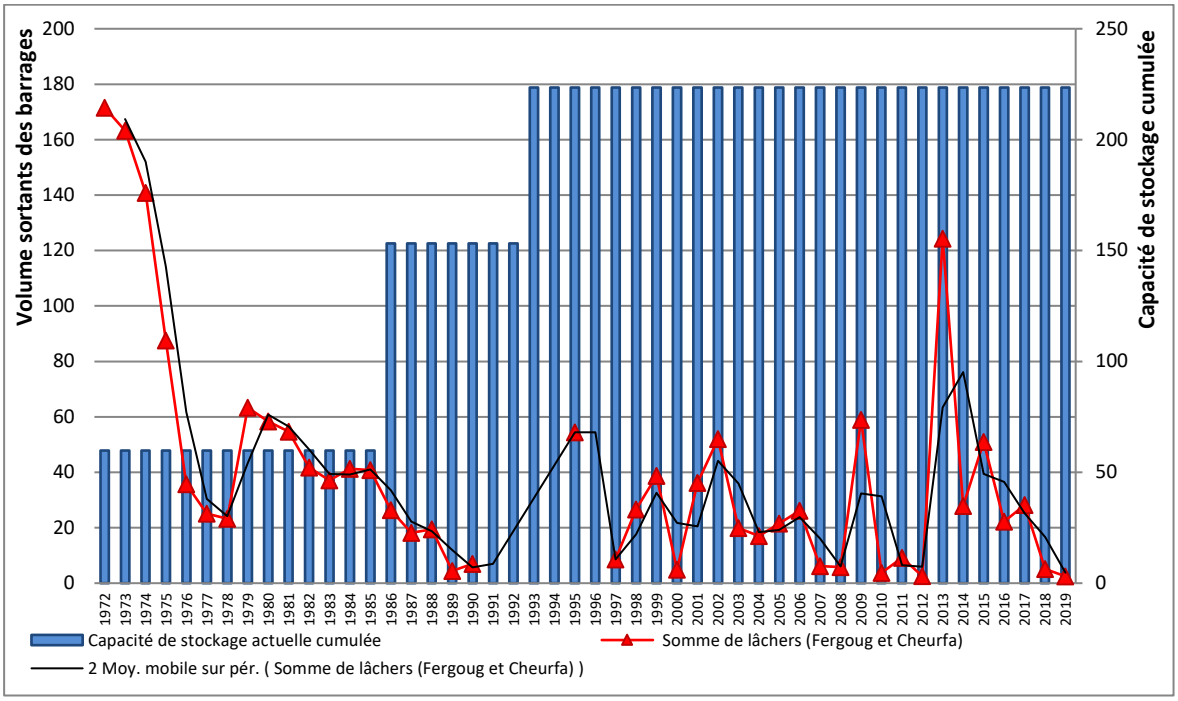
Cette situation de surexploitation s'est traduite par une baisse progressive des débits des oueds et des apports moyens dans les barrages (Baahmed et al., 2015; Meddi et al., 2009). Ceux-ci ont été estimés à 215 Mm^3 entre 1971 et 1980, avant d'atteindre 128 Mm^3/an entre 2009 et 2017 soit une baisse de 41 %. Une partie de cette baisse peut être attribuée au changement climatique avec des sécheresses

[7] Ce taux varie d'un sous-bassin de la Macta à un autre.

récurrentes et des déficits pluviométriques de plus en plus importants, à l'augmentation des températures moyennes annuelles (d'environ 1,8 °C entre 1971 et 2013), à l'augmentation des prélèvements et des infrastructures de mobilisation en amont du bassin. Dans le passé, des quantités d'eau importantes atteignaient la mer, au point où ces eaux formaient des marécages constituant un obstacle majeur au développement de l'agriculture et à la mise en valeur de la plaine de Mascara en amont et des plaines de Habra et Sig en aval, comme en témoignent les travaux d'aménagement des marécages. La surélévation de certains barrages et la reconstruction d'autres, à l'instar de Fergoug en 1970, Ouizert en 1986 et Cheurfa II en 1992, ont contribué à absorber progressivement les volumes sortants. Ainsi, le total des lâchers vers la mer était de plus de 171 Mm^3 en 1971 et trois ans après la mise en exploitation du barrage d'Ouizert, celui-ci a baissé pour atteindre 7 Mm^3 en 1990. Ils sont actuellement minimaux voire nuls (Figure 4) sauf épisodes de crue, lesquels influencent une valeur moyenne de 28 Mm^3. Ces lâchers ont été nuls ces dernières années, notamment en 2020 et 2021 à cause de la sécheresse aigue qui frappe toujours le bassin de la Macta et toute la région.

On explique aussi souvent la surexploitation et la fermeture par l'augmentation de la population et des besoins, la population du bassin étant passé de 0,6 million d'habitants en 1980 à 1,97 million d'habitants en 2017, ramenant les dotations de 799 m^3/hab/an en 1980 à 222 m^3/hab/an en 2017 d'où une baisse de la dotation par habitant d'environ 70,5 %. Cependant, cette vision des indicateurs est souvent simpliste car si on considère seulement la consommation domestique, qui reste minime, les besoins de la population ne sont en fait pas si importants par rapport à l'agriculture, et donc le raisonnement malthusien qui a tendance à naturaliser le problème est trompeur. La perception d'une pénurie physique (Brown and Matlock, 2011; Molden et al., 2003; Rijsberman, 2006) et l'explication malthusienne sont largement critiquées dans la littérature (Chenoweth, 2008; Feitelson and Chenoweth, 2002; Margat, 2005; Molle and Mollinga, 2003).

Figure 4: évolution des lâchers de barrages de l'aval (Fergoug et Cheurfa II) en fonction de la capacité de stockage cumulée[8] (en Mm^3)



Source : auteur à partir du bilan des barrages (2018), (PNE, 2010b; SGI-Ingénierie et ANBT, 2007, 2005).

[8] La capacité de stockage cumulée est la somme de la capacité stockage réelle de l'ensemble des barrages de la Macta. Nous avons déduit les volumes envasés dans la capacité de stockage totale des barrages selon l'évolution annuelle présentée dans le (PNE, 2010b) que nous avons modifié suivant les projets de dévasement de Fergoug (en 1989 et 2006) et Bouhanifia entre

2.2.2 Facteurs socio-politiques et économiques

2.2.2.1 Dispositifs de soutien de l'irrigation : entre expansion des superficies irriguées et économies d'eau

Certains volets de la politique publique contribuent notoirement à la fermeture du bassin. Ces politiques se conçoivent, au niveau central, comme ayant un impact positif sur le développement régional et local, mais des externalités négatives sont omniprésentes à l'échelle des bassins. Le lancement des plans agricoles subventionnant l'irrigation pour l'ensemble des wilayas du pays, notamment des zones à forte potentialité agricole comme Mascara et Mostaganem dans le bassin de la Macta. Cet engouement démesuré pour les équipements hydroagricoles est une cause directe de la fermeture des bassins (Molle, 2008; Molle et al., 2010).

Les programmes sont engagés sans confrontation rigoureuse entre les besoins en eau et la réalité de sa disponibilité, et sont souvent en contradiction avec les objectifs même d'économies d'eau évoquées. Selon le PNE (2010b), la PMH consomme 83 % d'eau souterraine en Algérie soit une augmentation conséquente par rapport à 2000 (56 %) (CNES, 2000). Elle émane d'initiatives privées et l'État n'exerce qu'un contrôle direct limité sur l'utilisation des eaux souterraines. D'ailleurs, après l'introduction du plan national de développement de l'agriculture (PNDA) en juillet 2000, le CNES a insisté dans ses recommandations au gouvernement sur l'obligation d'utiliser rationnellement l'eau : « *La PMH a un potentiel de croissance avérée non négligeable ; mais la surveillance des nappes souterraines laisse énormément à désirer. Peu de mesures préventives sont prises avant qu'une nappe ne se dégrade de façon irréversible »* (CNES, 2003, p. 48).

Le PNDA était ambitieux, avec un financement de 40 milliards DZD en 2000 soit plus de 500 millions USD, représentant 10 fois les budgets alloués durant les années 90 où ils n'ont pas dépassé un total de 50 milliards DZD (Bedrani, 1995; Bedrani et al., 2018; Bessaoud, 2006; Bessaoud and Montaigne, 2009). Entre 2001 et 2004, le montant de ce plan, remplacé par le Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDAR) en 2002, était de 525 milliards de dinars (5,2 milliards d'euros) (Imache et al., 2011; Salhi and Bedrani, 2011). Ce programme a profité à 220 000 exploitations mais a dû en exclure 600 000 suite à des contraintes administratives comme l'absence de titres de propriété (Bessaoud, 2006), ce qui a conduit à l'élargissement du plan et à des facilités accordées à ces exploitations (Amichi, 2013). En 2002, plusieurs objectifs ont été intégrés, dont la préservation des ressources naturelles. Ces orientations stratégiques sont érigées en Politique de Renouveau Rural reposant sur 4 axes, dont la gestion durable des ressources naturelles : sols, eau, forêt, ressources fourragères et la protection de l'environnement (MADR, 2012). Ce dernier n'est guère respecté et nous avons par exemple observé des exploitations agricoles créées dans le cadre d'une concession et installées directement sur le territoire censé être une partie d'une zone humide. Entre 2002 et 2005, les opérations financées dans le cadre du PNDAR ont représenté près de 4 milliards d'euros, soit 2.3 milliards de subventions et 1.3 milliard de crédit aux agriculteurs (Salhi and Bedrani, 2011). Le montant programmé pour 2005-2010 pour le seul volet de développement rural était d'environ 2.6 milliards d'euros. Une partie du plan global a été réenregistrée dans le cadre du plan quinquennal (2010-2014) avec 1000 milliards DZD (10 milliards d'euros) (MADR, 2012). En 2008, une loi d'orientation agricole a été promulguée en août (loi n° 08-16)[9] et certains de ses volets traitaient directement des économies d'eau agricole (Bessaoud et al., 2019; MADR, 2010; MADRP, 2015a) : *« la Politique de Renouveau agricole et rural reconduit en l'approfondissant l'option stratégique de généralisation et de recours massif aux systèmes économiseurs d'eau »* (MADR, 2010, p. 10).

2013 et 2019. Le levé bathymétrique réalisé en 2004 a montré que les capacités de stockage réelles sont beaucoup moins inférieures de ce qui a été pris dans la planification comme en témoigne l'écart entre 2003 et 2004 (17 Mm^3) (ANBT-FUGRO, 2004).

[9] La principale disposition de cette loi concerne le foncier agricole et notamment les terres du domaine privé de l'État qui, dorénavant, pourront être cédées à des tiers sous le seul régime de la concession (article 17).

L'ensemble de ces plans se sont articulés autour de la promotion des systèmes économiseurs d'eau pour une meilleure utilisation de l'eau, avec une reconversion du gravitaire existant en localisé et en aspersion. Un haut cadre du MADRP nous a indiqué que 80 % des subventions de l'État dans le cadre des différents plans sont allouées à l'irrigation et à la mobilisation de l'eau[10]. Salhi and Bedrani (2011) estime que 56 % des dépenses de Fonds national de développement de l'investissement agricole (FNRDA) ont été affectées à l'irrigation : la subvention à atteint 100 % en 2000 avant de passer à 30 % en 2005 et l'installation des systèmes de goutte-à-goutte a touché environ 50,000 ha pour l'année 2000. Actuellement et depuis 2014, les soutiens dans le cadre du développement de l'irrigation et de la promotion de l'économie de l'eau concernent la réalisation de forages ou de puits, les équipements de pompage, les bassins d'accumulation et les équipements d'irrigation économiseurs d'eau…etc. (Décision n° 943, 2014)[11]. Le soutien varie de 40 % à 60 % en fonction des usages (individuels ou collectifs) et des régions du pays (nord ou Grand Sud). Le MADR a estimé qu'entre 2009 et 2011, 90,061 ha ont été équipés, soit un passage de 359,163 ha en 2009 à 449,224 ha au niveau national (+25 %), et misait sur une expansion de la superficie irriguée pour atteindre 1,6 million hectares à la fin de 2014, par rapport à environ 1 million ha irrigués en 2011 (MADR, 2012, p. 22). Dans ce sillage, lors des journées de l'Exp'Eau (2013), un cadre du MADR a présenté le programme d'économie d'eau du secteur hydroagricole (2010-2014) centré sur un développement de systèmes économiseurs d'eau sur 900,000 ha, avec une expansion qui nécessite une mobilisation théorique de 12 Bm^3. Des représentants du MRE ont alors demandé d'où viendrait ce volume d'eau, mettant en cause la capacité de mobilisation et de satisfaction de cette demande extrêmement élevée. Ceci confirme, une fois encore, l'insuffisance de coordination/concertation entre les deux départements ministériels, indépendamment des cadres institutionnels existant.

La même situation semble se répéter. Le plan d'action du gouvernement à l'horizon 2024 mobilise les mêmes axes des anciens plans (Gouvernement algérien, 2020). Le programme de 2014-2019 visait à irriguer 2.14 millions ha à la fin de 2019, soit un accroissement de 1 million[12] ha par rapport à 2013, dont 624,000 ha en PMH et 376,000 ha en GPI, avec une enveloppe d'investissement prévue d'environ 3 milliards USD. L'objectif souligné était la sécurité alimentaire du pays et les périmètres devaient être équipés de techniques d'irrigation modernes. Le montant global prévu pour le seul soutien à l'acquisition d'équipements d'irrigation économiseurs d'eau était presque 948 millions USD pour une superficie (subventionnée) à équiper de 637,000 ha (MADRP, 2015a, 2015b). Un rapport sur le plan de relance économique 2020-2024 (Services du Premier Ministre, 2020) mentionne que dans le cadre de l'extension les superficies irriguées doivent passer à 2 millions d'hectares à l'horizon 2022.

Ce plan qui envisage un quasi-doublement en seulement 5 ans de la superficie historiquement mise en valeur en Algérie semble irréaliste et relève davantage d'un objectif d'annonce politique. Il se heurte à différents obstacles dont, premièrement, l'insuffisance de la capacité nationale de production de ce type d'équipements d'irrigation qui ne dépasse pas une couverture de 32,000 ha/an par rapport à un objectif affiché d'équipement de plus de 100,000 ha/an (MADRP, 2015b). Cet état de fait a aggravé la dépendance du pays vis-à-vis des importations (Kherbache, 2020a). Par ailleurs, comme dans l'ensemble des plans précédents, la stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2035 900,0 un apport net aux plantes de 12.6 Bm^3, calculé pour atteindre l'objectif en 2019. Avec une efficience moyenne de 71 %, il faudrait donc mobiliser en amont 17.6 Bm^3, soit bien plus que les potentialités de l'Algérie[13]…

[10] Entretien du 25 août 2019.

[11] Cette décision constitue le cadre de l'économie d'eau et des subventions de l'irrigation. Elle abroge et remplace la Décision n° 522 du 12 juillet 2011 fixant le dispositif de soutien sur le fonds national de développement de l'investissement agricole (FNDIA) pour la promotion des systèmes d'irrigation économiseurs d'eau à la parcelle.

[12] La superficie sera répartie ainsi : 600,000 ha destinés à la céréaliculture (irrigation d'appoint), 200,000 ha de fourrages irrigués pour la filière lait, 160,000 pour le maraîchage et arboriculture 40,000 ha pour l'oléiculture intensive (Kessira, 2017; MADRP, 2015b).

[13] Dans la même veine, lors de la réunion extraordinaire du Conseil des ministres (30 août 2021), il a été décidé d'augmenter la capacité de stockage de l'eau de 10 Bm^3 à 12 Mm^3 soit un volume d'eau superficiel dont l'Algérie ne dispose pas puisque

Dans le même registre, nous pouvons lire : « *Cette extension du capital productif irrigué à l'horizon 2025 […] aura l'équivalent de 1.8 million ha pour un besoin en eau cumulé de presque 19*[14] *Bm³. Par rapport à la situation actuelle, dont la consommation en eau est estimée à 6 Bm³, il est certain qu'il faut assurer un volume additionnel de 13 Bm³ pour la satisfaction de la demande en eau à l'horizon 2025 »* (MADR, 2007, p. 11).Mais les scénarios du PNE concernant l'offre en eau pour l'irrigation à l'horizon 2035 sont loin des objectifs du MADR. Il s'agit là d'un slogan politique, car même avec un scénario anti-gaspillage, il est impossible de mobiliser 17.6 Bm^3 pour l'irrigation. Ces discordances étaient à l'origine des réserves émises par le gouvernement sur la validation du PNE (2010) concernant le nécessité de trouver des ressources en eau supplémentaires par le MRE afin de réaliser les objectifs d'expansion de la superficie agricole de la MADR prévus dans le cadre du *programme du président de la République*[15] *!*

Il s'agit ici de la répétition, ou de la continuité, de certaines incohérences de la politique de l'eau en Algérie puisque, déjà, dans le cadre du plan quadriennal de (1970-1974), l'objectif était déjà d'accroître la superficie irriguée de 20,000 ha/an en grande hydraulique alors que la mobilisation de l'eau était loin de cet objectif. L'ensemble des barrages de ce programme n'ont pas été achevés à temps (Barrages de Sidi Abdeli, Cheurfas II, Ouizert, Deurdour…etc.) et au lieu de questionner les causes du retard, le Plan triennal de (1974-1977) a repris et renforcé les objectifs du précédent programme. Ainsi, « *on le voit, ce IIe plan consacre la dérive d'une planification de plus en plus déconnectée de la réalité* » (Pérennès, 1993, p. 182).

Selon le PNE (2018), la demande en eau agricole est estimée directement par le MRE et le MADR en utilisant une dose d'irrigation de 6000 m^3/ha/an, indépendamment du type de plantes cultivées ainsi que des conditions pédoclimatiques de la zone d'implantation. En mobilisant cette norme, le rapport a évalué la consommation d'eau agricole à 7.6 Bm^3 en 2015. En se référant à l'étude de la tarification de l'eau agricole (MRE-BRL Ingénierie, 2007a) et en prenant en compte le mode d'irrigation, le PNE (2018) a affiné son estimation 10.6 Bm^3 en 2015 (1.26 million hectares) soit 3 Bm^3 de plus que la première méthode. Ces incertitudes, des évaluations approximatives, et la perpétuelle confusion entre prélèvement et consommation de l'eau font qu'on est très loin des standards de la comptabilité de l'eau. Cette confusion se trouve par exemple dans l'article 137 de la loi de finances 2020 qui a introduit une redevance sur les « prélèvements d'eau » à usage agricole par mode d'irrigation afin d'inciter à l'économie d'eau, mais qui dans le texte parle de la « consommation d'eau ». Celle-ci est d'1 DA/m^3 consommé lorsque l'agriculteur utilise un système d'irrigation par aspersion et goutte-à-goutte et elle est de 2 DA/m^3 lorsqu'il s'agit d'un mode d'irrigation gravitaire.

À cause de l'insuffisance de la ressource et de l'impossibilité de mobiliser de tels volumes pour l'irrigation, le planificateur parle toujours d'un « *gain en eau* » sur le potentiel existant qui serait possible par la généralisation de l'adoption des technologies modernes d'irrigation à savoir les systèmes localisés ou aspersifs (MADR, 2007). Une évolution très considérable des systèmes économiseurs d'eau entre 2000 et 2017 a été enregistrée à cause de ces programmes de soutien. La superficie irriguée en goutte-à-goutte est passé de 5000 ha en 2000 à 294,635 ha en 2017 tandis que l'aspersion passait de 70,000 ha à 443,310 ha pour la même période. Le gravitaire, quant à lui, a augmenté de 114 % passant de 275,000 en 2000 à 587,426 ha en 2017, avec une tendance à la stabilisation depuis la mise en œuvre des plans de soutien à l'irrigation (MADR, 2007, données de MADR 2018). Entre 2000 et 2006, le FNRDA a financé 60 % des équipements d'irrigation économiseurs d'eau. Le rapport de MADR (2007) évoque un équipement de 43,457 ha en 2006 et une économie

le (PNE, 2010c) a évalué ces ressource à 10,9 Bm^3 en moyenne. Un volume dans lequel on constate des doubles comptages de la ressource.

[14] Dont 10.8 Bm^3 dans le sud du pays alors que selon le volumes exploitable des ressources souterraines du continental intercalaire (CI) et de complexe terminal (CT) à l'horizon 2050 sont de 2.33 Bm^3 dans le cas d'une hypothèse faible et de 6.1 Bm^3 dans le cas d'une hypothèse forte (PNE, 2010d).

[15] Lors de nos visites au MRE et au MADR, les cadres supérieurs des deux institutions évoquent toujours ce programme dans les discussions comme étant un objectif volontariste, mais au fond d'eux, ils savent que ces slogans sont des chimères.

d'eau de 102 Mm^3. Cette économie d'eau, sur le papier, est un des paradoxes de l'irrigation, car le rapport a considéré cette quantité "économisée" comme permettant d'irriguer 12,737 ha supplémentaires. Si l'on considère l'eau réellement consommée (l'évapotranspiration), la modernisation des systèmes d'irrigation n'entraîne pas de baisse en moyenne et peut même dans certains cas augmenter les consommations (Perry and Steduto, 2017). À l'échelle du système aucune économie n'est réalisée et l'expansion des superficies, ou encore la densification des plantations d'arbres, conduisent au contraire à une plus grande fraction consommée (*depleted*) de la ressource, ce qui aggrave la surexploitation des ressources, notamment souterraines (Grafton et al., 2018; Molle and Tanouti, 2017; Saskia van der et al., 2013; Scott et al., 2014; Seckler, 1996). Plusieurs années plus tard, on trouve dans le discours officiel les mêmes idées fausses.

En 2017, une évaluation du programme hydroagricole soutient que par le biais de la généralisation de l'utilisation des techniques modernes d'irrigation une économie de plus de 20 % sur la consommation actuelle en eau est réalisable permettant d'irriguer l'équivalent d'environ 200,000 ha supplémentaires (Kessira, 2017). De fait, un autre document de la même année, issu du programme de concertation entre le MRE et le MADR, cite une consommation d'eau par l'agriculture de 6.8 Bm^3 et annonce la même possibilité d'économie d'eau permettant d'irriguer l'équivalent de cette superficie (200,000 ha) à travers une économie possible de 800 Mm^3 (MRE/MADRP, 2017). Selon le directeur de la DHA[16], les programmes d'économie de l'eau qui passent par l'installation de systèmes économiseurs d'eau permettront à l'Algérie d'économiser cette fois-ci 2 Bm^3. Cette quantité est théoriquement libérée pour d'autres usages, voire irriguer entre 200,000 et 300,000 ha supplémentaires à la fin 2020. Malheureusement, ces chiffres sont repris directement par certains chercheurs (Akli et al., 2019; Oulmane, 2018) pour argumenter et vanter les bienfaits du passage aux systèmes localisés. Akli and Bedrani (2011) parlent d'une économie d'eau potentielle de 9.5 Mm^3 dans le périmètre public de Mitidja Ouest grâce au remplacement de l'irrigation gravitaire par le goutte-à-goutte soit une baisse de la consommation de 38 % sans prendre la situation de la nappe qui est surexploitée, surtout avec l'expansion de la superficie irriguée. Récemment, ce raisonnement a été généralisé par Akli et al. (2019) pour l'ensemble du bassin côtier algérois dont fait partie la plaine de Mitidja pour avancer une possibilité d'économie de 253 Mm^3 dans l'irrigation individuelle en PMH et en GPI.

Dans le PDI, le PNE (2019) évoque aussi un gain d'eau de 233 Mm^3 venant de la reconversion de 137,711 ha d'irrigation gravitaire en irrigation localisée dans le Nord et par pivot dans le Sud, pour une montant de soutien de 4 milliards de DZD à l'horizon 2020 permettant l'irrigation de plus de 46,000 ha supplémentaires. Dans un entretien accordé à la chaîne El Bilad[17], le directeur de l'AGIRE a déclaré que les modes gravitaires dans l'irrigation consomment trois fois plus d'eau et que 50 % de la superficie irriguée de l'Algérie se fait par les modes traditionnels. Pour lui, sur les 7 Bm^3 que prélève l'agriculture irriguée on pourra faire des économies d'eau de 1 à 2 Bm^3 en adoptant le goutte-à-goutte et l'aspersion, ce qui permettrait d'approvisionner en eau potable toute l'Algérie pendant 6 mois. Certains cadres du secteur sont conscients de ces contradictions, mais selon eux ils ne peuvent rien faire car : « *si on insinue que les projets sont absurdes et non rentables sur le plan socioéconomique ou environnemental, on sera traité comme des responsables qui bloquent et freinent le développement envisagé dans les programmes centralisés du gouvernement »*[18].

Il s'agit là de la même "quadrature du cercle entre l'intensification de l'agriculture et la conservation de l'eau" du Maroc, qui a conduit à une surexploitation de la ressource de Maroc (Molle and Tanouti, 2017), de l'Espagne (Berbel et al., 2013; Contreras and Hunink, 2015) et de nombreux autres pays, car l'amélioration de l'efficience ne réduit que très rarement la consommation d'eau dans la mesure où les programmes d'économie d'eau s'accompagnent souvent par l'extension de la superficie irriguée et

[16] Omar Bougueroua, déclaration à l'APS http://www.radioalgerie.dz/news/fr/node/105755 consulté le 29/01/2020.

[17] Le 21 /06/2021.

[18] Discussion avec un haut cadre du secteur de l'eau en juin 2021.

l'intensification de l'agriculture et donc de la consommation en eau (Grafton et al., 2018; Saskia van der et al., 2013; Scott et al., 2014).

En effet, les exemples de territoires hydriques actuellement en déséquilibre en Algérie ne manquent pas. La Macta et la situation de ses nappes en sont un exemple édifiant, le Chéliff (Amichi, 2013; Hartani et al., 2008), le plateau de Mostaganem (ABHO, 2018; AGIRE, 2016; Haouichine, 2012; SOGREAH, 2009), la Mitidja (Imache et al., 2011) et la région de Biskra également (Amichi et al., 2018; Daoudi et al., 2017). Concernant la nappe de Biskra, un haut cadre du MRE reconnait que « *la surexploitation des ressources souterraines dans cette région a atteint une limite incroyable avec une consommation dépassant le triple de sa capacité de renouvellement*[19] *et nous n'avons pas de solutions visibles et une vision claire pour faire face à cette tragédie et surtout ne pas bloquer le dynamisme de cette wilaya classée en 1ère position en termes de la valeur de la production agricole* »[20]. Les économies d'eau sont estimées grossièrement et sont agrégées dans les rapports de l'administration centrale. Les déclinaisons au niveau local et régional ne sont évoquées que très rarement et elles ne sont nullement abordées à l'échelle des bassins. Ainsi parmi toutes les études et les documents de la planification que nous avons consultés la question des économies d'eau régionales n'est citée que dans le plan régional de l'eau de l'Oranie (PRE, 2004, p. 104) qui estime qu'à l'horizon 2020 : « *la consommation en eau d'irrigation devra être réduite par la réalisation d'un programme d'introduction de techniques d'irrigation économisant l'eau et l'introduction de cultures moins exigeantes en eau. Ce programme va conduire à une économie d'eau d'environ 300 Mm³ pour l'horizon 2020 (100 Mm³ pour les GPI et 200 Mm³ pour les PMH) ».* Les conséquences de ce genre de réflexions se ressentent dans la surexploitation des nappes et l'évolution à la fermeture de la majorité des bassins du nord. Car c'est bien à l'échelle du bassin (ou du sous-bassin) ou de la nappe qu'il faut considérer la modernisation des périmètres irrigués. Notre étude a montré que les économies ne sont réelles que dans le cas où les "pertes" se font vers des masses d'eau inutilisables, comme la nappe superficielle des périmètres de Sig et Habra.[21] Dans les autres cas, le bilan de l'eau est un jeu à somme nulle dont on ne peut augmenter la composante évapotranspiration sans réduire les autres termes, lesquels sont déjà appropriés par d'autres usages, soit à l'aval (oueds) soit sur la nappe.

L'analyse des principaux rapports de ces programmes agricoles soulève une question sur le coût payé en termes de durabilité des ressources par rapport aux bénéfices générés par les améliorations enregistrées. De fait, en consultant les rapports du début de chaque plan ou un programme quinquennal, on a l'impression que la ressource en eau est supposée infinie et que l'on pousse à l'extrême la possibilité d'équiper davantage de superficies alors que l'expérience a montré que les ressources superficielles ne sont pas suffisantes, voire baissent d'une année à une autre et mêmes dans les GPI, où une proportion considérable de ce qui a été équipé n'est pas irriguée réellement (le taux d'irrigation national des GPI était de 30,2 % et 36,6 % en 2012 et 2017 respectivement) (ONID, 2018, 2013)[22]. Par ailleurs, la réalisation partielle de ces objectifs ambitieux, mais irréalistes, est largement due au déstockage et l'exploitation minière des aquifères par une PMH qui utilise selon le PNE (2019) : 79,508 forages, 15,5719 puits et 5577 sources au niveau national. Cette situation renforce la fermeture des bassins du pays. Aucune étude n'a évalué la faisabilité hydrologique de ces plans agricoles à l'aune des disponibilités des ressources en eau, car ces programmes ont une dimension sociale et politique dominante.

---

[19] Cette nappe est le CT qui avec le CI constitue des aquifères très faiblement renouvelables et ils sont exploités de manière minière. En se basant sur les inventaires de l'ABH du Sahara, Daoudi et al. (2017) estiment qu'il y a 17000 forages dont 8000 seulement autorisés sur le territoire de la wilaya. Ces forages prélèvent 1.8 Bm³ sur un volume exploitable de 800 Mm³.

[20] Entretien effectué en octobre 2018.

[21] Même dans ce cas on pourrait arguer du fait que ces 'pertes' en nappe sont en fait une composante essentielle de la zone humide.

[22] La superficie irriguée dans les GPI en Algérie était 62245 ha et 82422 ha en 2012 et 2017 respectivement tandis que les superficies équipées étaient 205804 ha en 2012 et 225304 ha en 2017.

2.2.2.2 La ruée vers les ressources souterraines et l'absence de régulation de la PMH

L'exploitation excessive des nappes de la Macta a été montrée dans notre bilan où les rabattements de la nappe de Mascara, par exemple, ont atteint entre 60 et 80 m selon l'endroit entre 1970 et fin 2017 (Figure 6). Tout le monde s'accorde à dire que la PMH, que ce soit dans le bassin de la Macta ou ailleurs, engendre une prolifération des points d'eau illicites. Le nombre de points illégaux n'est pas connu, en plus des 9973 forages et puits inventoriés en 2018, mais « *un grand nombre d'ouvrages sont considérés comme « illicites », techniquement difficiles à inventorier et socialement impossibles à interdire. C'est un sous-secteur, qui de plus en plus échappe aux pouvoirs publics. Les autorités se trouvent maintenant dans l'incapacité d'assurer un contrôle effectif des prélèvements d'eau* »[23].

À la surexploitation et au rabattement, les agriculteurs s'adaptent en approfondissant leurs forages surtout que la police des eaux (art. 159 de la loi 05-12) est présente dans les textes juridiques, mais largement absente sur le terrain. Les *fellahs* de Ghriss (Mascara) courent derrière l'eau et, à chaque baisse, doivent creuser davantage : « *il y a 4 ans je faisais le mois d'août un approfondissement de 3 à 5 m à mon forage. Heureusement que la nappe est relativement stable ces dernières années puisque mon forage est à 200 m et je ne pourrai pas supporter ni les coûts de pompages ni les prix exorbitants des pompes devenues trop chères surtout avec l'arrêt de l'importation* »[24]. Un agriculteur d'une exploitation nous a expliqué comment se fait l'approfondissement des forages ou la réalisation des puits. Le travail illicite se fait dans la nuit à l'aide de la technicité des Syriens présents sur le territoire depuis des années. De fait, les Syriens ont supplanté l'ingéniosité locale des forages et puits traditionnels réalisés manuellement par les agriculteurs. Bien que cette pratique soit interdite et qu'il y ait un risque d'emprisonnement et de saisie des sondes (art. 170 et 174 de la loi 05-12), les forages et les puits continuent à proliférer et un marché se développe dans les deux nappes les plus surexploitées de la Macta, Ghriss et Nord-est du bassin (Mostaganem). Nous avons soulevé cette question des forages illicites avec les cadres des administrations locales. Ceux-ci ont expliqué l'incapacité des cadres de la police des eaux à y faire face. En outre, selon eux, même avec une administration forte, il est presque impossible d'endiguer le développement des forages et des puits illégaux parce que les foreurs s'activent la nuit et dans des endroits bien dissimulés, ce qui complique le contrôle. Certains font des puits traditionnels à l'intérieur même des serres agricoles, à l'instar de la région d'Aïn Nouïssy, Fornaka, El Hassiane (Mostaganem)[25].

Dans ce contexte où le nombre de points d'eau illicites augmente, la régulation devient presque impossible, car la PMH constitue aussi une source de revenus pour les agriculteurs et un moyen de réduire le taux de chômage, d'où l'absence d'une volonté politique de régulation. Elle reste de ce fait intouchable politiquement d'autant plus qu'elle est présentée comme étant un modèle de réussite comparativement à la grande irrigation publique. Cette raison, parmi d'autres, explique que les stratégies gérées par l'État dans la tentative de contrôler le (sur)prélèvement des eaux souterraines aient montré leurs limites (Molle and Closas, 2020a).

L'interdiction dans le cadre de la loi 05-12 et la suspension d'octroi des autorisations pour certains aquifères classés : « zones rouges » ou des « périmètres de protection quantitative » ne suffisent pas comme nous l'avons constaté sur le terrain, et les exploitants trouvent toujours des échappatoires... Le PNE (2018) a fait état d'une réalisation de 21,685 de forages/puits sur 34,593 demandes d'autorisation reçues par les DREs au niveau national soit un taux d'acceptation de 62,7 % entre 2010 et le 1er trimestre de 2015. Sur les wilayas qui font partie du bassin de la Macta, pour la même période il y a eu 3332 demandes d'autorisations dont 1518 ont été acceptées, soit 46 %.

La maîtrise des prélèvements à partir des eaux souterraines ne peut pas se limiter à une interdiction pure et nette et un gel des autorisations de forages, et doit nécessairement inclure une participation

[23] Inventaire de la PMH cité par PNE (2010a, p. 40).

[24] Entretien avec un agriculteur à Froha le 17 juin 2019.

[25] Sorties du terrain en juin et septembre 2019.

et une sensibilisation des usagers sur le risque de la surexploitation et donc sur la pérennité de leurs activités par le biais des contrats de nappe par exemple (Molle and Closas, 2020b). Dans le développement actuel de la PMH basée sur les ressources souterraines, d'après Daoudi et al. (2017, p. 9) : *« l'État est « tolérant », mais non absent qui pourrait reprendre en partie la main sur le contrôle de l'eau »*. Cependant, le contrôle de l'eau doit passer par une maîtrise du développement des points d'eau illégaux tout en commençant par la régularisation de ceux-ci. Par ailleurs la fermeture de ce type de forages n'est pas acceptable ni socialement ni politiquement dans la mesure où la PMH est vue comme un socle des plans de développement agricole. Même si cela n'est guère compatible avec la préservation de la ressource. Cet aspect central de la PMH dans la politique agricole fait que les recommandations des études et de cadres de la planification ne sont pas prises en considération, à l'instar des objectifs d'expansion de la PMH dans le bassin de la Macta pour lesquels les PDARE (2014) et PRE (2004) ont proposé deux alternatives : une suspension de l'expansion a été proposée au vu de la surexploitation des nappes, ou une orientation vers une meilleure valorisation de l'eau par l'adoption des techniques économes en eau, lesquelles sont sujettes à question.

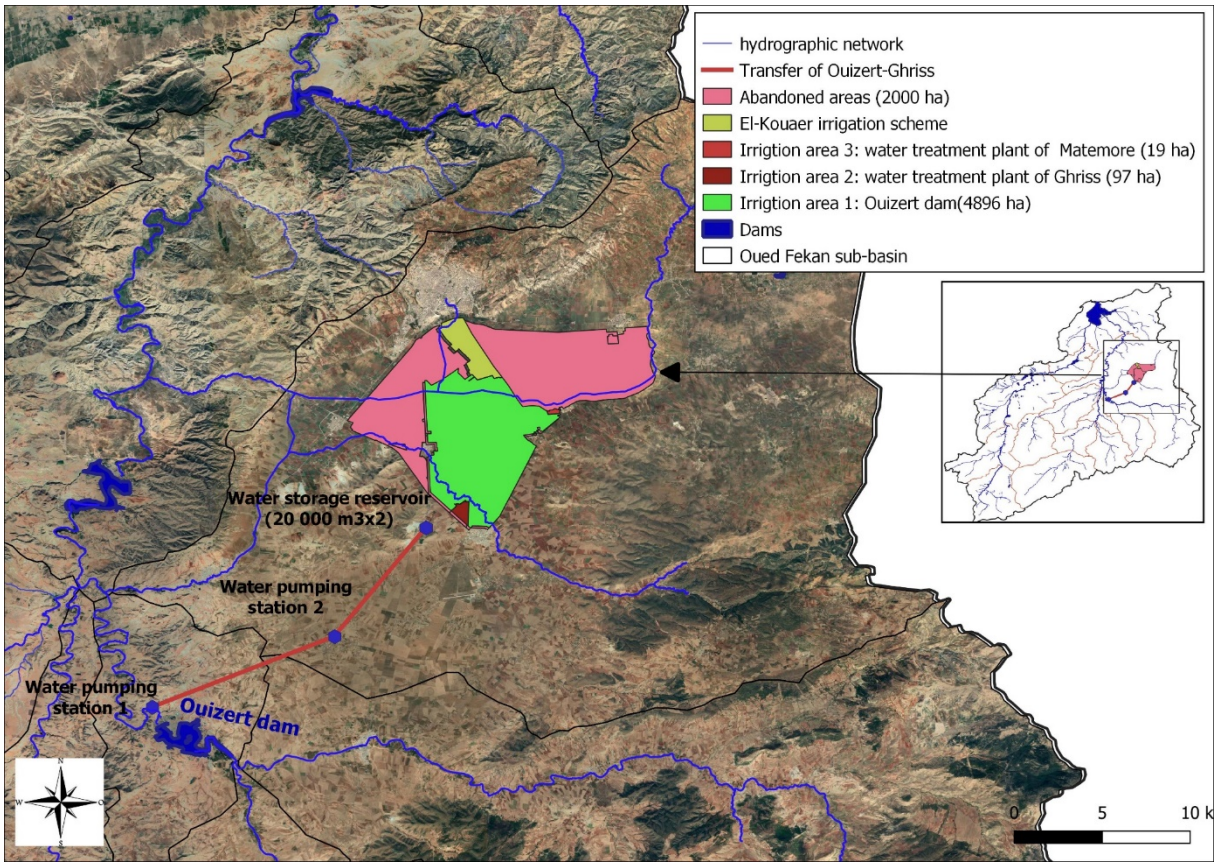
Enfin, bien que les ressources souterraines et superficielles soient interdépendantes, aucun bilan n'a fait la liaison entre les deux sur la Macta. La complexité des interactions entre les deux types de ressources fait qu'elle est à l'origine de conflits, d'impacts inattendus et de réallocations tacitement imposées (Falkenmark and Molden, 2008; Molle et al., 2010; Venot et al., 2008). Chaque composante de la ressource est étudiée indépendamment de l'autre. La baisse des apports de barrages est vue comme un simple corollaire de la sécheresse et elle n'a jamais été considérée comme un résultat des rabattements de nappes en amont à cause d'une surexploitation et par conséquent une baisse des débits de base des oueds et le tarissement des sources. Ce phénomène est considéré par Falkenmark and Molden (2008) comme une 'syndrome' inévitable de la fermeture des bassins versants qui influence le débit futur des cours d'eau. Cette externalité négative de la surexploitation des aquifères a été constatée également dans le cas du bassin de Tensift au Maroc (Tanouti, 2017; Tanouti and Molle, 2013) ou du Jourdain, par exemple (Aken et al., 2009; Venot et al., 2008).

2.2.2.3 La politique de l'offre : une pénurie artificiellement construite et suréquipement du bassin

En réponse à la fermeture du bassin, divers mégaprojets de transfert et aménagements hydroagricoles ont été réalisés. Ces réponses équipementières engendrent une "surconstruction" (*overbuilding*) et conduisent au suréquipement du bassin suscitant une concurrence sur la même ressource. On a ainsi planifié le transfert de 20 Mm^3/an du barrage de Ouizert vers Ghriss en faveur de l'irrigation d'un nouveau GPI à Ghriss (Figure 5). Le projet avait comme objectif d'équiper 12,000 ha, mais l'étude s'est limitée à la planification de 5012 ha. Après la réalisation du projet, on n'a finalement équipé que 1200 ha (soit 10 %). Le projet ayant coûté 27.5 millions USD[26] –soit près de 23,000 US$/ha – n'aurait pas dû être réalisé, ni d'un strict point de vue hydrologique à cause de la pénurie d'eau ni d'un point de vue économique étant donné l'importance des coûts unitaires et d'exploitation, notamment énergétiques, que le transfert implique et le surcoût de réalisation de 126 % qui réduit la rentabilité (TRI) à un niveau drastiquement faible (Kherbache, 2020b).

[26] Le coût est 3.3 milliards DZD avec un taux de change retenu de : 1 USD= 119.5372 DZD, du 25/10/2019 https://www.bank-ofalgeria.dz/html/marcheint2.htm

Figure 5: Transfert Ouizert-Ghriss et aménagement hydroagricole de la plaine



Source : élaboration de l'auteur.

Le transfert d'Ouizert à Ghriss représente un projet typique d'*overbuilding* au sens de Molle (2008). Quoique l'étude cite le GPI de Habra comme étant un usager des eaux du Triplex, dont le barrage d'Ouizert fait partie, les données d'allocation utilisées ne reflètent nullement la réalité des besoins d'irrigation en aval. Les apports du barrage d'Ouizert considérés dans l'étude sont élevés et surestimés. Ils sont estimés à 62 Mm^3 dans l'ensemble des scénarios de la simulation (STUCKY-ENHYD, 2009, p. 17), ce qui est remis en cause par notre bilan des barrages de la Macta, car l'apport interannuel réel du barrage d'Ouizert entre 2000 et 2017 est de 33 Mm^3. Ailleurs, dans le rapport d'allocation des eaux et de la délimitation des zones à irriguer, un autre volume d'apport de 84 Mm^3 est cité (STUCKY-ENHYD, 2010, p. 21).

L'imprécision et l'insuffisance de la connaissance hydrologique peuvent aussi conduire à une double comptabilisation de l'eau, qui constitue un autre aspect fréquent du surdéveloppement à l'intérieur d'un bassin versant totalement fermé, et elles peuvent justifier la faisabilité de projets controversés et non rentables (Molle, 2008). Le transfert des eaux d'Ouizert vers Ghriss va compliquer l'attribution de quotas d'eau à l'irrigation et on peut s'attendre à des conflits d'usage entre les agriculteurs de Ghriss plus forts (politiquement) et les petits agriculteurs du périmètre aval de Habra, bien qu'ils soient représentés par quatre fortes associations d'irrigants qui ont un droit historique tacite sur cette ressource. Il s'agit là d'une réappropriation d'une eau déjà attribuée. Selon les cadres de l'ONID, le projet n'aurait pas dû être réalisé parce que les ressources en eau du Triplex ne sont même pas suffisantes pour l'irrigation de Habra, irrigué à moins de 50%. Selon un cadre : *« le transfert des eaux d'Ouizert vers Ghriss entraînera un grand manque de la ressource au niveau du périmètre de Habra »*[27]. Dans ce type du projet, ce sont les usagers de l'aval qui ressentiront la pénurie.

[27] Entretien 06/2019.

Il s'agit d'un projet qui répond à un agenda politique, malgré le fait que le réaménagement de Ghriss ait été gelé par le MRE suite aux recommandations du PRE (2004, p. 104). Néanmoins, une partie de l'étude liée aux ressources en eau a été lancée en 2004 (STUCKY-ENHYD, 2004a, 2004b), car au moment de la finalisation du PRE, une décision politique de développement du périmètre de Ghriss avait été prise par l'ancien président, lors d'une visite en juillet 2003. La décision de la réalisation a été finalement tranchée par le gouvernement après une visite de Mascara par le Premier ministre A. Sellal le 07 avril 2014, qui déclara vouloir faire de Mascara la *Californie de l'Algérie.* Ce projet contribue à une fermeture accentuée du sous-bassin de l'oued El Hammam et, par-là, à une complication de la situation de l'ensemble du bassin de la Macta.

Depuis longtemps la politique de l'eau en Algérie a été critiquée pour ce type d'aménagement. Selon Winpenny (1994), la Banque mondiale a soutenu à la fois des projets d'irrigation et d'AEP en concurrence pour la même ressource rare. Le constat de la Banque mondiale est toujours d'actualité et désormais ce n'est plus le cas d'arbitrage entre l'AEP et l'irrigation, mais plutôt une compétition intra-sectorielle où la même ressource est convoitée par deux projets d'irrigation, à l'instar du projet du Ghriss. Ces conflits sont favorisés par un non formalisation des droits d'eau (Falkenmark and Molden, 2008; Molle and Wester, 2009). Malheureusement, ces problématiques d'emboîtements d'échelles et de relations amont-aval, avec un développement progressif des aménagements d'irrigation de l'aval vers l'amont (*shift-to-upstream*) ne sont pas reconnus en Algérie et la loi n° 05-12 n'a pas explicité les droits d'eau en dehors de la qualification de l'eau comme un bien de la collectivité nationale et le principe de priorité aux usages domestiques.

Ce type de projet controversé n'est pas unique car les solutions technicistes devraient continuer à être la règle dans les années à venir. On risque par exemple de voir un équipement de 2000 ha supplémentaires à Ghriss dans quelques années ou la construction de nouvelles superficies dans la wilaya de Sidi Bel Abbés, où l'équipement de 3000 ha a été déjà inscrit dans le cadre du programme hydro-agricole de 2015-2019 (MADRP, 2015b), une partie de ce périmètre étant considérée dans le cadre du nouveau programme de 2019 (ONID, 2019). Dans des cas comparables, l'expérience a montré que les usagers potentiels se tournent généralement vers les ressources souterraines pour combler le déficit d'irrigation ce qui transforme un projet visant à réduire la surexploitation de la nappe de Ghriss en un projet précipitant la course au déstockage et générant une pénurie accrue induite par la planification.

Durant la campagne d'irrigation de 2019, le périmètre de Habra a bénéficié d'un quota hivernal de 3 Mm^3 et d'un quota estival initial de 10 Mm^3, mais au mois de juin lors de nos déplacements et entretiens[28] un fax émanant du MRE a réduit le quota à 5 Mm^3 sans donner d'explications sur cette restriction du quota initial, alors que la ressource était disponible. De fait, la moitié du quota de Habra a dû être réallouée au périmètre nouvellement créé de Ghriss (1200 ha) dont la mise en service était programmée pour le 1er août 2019. La mise en eau de ce transfert a donc obligé le Conseil national d'affectation des ressources en eau (CNARE) à réduire le quota en affectant les 5 Mm^3 à l'irrigation des lots équipés de Ghriss, créant de ce fait une pénurie en aval sur la plaine de Habra. Les associations d'irrigants de Habra ont refusé une telle décision. Plusieurs rassemblements ont été organisés en face de la direction de l'ONID de l'Habra et de la daïra de Mohammadia durant le mois d'août et début septembre 2019. Les agriculteurs ont aussi procédé au blocage des routes nationales et de la voie ferrée, ce qui a forcé le MRE à remonter le quota à la valeur initiale. Actuellement, le projet demeure non opérationnel à cause de la pénurie d'eau surtout que la sécheresse est aigüe et les agriculteurs utilisent toujours leurs propres forages pour irriguer les parcelles[29]. En septembre 2021, les barrages du Triplex sont pratiquement vides. Ainsi, les volumes disponibles s'estiment à 4 Mm^3 (4,3 %) dans le barrage d'Ouizert, à 5.6 Mm^3 (14,7 %) dans Bouhanifia, soit des volumes morts inutilisable, et le barrage de Fergoug est complétement vide. D'ailleurs les quotas alloués à Habra sont très faibles

[28] Par coïncidence lors de notre entretien avec un responsable de l'ONID de Habra le 18/06/2019.

[29] Certains ilots du projet, où la ressource souterraine n'est pas accessible, ne sont pas irrigués.

durant ces deux dernières années avec environ 4 Mm^3 pour les années 2020 et 2021. Dans cette situation, la mise en service du transfert relève d'une chimère. Selon un cadre de la DRE de Mascara, la seule quantité affectée en 2021 au nouveau périmètre de Ghriss est estimée à 120,000 m^3. Ce volume infime n'est pas destiné à l'irrigation : l'ONID a exigé de la DRE un essai des équipements du transfert de 72 h sans arrêt pour qu'il accepte la gestion du périmètre.

Cet aménagement de Ghriss illustre un déficit criant de coordination/concertation, alors que les documents de planification, à l'instar des PDAREs et du PNE, se déclarent en faveur d'une approche participative afin de combler les déficits de la gouvernance pluri-niveaux (Akhmouch and Correia, 2016; OECD, 2012). Quand la politique interfère et fait peu de cas des réalités hydrologiques, économiques ou environnementales, la concertation et la participation ne peuvent pas aboutir à des résultats concrets, bien qu'elles soient un principe affiché de la politique de l'eau (article 3 de la loi 05-12).

Ce projet aurait pu être intéressant si la ressource existait réellement. Il correspond à un axe de la politique de l'eau de l'Algérie visant à alimenter les zones côtières en eau potable à partir des eaux dessalées et réaffecter les ressources mobilisées par les barrages exclusivement à l'irrigation, en stabilisant l'agriculture irriguée sans qu'elle ait besoin de recourir de manière excessive aux ressources souterraines (surexploitées à Ghriss). Cependant, ces objectifs sont loin d'être opérationnels car l'absence de contrôle des prélèvements en nappe fait que l'apport d'eau se traduit invariablement par une expansion des usages et pas une substitution de ressource. Le cas du bassin de la Macta illustre l'échec de ce modèle hydraulique, alors que les mêmes principes sont réitérés dans le plan d'action du gouvernement à l'horizon 2024 (Gouvernement algérien, 2020).

2.2.2.4 L'oubli de l'environnement dans la planification des projets

En dépit de l'importance des débits environnementaux et des dimensions écologiques (Smakhtin, 2008; Wester et al., 2005), dans la majorité des pays en développement la protection de l'environnement est souvent le dernier des soucis des gouvernements, surtout dans les pays avec moins de présence des ONG environnementales et là où les décisions se prennent au niveau le plus central. Ces débits sont beaucoup plus théoriques et notionnels qu'explicites et il est difficile de les dégager réellement sur le terrain au profit de l'écosystème (Batchelor et al., 2014). Dans les bassins méditerranéens à l'instar de Guadalquivir en Espagne, les débits durant l'été sont limités aux débits environnementaux (Berbel et al., 2013), tandis qu'en Algérie on accepte que l'écoulement des oueds soit nul durant cette même période. Dans un climat semi-aride il est difficile de mettre en place la protection de l'environnement sur la base des restrictions de la ressource comparativement aux autres bassins de la rive nord de la Méditerranée où la directive-cadre sur l'eau (DCE) impose ce compromis, mais où le régime hydrologique est également moins contrasté.

Par ailleurs, l'eau qui atteint la mer est souvent vue comme étant une ressource perdue. En Algérie, cette perception s'est trouvée reflétée dans le discours politique du président avant le début de la construction du plus grand barrage du pays à savoir le barrage Beni Haroun (960 Mm^3) : *« aucune goutte ne doit rejoindre la mer »*[30] et jusqu'à maintenant on continue toujours dans la même politique qui vise à mobiliser toute la ressource superficielle à travers les barrages réalisés (80 en exploitation en 2019 et 124 programmés à l'horizon 2030) (MREE, 2017). Un objectif qui va à l'encontre des principes environnementaux de développement durable adoptés par l'Algérie dans le cadre du plan d'action pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD), la stratégie nationale de l'environnement et du développement durable (SNE-DD) (MATE-GTZ, 2002) et la Stratégie et Plan d'Actions de la Biodiversité (SPANB) (MATE-PNUD, 2003a, 2003b; MREE-PNUD, 2017), Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières (MATE-PNUE, 2013). Cette superposition de stratégies, de plans, d'institutions est dépourvue d'impact réel, positif et tangible sur une gestion

[30] Déclaration lors d'une visite au projet du barrage de Beni Haroun à Mila en janvier 2004. C'est le slogan par excellence de la 'mission hydraulique'.

environnementale durable. Si Smakhtin et al. (2004, p. 311) estiment que les besoins environnementaux des bassins au nord de l'Algérie entre 25 à 30 %, la Macta est l'un des cas illustratifs de l'oubli de l'environnement dans la planification de l'eau en Algérie (voir *infra*).

Il faut noter que la réalisation des économies d'eau dans les pays européens, aux États-Unis, en Europe et en Australie vise en général à libérer des quantités supplémentaires pour l'environnement (Garrick et al., 2009; Grafton and Wheeler, 2018; PGRE, 2019), les subventions à la modernisation de l'agriculture ne pouvant en théorie être données que s'il n'y a pas d'extension des cultures. En Algérie, où l'environnement n'est pas pris en compte sérieusement, l'objectif est explicitement l'expansion de la superficie irriguée. Considérer cette planification et ces projections d'économie d'eau fictives vont engendrer une consommation accrue des ressources en eau et une accentuation de la fermeture de nombreux bassins, avec des conséquences que nous allons examiner plus en détail.

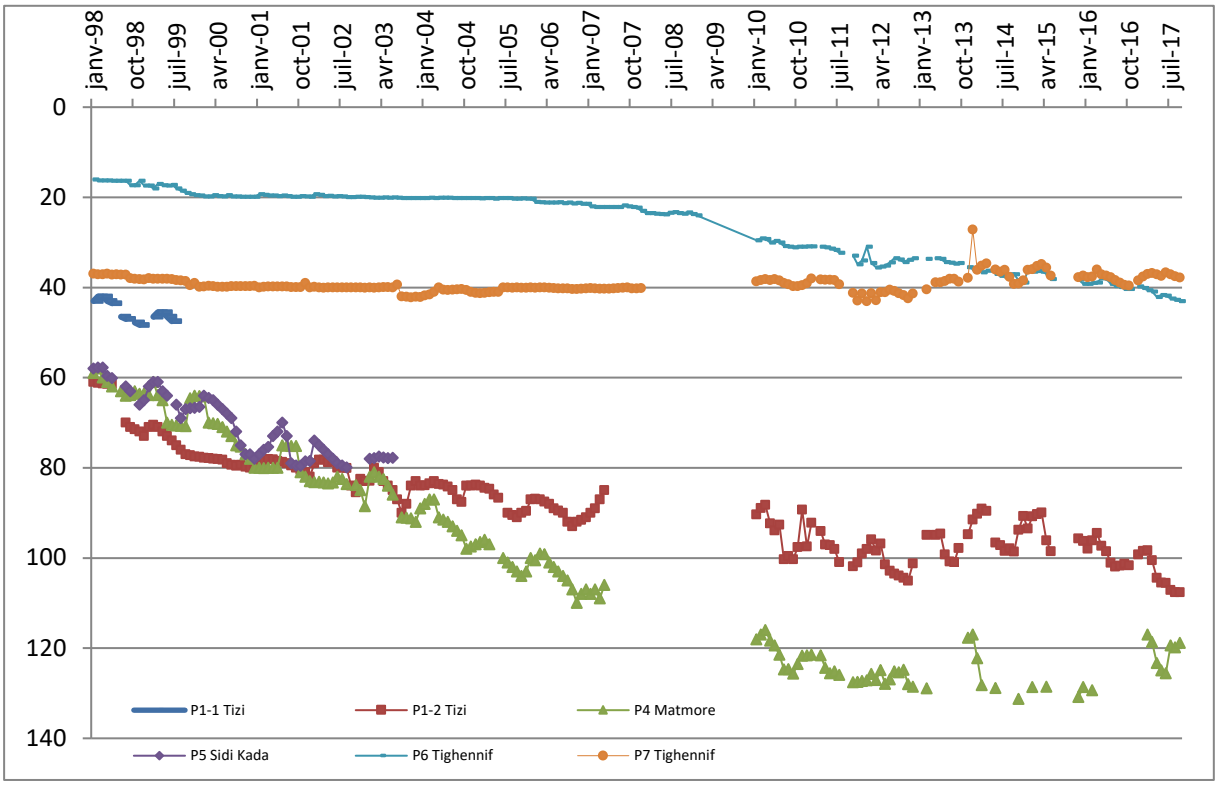
2.3 Les conséquences de la fermeture du bassin

2.3.1 Surexploitation des nappes et tarissement de sources

Les grandes sources considérées comme l'exutoire des nappes de la Macta ont disparu à cause des rabattements de la nappe (Figure 6). Ainsi, l'exutoire principal de la nappe de Ghriss s'est tari. L'exutoire de l'aquifère est constitué par les sources d'Ain Fekan avec un débit de 500 l/s dans les années 40 et 70. Ce débit est passé à 350 l/s en 1982. Ces sources se sont asséchées en 1986 et l'eau se trouve désormais à 25 m de profondeur (Bekkoussa et al., 2008; SOGREAH/ANRH, 2008a, 2010b), voire plus en 2020. Sur la plaine de Mascara toujours, le PDARE (2009) a fait état de 9 sources taries sur 15 inventoriées sur la zone.

De même, les débits des sources les plus importantes, au niveau de la plaine de Sidi Bel Abbés à savoir Ain Skhouna et Ain Mekhreg, ont marqué des baisses généralisées. Le débit d'Ain Skhouna à Sidi Bel Abbés est actuellement 70 l/s selon l'inventaire de l'ABHO (2018) alors que son débit d'étiage était 125 l/s en septembre à novembre 1970 (SOGREAH/ANRH (2010a, 2008b)). La même situation est observée sur la source d'Ain Mekhreg dont le débit est actuellement de 80 l/s selon l'inventaire de l'ABHO (2018) alors que le débit d'étiage en 1970 était estimé à 110 l/s et son débit de crue à 160 l/s soit une baisse de 27 %. Ce constat est confirmé par la comparaison avec le débit des sources inventoriées en 1913 dans le bassin de la Macta qui était plus de 859 l/s (Arrus, 1985, p. 357) soit une perte de 46 % de débit entre 1910 et 2018 (463 l/s). Les rabattements des nappes engendrent également le tarissement des puits et des forages. TECSULT (2007) et nos sorties de terrain ont révélé que le tarissement a poussé certaines exploitations, notamment les petites, à revenir à des cultures pluviales (en sec) notamment céréalières ou à une mise en jachère forcée dans la mesure où l'approfondissement et la réalisation de nouveaux forages sont interdits mais aussi coûteux.

Figure 6: fluctuations mensuelles observées sur les nappes de la plaine de Mascara entre janvier 1998 et septembre 2017

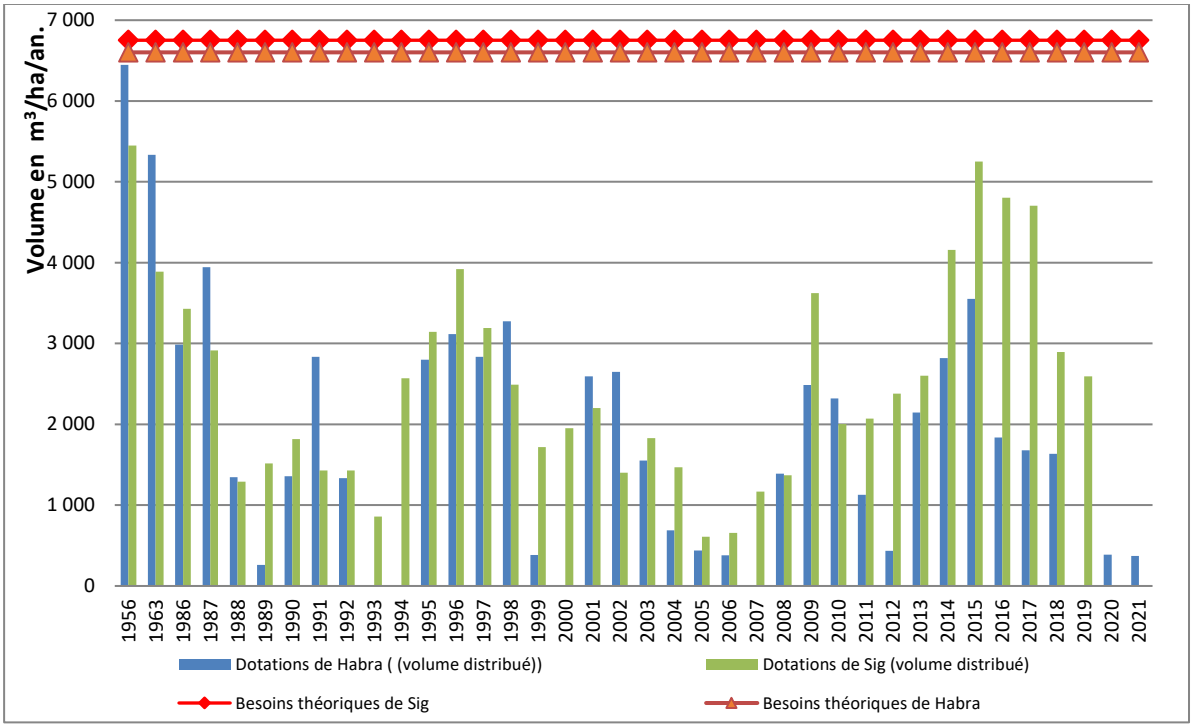


Source : établi par nous données de l'ANRH (2018).

2.3.2 L'irrigation déficitaire et insatisfaction de la demande en eau potable

La fermeture du bassin implique une plus grande fréquence et intensité des déficits et l'incapacité récurrente de satisfaire la demande en eau, surtout en l'absence d'une capacité d'importation de l'eau (dessalement ou transferts) insuffisante (Berbel et al., 2013; Seckler, 1996). L'irrigation déficitaire dans les GPI de la Macta est la règle et non l'exception. En effet, les besoins de l'arboriculture (agrumes et oliviers) n'ont jamais été complètement satisfaits bien que les allocations se sont améliorées entre 2013 et 2017. La confrontation des besoins nets d'irrigation (6602 m^3/ha/an et 6752 m^3/ha/an pour les GPI de Habra et Sig respectivement (Figure 7) avec les volumes distribués révèle le faible taux de satisfaction. Ainsi, la dose d'irrigation réelle appliquée à l'hectare fluctue fortement d'une année à une autre. Le taux de satisfaction a baissé pour atteindre 9 % à Habra et 7 % à Sig en 2005 et certaines années étaient sans irrigation (le cas de Habra en 1993, 1994, 2000 et 2007). Une certaine amélioration a été constatée entre 2012 et 2015 où le taux de satisfaction des besoins a atteint 78 % à Sig et 54 % à Habra. Cependant, l'amélioration n'a pas duré longtemps et on a assisté à un retour au système de doses de survie. Le déficit s'est retrouvé à 62 % pour le cas de Sig en 2019 et 94 % pour Habra en 2020 et 2021. Ce déficit d'irrigation entraîne le dépérissement de plusieurs centaines d'hectares (Figure 8) (ANAT, 2010; ONID-DRO, 2009). Ceci n'est pas propre aux GPI de la Macta et il s'agit d'une problématique nationale où les besoins totaux des GPI du pays, estimés à 800 Mm^3, ne sont couverts en moyenne que par 300 à 450 Mm^3, soit entre 37 % à 56 % (MADRP, 2015b, p. 4).

Figure 7: déficit d'irrigation dans les deux GPI de la Macta (Habra et Sig)



Source : (GGA, 1957; MRE-BRL Ingénierie, 2007b, 2007c) et bilans annuels de l'ONID

La réduction des allocations de l'eau pour l'irrigation résulte aussi souvent de l'augmentation de la demande en eau dans les autres secteurs notamment les usages domestiques et industriels considérés comme prioritaires (Berbel et al., 2013). La spécificité de la Macta se trouve dans l'insatisfaction aussi de cette demande en dépit des réaffectations à l'intérieur du bassin, des transferts de l'extérieur et du recours à l'eau non conventionnelle. L'analyse des données de PNE (2018) et l'enquête de service public de l'eau potable (SPE) ont révélé que les besoins de 56 communes sur les 108 (soit 52 %) du bassin de la Macta restent insatisfaits. Des chiffres qui sont utilisés au niveau central et régional pour justifier encore d'autres projets controversés, non durables et non rentables et alimentant le suréquipement et le surdéveloppement du bassin.

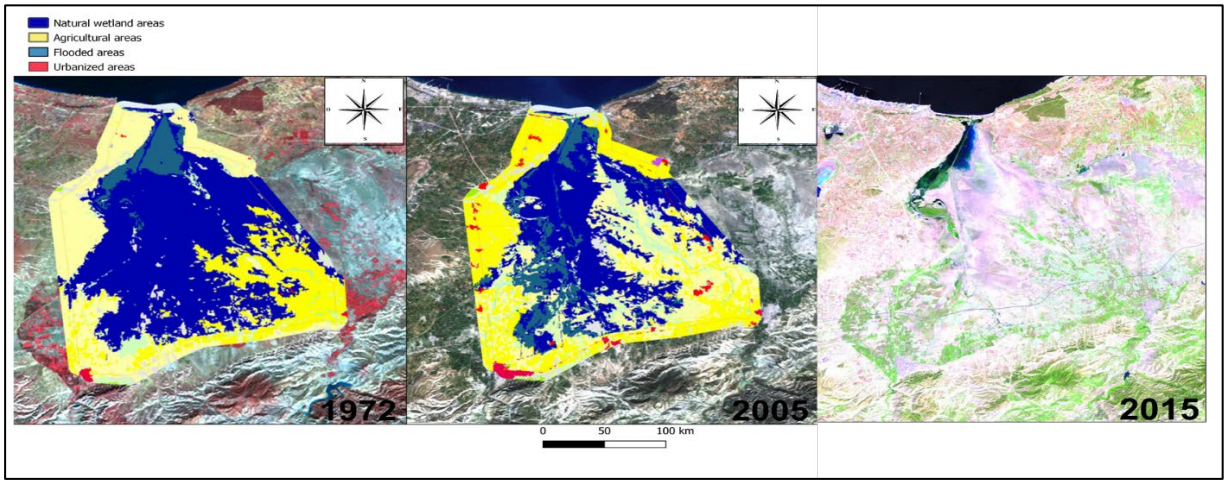
2.3.3 L'environnement et une zone humide en déclin

À l'exutoire du bassin se trouve une zone humide de type marais d'eau douce et saumâtre d'une superficie initiale de 44,500 ha (Ghodbani and Amokrane, 2013; MATE-PNUD, 2003a, 2003b). Elle a été classée d'importance internationale dans la convention de Ramsar en 2001. Cette zone est en voie de disparition (Beltrame et al., 2015). Selon le rapport du MATE-PNUE (2013), sa superficie est de 22,300 ha alors que l'observatoire des zones humides méditerranéennes (OZHM, 2014) cite 19,400 ha soit 44 % de celle de 2001. La Figure 9 montre la quasi-disparition de la zone humide en 2015, une image que l'on peut étendre à la dernière décennie. Plusieurs documents à l'instar de l'OZHM (2014) ont dressé un bilan catastrophique de la zone, mais le manque d'eau et l'insuffisance des flux qui arrivent dans la Macta ne sont qu'accessoirement cités alors qu'ils sont à l'origine même de la dégradation. Actuellement, les marais de la Macta sont considérés comme une zone subhumide, temporaire et un écosystème menacé (ABHO, 2016b).

Figure 8: impact de la sécheresse sur les arbres fruitiers à Habra (droite) et plantations d'oliviers abandonnées[31] à cause de la pénurie à Sig (photo à gauche)

Source : photos prises par l'auteur en 08/2019.

Figure 9: Dégradation des marais de la Macta entre 1972 et 2015 (extension maximale).



Source : auteur à partir de GlobWetland II : http://webgis.jena-optronik.de/

Les études du réaménagement des deux périmètres hydroagricole de Habra et Sig ont considéré la nécessité de protection de cette zone humide d'intérêt écologique (BRL-ENHYD-AGID, 1993). Entre-temps, le PNAE-DD a prévu d'élaborer un plan de gestion de la zone humide de la Macta avec un montant de 3.8 millions USD (MATE-GTZ, 2002). Le rapport final de l'étude de Habra et Sig a également identifié les impacts des aménagements et les actions à entreprendre pour une préservation de l'environnement (BRL-Ingénierie et ENHYD, 2004). Celui-ci a prévu même une exclusion des aménagements au sud des périmètres afin de permettre une « restauration naturelle » et une réapparition des peuplements de Tamarix. Sur le terrain, la réalité est différente puisque les grandes exploitations réalisées dans le cadre des programmes de concessions agricoles sont installées à proximité de la zone, voire sur des superficies considérées auparavant comme une partie intégrante de cet espace écologique. La zone humide n'est pas considérée comme une composante à part entière de l'aménagement des deux périmètres. Un cadre régional de l'ONID à Oran a affirmé lors d'un

[31] Les oliviers abandonnés d'une exploitation dans le cadre du programme de concession agricole. Bien qu'elle soit proche du GPI de Sig, cette exploitation était classée hors périmètre, l'irrigation par citerne coûte très chère et du coup l'exploitant a fini par abandonner l'investissement de plusieurs hectares (entretien avec un cadre local de l'ONID lors des sorties accompagnées dans le périmètre, août et septembre 2019). La photo n'est pas claire, car il s'agit de jeunes plantations sèches à cause du manque d'eau.

entretien que *« la finalité ultime du projet est le développement de l'irrigation dans les deux plaines, l'aspect environnemental du projet n'a jamais été évoqué dans nos réunions avec les maîtres d'œuvre des deux projets »*[32].

3 Conclusion

Bien que les données quantitatives du secteur de l'eau soient souvent de qualité discutable, ce papier a essayé d'établir un bilan hydrique par l'approche de la comptabilité de l'eau et d'élucider les causes et les conséquences de la fermeture du bassin de la Macta. Les résultats révèlent que ce bassin est totalement fermé car à la consommation totale de la ressource renouvelable s'ajoute la surexploitation des aquifères. À l'impact des aléas et du changement climatique viennent s'ajouter d'autres facteurs d'origine anthropique et politique. De fait, la multiplication irraisonnée à la fois des puits individuels et des projets étatiques de mobilisation de l'eau et des aménagements hydroagricoles ont conduit au suréquipement du bassin suscitant une concurrence sur la même ressource, comme l'illustre le cas du transfert d'Ouizert vers Ghriss à Mascara. L'allocation de l'eau dans un bassin totalement fermé peut être considéré comme un jeu à somme nulle, ou négative puisque qu'il va de pair avec un déstockage des nappes.

Les programmes d'irrigation subventionnés et le laxisme concernant l'utilisation illégale des eaux souterraines ont une lourde responsabilité dans la fermeture du bassin. Les milliards d'euros de subventions pour les puits, infrastructures et matériels d'irrigation ont boosté l'expansion de l'irrigation privée, d'autant plus que l'accès aux eaux souterraines était peu contrôlé. La promotion des systèmes économiseurs d'eau, avec la reconversion des modes gravitaires en irrigation localisée ou par aspersion était censée libérer des volumes pour permettre l'expansion/intensification de la superficie irriguée dans le bassin de la Macta et en Algérie, contribuant à la surexploitation des nappes et à la fermeture des bassins. Les causes de la situation hydrique actuelle se trouvent donc aussi dans les politiques centrales qui confondent efficience à la parcelle et efficience globale et ignorent le paradoxe de l'efficience d'irrigation (le paradoxe de Jevons). Si l'objectif annoncé d'économie d'eau et d'amélioration de l'efficience d'usage de l'eau à la parcelle a des avantages notoires en termes de conduite des cultures, intensification, réduction des besoins en travail, et finalement productivité, ces avantages ne doivent pas faire oublier la réalité impitoyable du bilan hydrologique. Réallocations de la ressource, dégradation environnementale, irrigation déficitaire dans les GPI (50%), alimentation domestique incertaine, et déstockage des nappes s'en suivent, accentués plutôt qu'atténués, comme on le croit souvent à tort.

L'environnement demeure le parent pauvre de la politique de l'eau dans le bassin où la zone humide a virtuellement disparu, principalement en raison de la faiblesse des eaux qui arrive à l'exutoire suite à la fermeture du bassin. Vu le degré de surexploitation du bassin il est malheureusement irréaliste de penser que les différents plans engagés dans une perspective de développement durable seront plus qu'une concession cosmétique aux principes de gestion diffusés globalement. On peut désormais dire que le bassin de la Macta est l'un des bassins les plus déficitaires du bassin méditerranéen, voire même comparativement aux bassins étudiés dans la littérature au niveau mondial. Cette recherche rappelle et souligne la nécessité d'une description sans concession de la situation hydrique des bassins versants de l'Algérie ; dans la perspective des investissements engagés pour la réalisation de l'ODD 6, mais aussi, plus généralement pour éviter d'aggraver un usage non durable des ressources en eau du pays.

[32] Entretien du 23/10/2018.

4 Bibliographie

ABHO, 2018. Etablir un inventaire des points de prélevement des eaux souterraines. Rapport Wilaya de Mostaganem (Enquête administrative No. N° 18.DET.017.OCC).

ABHO, 2016a. Zone Humide de la wilaya de Mascara: Les Marais de La Macta.

ABHO, 2016b. Zone humide de Macta : Un écosystème menacé.

ABHO, 2006. Cadastre hydraulique du bassin de la Macta. Mission III: infrastructures d'irrigation. (Rapport final).

AGIRE, 2018a. Services publics de l'eau potable (wilaya de Mascara) (Rapport final No. N° 18.DET. 009 .OCC.).

AGIRE, 2018b. Services publics de l'eau potable (wilaya de Saida) (Rapport final No. N° 18.DET.012.OCC.).

AGIRE, 2018c. Services publics de l'eau potable (wilaya de Mostaganem) (Rapport final No. N° 18.DET.014.OCC.).

AGIRE, 2018d. Services publics de l'eau potable (wilaya de Sidi Bel Abbes) (Rapport final No. N° 18.DET.010.OCC.).

AGIRE, 2016. Actualisation des Inventaires des ouvrages et infrastructures de prélèvement d'eau du D.P.H à usage agricole. Mission II : Enquête de terrain de la Wilaya de Mostaganem (Version finale).

Aken, M. van, Molle, F., Venot, J.-P., 2009. Squeezed dry: the historical trajectory of the Lower Jordan River Basin.

Akhmouch, A., Correia, F.N., 2016. The 12 OECD principles on water governance – When science meets policy. Utilities Policy, Redrafting Water Governance 43, 14–20. https://doi.org/10.1016/j.jup.2016.06.004

Akli, S., Bedrani, S., 2011. Produire de l'eau par le dessalement ou en l'economisant grace a l'adoption de l'irrigation localisee ? les cahiers du cread 96, 51–70.

Akli, S., Bouzit, M., Benmihoub, A., 2019. Détermınatıon de la meılleure séquence d'ınvestıssement hydraulıque par l'applıcatıon de l'analyse coût effıcacıté. cas du Bassın Côtıer Algérois 02a. New Medit 18, 91–108. http://dx.doi.org/10.30682/nm1901h

Albiac, J., Kahil, M.T., Esteban, E., 2021. The Jucar River Basin, in: In Schmandt, J. and Kibaroglu, A. (Eds) Sustainability of Engineered Rivers in Arid Lands : Challenge and Response.

Amichi, F., Bouarfa, S., Kuper, M., Caron, P., 2018. From Oasis Archipelago to Pioneering Eldorado in Algeria's Sahara. Irrigation and Drainage n/a, 9. https://doi.org/10.1002/ird.2308

Amichi, H., 2013. Quand tenanciers et attributaires s'arrangent pour exploiter les terres publiques irriguées : du déni à l'émergence d'une configuration de tenure inversée. Cas de la commune d'Ouarizane dans le Bas-Chéliff, Algérie. Thèses de doctorat. Ecole doctorale ABIES et AgroParisTech.

ANAT, 2010. Espace régional Nord-Ouest: Constat en Enjeux. Etude agropôle Mascara : Une des plus importantes régions agricoles du pays. Agence Nationale d'aménagement de térritoire.

ANBT-FUGRO, 2004. Levés bathymétriques des barrages en exploitation : (échelons ouest et est : lots i et iv): rapport technique barrage de Bou-hanifia (wilaya de Mascara). (No. Rapport de la premiére mission).

Arrus, R., 1985. L'eau en Algérie : De l'impérialisme au développement (1830-1962).», Office des Publication Universitaires (OPU) Alger;

Baahmed, D., Oudin, L., Errih, M., 2015. Current runoff variations in the Macta catchment (Algeria): is climate the sole factor? Hydrological Sciences Journal 60, 1331–1339. https://doi.org/10.1080/02626667.2014.975708

Batchelor, C., Jippe, H., Faurès, J.-M., Peiser, L., 2017. Water accounting and auditing A sourcebook., Revised edition. ed.

Batchelor, C., Reddy, V.R., Linstead, C., Dhar, M., Roy, S., May, R., 2014. Do water-saving technologies improve environmental flows? Journal of Hydrology, Creating Partnerships Between Hydrology and Social Science: A Priority for Progress 518, 140–149. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.11.063

Bedrani, S., 1995. L'intervention de l'Etat dans l'agriculture en Algérie : constat et propositions pour un débat, in: Allaya M. (Ed.), Les Agricultures Maghrébines à l'aube de l'an 2000, Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches. Montpellier : CIHEAM, pp. 83–99.

Bedrani, S., Bessaoud, O., Salhi, S., Lazreg, M., Bouzid, A., 2018. Revue Stratégique de la Sécurité Alimentaire et Nutritionnelle en Algérie. Centre de Recherche en Economie Appliquée au Développement (CREAD), Alger, Programme Alimentaire Mondial., Rapport coordonné par le Pr. Foued Chehat.

Bekkoussa, B., Meddi, M., Jourde, H., 2008. Climatic and anthropic forcing on groundwater resources in a semiarid area: The case of the Ghriss plain, north western Algeria. Science et changements planétaires / Sécheresse 19, 173–184. https://doi.org/10.1684/sec.2008.0134

Beltrame, C., Perennou, C., Guelmami, A., 2015. Évolution de l'occupation du sol dans les zones humides littorales du Bassin méditerranéen de 1975 à 2005. Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography 97–111. https://doi.org/10.4000/mediterranee.8046

Berbel, J., Pedraza, V., Giannoccaro, G., 2013. The trajectory towards basin closure of a European river: Guadalquivir. International Journal of River Basin Management 11, 111–119. https://doi.org/10.1080/15715124.2013.768625

Bessaoud, O., 2006. La stratégie de développement rural en Algérie, in: Chassany J.P., Pellissier J.-P. (Eds.), Politiques de Développement Rural Durable En Méditerranée Dans Le Cadre de La Politique de Voisinage de L\'Union Européenne, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens. Montpellier : CIHEAM, pp. 79–89.

Bessaoud, O., Montaigne, E., 2009. Quelles réponses au mal-développement agricole? Analyse des politiques agricoles et rurales passées et présentes, in: Blanc P., Lerin F., Abis S., Mezouaghi M. (Eds.), Perspectives Des Politiques Agricoles En Afrique Du Nord, Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches. Paris : CIHEAM, pp. 51–91.

Bessaoud, O., Pellissier, J.-P., Rolland, J.-P., Khechimi, W., 2019. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie (Research Report). CIHEAM-IAMM.

Boretti, A., Rosa, L., 2019. Reassessing the projections of the World Water Development Report. npj Clean Water 2, 15. https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9

BRL-ENHYD-AGID, 1993. Etude de réaménagement hydroagricole des périmètres irriguées de Habra et Sig : marché (Version finale).

BRL-Ingénierie et ENHYD, 2004. Étude de réaménagement hydroagricole des périmètres Habra et Sig. Dossier 2.C : Avant-Projet Sommaire (APS) (Rapport définitif).

Brown, A., Matlock, M.D., 2011. A review of water scarcity indices and methodologies. Food, beverage & agriculture. University of Arkansas. The sustainability consortium. White paper 106 (Report).

Castle, S.L., Thomas, B.F., Reager, J.T., Rodell, M., Swenson, S.C., Famiglietti, J.S., 2014. Groundwater depletion during drought threatens future water security of the Colorado River Basin. Geophysical Research Letters 41, 5904–5911. https://doi.org/10.1002/2014GL061055

Chenoweth, J., 2008. A re-assessment of indicators of national water scarcity. Water International 33, 5–18. https://doi.org/10.1080/02508060801927994

CHS, 2015. Plan hidrológico de la demarcación del Segura (2015/21). Confederación hidrográfica del Segura (CHS). Murcia: CHS.

CNES, 2003. Stratégie de Développement de l'Agriculture.

CNES, 2000. L'eau en Algérie : le grand défi de demain. Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement du conseil national économique et social.

Contreras, S., Hunink, J.E., 2015. Water Accounting at the Basin Scale: Water Use and Supply (2000–2010) in the Segura River Basin Using the SEEA. (Framework; FutureWater: Wageningen, The Netherlands, No. 138).

Daoudi, A., Lejars, C., Benouniche, N., 2017. La gouvernance de l'eau souterraine dans le Sahara algérien : enjeux, cadre légal et pratiques locales. Cah. Agric. 26, 35004. https://doi.org/10.1051/cagri/2017021

Décision n° 943, 2014. Décision n° 943 fixant les conditions d'éligibilité au soutien sur le compte d'affectation spéciales n° 302-139 intitulé « fonds national de développement agricole », ligne 1 « développement de l'investissement agricole », ainsi que les modalités de paiement des subventions au titre de développement de l'irrigation agricole et de la promotion de l'économie de l'eau. 40.

DMRE, 2016. Indicateurs de mobilisation de la ressource en eau et du service public et perspectives de renforcement de l'eau potable des 48 wilayas.

DPAE, 2018. Note de Conjoncture: 2 ème semestre 2016/ 2 ème semestre 2017. Direction de la planification et des affaires économiques du MRE.

ENERGOPROJEKT/ANRH, 2009. Réalisation de la carte des ressources en eau souterraines du nord de l'Algérie Dossier B : Présentation des unités hydrogéologiques (Région ouest).

Exp'Eau, 2013. Ensemble de communications à l'occasion des festivités de la journée mondiale de l'eau et le cinquantenaire de l'indépendance du 22 au 28/03/2013;

Falkenmark, M., Molden, D., 2008. Wake Up to Realities of River Basin Closure. International Journal of Water Resources Development 24, 201–215. https://doi.org/10.1080/07900620701723570

Falkenmark, M., Rockström, J., 2006. The New Blue and Green Water Paradigm: Breaking New Ground for Water Resources Planning and Management. Journal of Water Resources Planning and Management 132, 129–132. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2006)132:3(129)

Feitelson, E., Chenoweth, J., 2002. Water poverty: towards a meaningful indicator. Water Policy 4, 263–281. https://doi.org/10.1016/S1366-7017(02)00029-6

Garrick, D., Siebentritt, M.A., Aylward, B., Bauer, C.J., Purkey, A., 2009. Water markets and freshwater ecosystem services: Policy reform and implementation in the Columbia and Murray-Darling Basins. Ecological Economics, Special Section: Analyzing the global human appropriation of net primary production - processes, trajectories, implications 69, 366–379. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.004

GGA, 1957. Compte rendu d'exploitation des périmètres d'irrigation année 1956 et 1er trimestre 1957. Gouvernement général de l'Algérie (GGA).

Ghodbani, T., Amokrane, K., 2013. La zone humide de la Macta : un espace à protéger sur le littoral ouest de l'Algérie. Physio-Géo. Géographie physique et environnement 139–155. https://doi.org/10.4000/physio-geo.3228

Gouvernement algérien, 2020. plan d'action du gouvernement pour la mise en œuvre du programme du président de la république.

Grafton, R.Q., Wheeler, S.A., 2018. Economics of Water Recovery in the Murray-Darling Basin, Australia. Annu. Rev. Resour. Econ. 10, 487–510. https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100517-023039

Grafton, R.Q., Williams, J., Perry, C.J., Molle, F., Ringler, C., Steduto, P., Udall, B., Wheeler, S.A., Wang, Y., Garrick, D., Allen, R.G., 2018. The paradox of irrigation efficiency. Science 361, 748. https://doi.org/10.1126/science.aat9314

Haouichine, A., 2012. Assessment of Risk and Uncertainty Related to Coastal Aquifer Management in Algeria. Management of Coastal Aquifers and Groundwater. MedPartenership. (National report (Algeria).).

Hartani, T., Douaoui, A., Kuper, M., Hassani, F., 2008. Stratégies de gestion individuelle de la salinité dans le périmètre irrigué du Bas Cheliff cas du périmètre de Ouarizane [WWW Document]. Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb : Actes du 3e Atelier Régional, 4-8 juin 2007, Nabeul, Tunisie. URL http://agritrop.cirad.fr/547475/ (accessed 1.27.20).

Imache, A., Hertani, T., Bouarfa, S., Kuper, M., 2011. La Mitidja vingt ans après: Réalités agricoles aux portes d'Alger. Editions Quae.

Karimi, P., Bastiaanssen, W.G.M., Molden, D., 2013. Water Accounting Plus (WA+): a water accounting procedure for complex river basins based on satellite measurements. Hydrology and Earth System Sciences 17, 2459–2472. https://doi.org/10.5194/hess-17-2459-2013

Keller, J., Keller, A., Davids, G., 1998. River basin development phases and implications of closure. Journal of Applied Irrigation Science 33, 145-163.

Kessira, M., 2017. Evaluation du programme intersectoriel hydro-agricole. Regroupement régional des wilayas du Sud, MADR, Ghardaïa, (Présentation Poweroint).

Kherbache, N., 2020a. Water policy in Algeria: limits of supply model and perspectives of water demand management (WDM). Desalination and Water Treatment 180, 141–155. https://doi.org/doi: 10.5004/dwt.2020.25009

Kherbache, N., 2020b. Rareté des ressources et politique de l'eau en Algérie : analyse de la transition d'un modèle de l'offre vers la gestion de la demande en eau (GDE). Thèse de doctorat. Université de Béjaia. Laboratoire d'économie et développement (LED) avec le soutien de l'IRD (UMR G-Eau à Montepllier).

MADR, 2012. Le renouveau agricole et rural en marche: revue et perspectives. Rapport du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural (MADRP).

MADR, 2010. Fondements et composantes principales du renouveau agricole et rural. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural (MADR) (No. Conférence des cadres).

MADR, 2007. Perspectives de développement de l'irrigation en 2025. Direction de Développement Agricole dans les Zones Arides et Semi-arides (DDAZASA). Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADR).

MADRP, 2015a. Politique gouvernementale dans le domaine de l'agriculture, du développement rural et de la pèche. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADRP).

MADRP, 2015b. Programme Intersectoriel de Développement Hydro Agricole 2015 – 2019: Extension des superficies irriguees d'un (01) million d'ha. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADRP).

Margat, J., 2005. Quels indicateurs pertinents de la pénurie d'eau ? Géocarrefour 80. https://doi.org/10.4000/geocarrefour.1235

MATE-GTZ, 2002. Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD).

MATE-PNUD, 2003a. Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité (SPANB): Mises en œuvre des mesures générales pour la conservation in situ et ex situ et l'utilisation durable de la biodiversité en Algérie. Auteur: A. ABDELGUERFI et S.A. RAMDANE (Tome IV: annexes du Projet ALG/97/G31).

MATE-PNUD, 2003b. Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité (SPANB): Mises en œuvre des mesures générales pour la conservation in situ et ex situ et l'utilisation durable de la biodiversité en Algérie. Auteur: A. ABDELGUERFI (Tome I: Rapport de synthése.).

MATE-PNUE, 2013. Stratégie nationale de gestion intégrée des zones côtières en Algérie: bilan et diagnostic.

Meddi, M., Talia, A., Martin, C., 2009. Évolution récente des conditions climatiques et des écoulements sur le bassin versant de la Macta (Nord-Ouest de l'Algérie). Physio-Géo. Géographie physique et environnement 61–84. https://doi.org/10.4000/physio-geo.686

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., Makin, I.W., 2003. A water-productivity framework for understanding and action, in: In Kijne, J. W.; Barker, R.; Molden. D. (Eds.). Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. Wallingford, UK: CABI; Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI)Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series 1.

Molden, D., Sakthivadivel, R., 1999. Water Accounting to Assess Use and Productivity of Water. International Journal of Water Resources Development 15, 55–71. https://doi.org/10.1080/07900629948934

Molle, F., 2012. La gestion de l'eau et les apports d'une approche par la political ecology, Environnement, discours et pouvoir. Éditions Quæ.

Molle, F., 2008. Why Enough Is Never Enough: The Societal Determinants of River Basin Closure. International Journal of Water Resources Development 24, 217–226. https://doi.org/10.1080/07900620701723646

Molle, F., 2004. Technical and Institutional Responses to Basin Closure in the Chao Phraya River Basin, Thailand. Water International 29, 70–80. https://doi.org/10.1080/02508060408691750

Molle, F., Closas, A., 2020a. Why is state-centered groundwater governance largely ineffective? A review. WIREs Water 7, e1395. https://doi.org/10.1002/wat2.1395

Molle, F., Closas, A., 2020b. Comanagement of groundwater: A review. WIREs Water 7, e1394. https://doi.org/10.1002/wat2.1394

Molle, F., Mollinga, P., 2003. Water poverty indicators: conceptual problems and policy issues. Water Policy 5, 529–544. https://doi.org/10.2166/wp.2003.0034

Molle, F., Sanchis-Ibor, C., 2019. Irrigation Policies in the Mediterranean: Trends and Challenges, in: In: Molle F., Sanchis-Ibor C., Avellà-Reus L. (Eds) Irrigation in the Mediterranean. Global Issues in Water Policy, Vol 22. Springer, Cham.

Molle, F., Tanouti, O., 2017. Squaring the circle: Agricultural intensification vs. water conservation in Morocco. Agricultural Water Management 192, 170–179. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.009

Molle, F., Wester, P., 2009. River basin trajectories: an inquiry into changing waterscapes (No. H042449), IWMI Books, Reports. International Water Management Institute.

Molle, F., Wester, P., Hirsch, P., 2010. River basin closure: Processes, implications and responses. Agricultural Water Management, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture 97, 569–577. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.01.004

MRE-BRL Ingénierie, 2007a. Etude de la tarification de l'eau à usage agricole. Synthèse des apports de fin de la Mission II et fichiers de calcul (Edition définitive).

MRE-BRL Ingénierie, 2007b. Etude de la tarification de l'eau à usage agricole. Périmètre de Habra Rapport de fin de Mission II (Edition définitive).

MRE-BRL Ingénierie, 2007c. Etude de la tarification de l'eau à usage agricole. Périmètre de Sig. Rapport de fin de Mission II (Edition définitive).

MREE, 2017. Nouveau modéle de croissance économique. Rapport sur la stratégie du secteur des ressources en eau et de l'environnement "horizon 2035". Ministére des Ressources en Eau et de l'Environnement (MREE). (Rapport final).

MREE-PNUD, 2017. Plan d'Action et Stratégie Nationale sur la Biodiversité (SPANB) (2016-2030): La biodiversité pour le développement économique et social durable et l'adaptation aux changements climatiques.

MRE/MADRP, 2017. Programme National de Développement Hydro-Agricole : Présentation de la plate forme de concertation MRE / MADRP (Présentation Poweroint à Sidi Bel Abbés).

OECD, 2012. Water Governance in OECD Countries: A Multi-level Approach. (Edition OECD).

ONID, 2019. Bilan détaillé des actions entreprises pour la période 1999/2018.

ONID, 2018. Campagne d'irrigation 2017: « bilan et plan d'action 2018 ». Direction de l'Exploitation et de la Maintenance des Périmètres d'Irrigation (D.E.M.P.I). (Rapport final).

ONID, 2013. Campagne d'irrigation 2012: « bilan et plan d'action 2013 ». Direction de l'Exploitation et de la Maintenance des Périmètres d'Irrigation (D.E.M.P.I).

ONID-DRO, 2009. Présentation des Périmètres Habra et Sig et leur Problématique vis à vis de la disponibilité de l'eau d'Irrigation. Office National de l'Irrigation et de Drainage, Direction Régionale de l'Oranie (DRO). (Note de présentation).

Oulmane, A., 2018. Gestion de l'eau d'irrigation en Algérie: d'une politique de l'offre vers une politique de gestion de la demande. Thèse de doctorat en économie rurale et agroalimentaire. Ecole nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger.

OZHM, 2014. Dynamiques spatiales de 1975 à 2005 dans les zones humides littorales méditerranéennes. Observatoire des Zones Humides Méditerranéennes (DOSSIER THÉMATIQUE n°2).

PDARE, 2014. Plan Directeur d'aménagement des ressources en eau (PDARE). Agence de bassin hydrographique Oranie -Chot Chergui (Rapport de synthése.).

PDARE, 2009. Plan Directeur d'aménagement des ressources en eau (PDARE) de l'Oranie- Chott Chergui (OCC). Direction des études et des aménagement Hydrauliques (DEAH) et Agence de

bassin hydrographique Oranie -Chot Chergui avec Coopération technique Algéro-Allemande (GTZ). (Version finale.).

Pérennès, J.-J., 1993. L'Eau et les hommes au Maghreb: contribution à une politique de l'eau en Méditerranée., KARTHALA. ed.

Perry, C.J., Studeto, P., 2017. Does improved irrigation technology save water? A review of the evidence (No. N°. 4. FAO. Regional Initiative on Water Scarcity for the Near East and North Africa).

PGRE, 2019. Plan de Gestion Quantitative de la Ressource en Eau (PGRE): principes, gouvernance, suivi et révision. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (France).

PNE, 2019. Actualisation du Plan National de l'eau et des PDARE : Identification des zones d'extension de la PMH (Horizon 2020). AGIRE, DEAH et Enabel (Coopération Technique Belge). Rédigé par Idir BAIS.

PNE, 2018. Actualisation du plan national de l'eau. Volet: demande de l'eau agricole. Etude réalisée par Idir BAÏS, Agroéconomiste-Consultant. DEAH-MRE (Rapport provisoire).

PNE, 2010a. Demande en eau agricole. Rapport de la mission 2-volet 6-tome 1. Réalisation de l'étude d'actualisation du Plan National de l'Eau. Groupement SOFRECO-Grontmij/Carl-Bro-Progress-OIEau. (Rapport final).

PNE, 2010b. Les ressources en eau superficielles : "envasement des barrages». Rapport de la mission 2-volet 1-tome 3. Réalisation de l'étude d'actualisation du Plan National de l'Eau. Groupement SOFRECO-Grontmij/Carl-Bro-Progress-OIEau, (Rapport final).

PNE, 2010c. Les ressources en eau superficielles : Étude des volumes régularisables ». Rapport de la mission 2-volet 1-tome 2. Réalisation de l'étude d'actualisation du Plan National de l'Eau. Groupement SOFRECO-Grontmij/Carl-Bro-Progress-OIEau,.

PNE, 2010d. Les ressources en eau souterraine. Rapport de la mission 2-volet 2- tome 1. Réalisation de l'étude d'actualisation du Plan National de l'Eau. Groupement SOFRECO-Grontmij/Carl-Bro-Progress-OIEau.

PRE, 2004. Plan régional de l'eau (PRE): Oranie-Chott Chergui. Agence de Bassin hydrographique Oranie-Chott Chergui Coopération Technique Algéro-Allemande (GTZ). AHT GROUP EG (Rapport final de syhthése (2éme partie)).

Rijsberman, F.R., 2006. Water scarcity: Fact or fiction? Agricultural Water Management, Special Issue on Water Scarcity: Challenges and Opportunities for Crop Science 80, 5–22. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001

Salhi, S., Bedrani, S., 2011. Reconversion au goutte-à-goutte : les limites du PNDA., in: In La Mitidja Vingt Ans Après: Réalités Agricoles Aux Portes d'Alger. Cord: A.Imache, T. Hartani, S. Bouarfa, M. Kuper. Editions Quae. pp. 220–226.

Saskia van der, K., Zwarteveen, M., Boesveld, H., Kuper, M., 2013. The efficiency of drip irrigation unpacked. Agricultural Water Management 123, 103–110. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.03.014

Scott, C.A., Vicuña, S., Blanco-Gutiérrez, I., Meza, F., Varela-Ortega, C., 2014. Irrigation efficiency and water-policy implications for river basin resilience. Hydrology and Earth System Sciences 18, 1339–1348. https://doi.org/10.5194/hess-18-1339-2014

Seckler, D., 1996. The New Era of Water Resources Management: From"Dry" to "Wet" Water Savings. International Irrigation Management Institute P O Box 2075, Colombo, Sri Lanka (Research Report No. 1).

Services du Premier Ministre, 2020. Plan de relance économique 2020-2024. Volume 1 et 2.

SGI-Ingénierie et ANBT, 2007. étude d'avant projet détaillé du transfert des eaux du barrage de Bouhanifia vers la retenue de Fergoug. Mission 6: APD (Version définitive No. SGI / Ma 040008).

SGI-Ingénierie et ANBT, 2005. étude d'avant projet détaillé du transfert des eaux du barrage de Bouhanifia vers la retenue de Fergoug. Mission 1: Rapport d'examen et critiques des documents existants (Version définitive).

Smakhtin, V., 2008. Basin Closure and Environmental Flow Requirements. International Journal of Water Resources Development 24, 227–233. https://doi.org/10.1080/07900620701723729

Smakhtin, V., Revenga, C., Döll, P., 2004. A Pilot Global Assessment of Environmental Water Requirements and Scarcity. Water International 29, 307–317. https://doi.org/10.1080/02508060408691785

SNAT, 2010. Loi n° 10-02 du 16 Rajab 1431 correspondant au 29 juin 2010 portant approbation du Schéma National d'Aménagement du Territoire. Journal Officiel de la République algérienne démocratique et populaire n°61.

SOGREAH, 2009. Etude d'inventaire et de développement de la PMH. Partie 1 : Rapport définitif RA3 Wilaya de Mostaganem (No. N° 2 34 0074).

SOGREAH/ANRH, 2010a. Modélisation des grands aquifères : étude de modélisation de 5 systèmes d'aquifères: Plaine de Sidi Bel Abbés (Rapport final No. N° 1340315).

SOGREAH/ANRH, 2010b. Modélisation des grands aquifères : étude de modélisation de 5 systèmes d'aquifères: Plaine de Mascara (Rapport final No. N° 1340315).

SOGREAH/ANRH, 2008a. Modélisation des grands aquifères : étude de modélisation de 5 systèmes d'aquifères Plaine de Mascara. (Rapport de mission 1 No. N° 1340315).

SOGREAH/ANRH, 2008b. Modélisation des grands aquifères : étude de modélisation de 5 systèmes d'aquifères Plaine de Sidi Bel Abbés. (Rapport de mission 2-1 No. N° 1340315).

STUCKY-ENHYD, 2010. Étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Ghriss. Dossier II.A : Allocation des Eaux et Délimitation des Zones à Irriguer (Version définitive No. NOM/NSE/85'002/24'001).

STUCKY-ENHYD, 2009. Étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Ghriss. Dossier II.B1: Systèmes d'Irrigation et Schémas des Ilots Types (Version définitive No. NOM/NSE / 85'002N°24'002).

STUCKY-ENHYD, 2004a. Étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Ghriss. Dossier I.D : Analyses des ressources en eau. (Version provisoire).

STUCKY-ENHYD, 2004b. Étude de l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Ghriss. Ensemble des Rapports de la Phase I (Rapport de mission).

Tanouti, O., 2017. La gestion intégrée des ressources en eau à l'épreuve du bassin versant: Le cas du bassin de Tensift au Maroc. Thèse de doctorat. Université Paris Nanterre. Ecole doctorale 395: Milieux, cultures et sociétés du passé et du présent.

Tanouti, O., Molle, F., 2013. Réappropriations de l'eau dans les bassins versants surexploités. Le cas du bassin du Tensift (Maroc). Études rurales 79–96. https://doi.org/10.4000/etudesrurales.9902

TECSULT, 2007. Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 3 : étude de faisabilité de la réutilisation des eaux usées de la station d'épuration de Ghriss DAPE-Tecsult. (Version définitive).

UN, 2019. UN, The Millennium Development Goals Report: https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019.pdf.

Venot, J.-P., 2008. Entre immobilisme et adaptabilité : trajectoire d'évolution du bassin versant de la Krishna, Inde du Sud. Thése de doctorat. Soutenue en 2008 à Paris 10 .

Venot, J.-P., Molle, F., Courcier, R., 2008. Dealing with Closed Basins: The Case of the Lower Jordan River Basin. International Journal of Water Resources Development 24, 247–263. https://doi.org/10.1080/07900620701723703

Wester, P., Scott, C.A., Burton, M., 2005. River basin closure and institutional change in Mexico's Lerma-Chapala Basin, in: Book Chapters. International Water Management Institute, pp. 1–20.

Winpenny, J., 1994. Managing water as an economic resource. Development Policies Studies. London: Routledge and Overseas Development Institute.

World Bank, 2007. Algeria-Public expenditure review: Assuring high quality public investment: Main report. Public expenditure review (PER). Washington, DC: World Bank.

WWDR, 2018. Nature-based Solutions for Water (UN World Water Development Report). UNESCO on behalf of UN-Water : www.unwater.org.