

Les impacts économiques et environnementaux de l'aménagement hydraulique du bassin versant de l'Ichkeul : une analyse coûts-bénéfices

Wafa BEN FRAJ^{1,2*}, Mohamed ELLOUMI², François MOLLE^{3,4}

¹ Institut National Agronomique de Tunisie (INAT)

² Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT)

³ Institut de Recherche pour le Développement (IRD) France (Montpellier)

⁴ Kyoto University

* Auteur correspondant : wafafraj@gmail.com

RESUME

Cette étude a été menée dans le but d'une évaluation économique des coûts et des bénéfices associés aux aménagements hydrauliques réalisés dans le bassin de l'Ichkeul, situé au Nord de la Tunisie, afin de transférer ses eaux vers le sud du pays. L'évaluation économique a été effectuée par le moyen de la méthode d'Analyse Coûts-Bénéfices (ACB) tout en prenant en considération l'impact des aménagements sur l'économie du bassin donneur (Ichkeul) aussi bien que des milieux récepteurs de la ressource (le sud) et sur l'environnement (l'écosystème Ichkeul et les services environnementaux annexes). Le résultat dévoile que les coûts dépassent les bénéfices mais que les transferts interbassins sont justifiés par des principes de solidarité nationale ainsi que des intérêts politiques.

Mots clés: évaluation économique, aménagements hydrauliques, bassin de l'Ichkeul, transferts interbassins.

ABSTRACT:

Economic and environmental impacts of Ichkeul hydraulic works: a cost-benefit Analysis.

The main objective of this study is to provide an economic assessment of the costs and benefits associated with the hydraulic works carried out in the Ichkeul watershed, located in the North of Tunisia, to transfer water to the south. The economic assessment was carried out using the Cost-Benefit Analysis (CBA) method taking into account the impact of these investments on the economy of the donor (Ichkeul) and recipient (the south) watershed, and on the environment (the Ichkeul ecosystem and related environmental services). Results show that the costs outweigh the benefits, but inter-basin transfers are justified by the principles of national solidarity and political interests.

Keywords: economic assessment, hydraulic works, Ichkeul watershed, inter-basin transfers.

écologique est reconnue par son inscription au titre de trois conventions internationales⁹ (Saied *et al.*, 2007). L'équilibre écosystémique du lac-marais de l'Ichkeul garantit une végétation (le potamogeton) qui constitue la principale nourriture des oiseaux migrateurs qui hivernent dans le Parc (ANPE, 1996).

Toutefois, cet équilibre a été rompu par la construction de barrages responsables de la rétention des eaux qui s'écoulaient auparavant vers le lac et assuraient son équilibre écologique (Chakroun *et al.*, 2015). Durant ces dernières années de sécheresse, l'eau de l'Ichkeul a été de plus en plus sollicitée pour les usages locaux aussi bien que pour le transfert vers le sud, au détriment des besoins environnementaux de l'Ichkeul.

En effet, « dans un contexte de raréfaction des ressources en eau et d'exacerbation de la concurrence entre les différents usages c'est souvent l'environnement qui est la variable d'ajustement » (Ben Fraj *et al.*, 2019).

Or ces impacts environnementaux sont rarement pris en considération lors de l'évaluation de la faisabilité et de la rentabilité des projets d'aménagement. Cet article propose ainsi une évaluation économique ex-post des coûts et des bénéfices associés aux aménagements hydrauliques réalisés dans le bassin de l'Ichkeul. Après avoir passé en revue la littérature sur les transferts d'eau interbassins et présenté les ressources en eau du bassin de l'Ichkeul, nous effectuerons une analyse des impacts économiques et environnementaux des aménagements hydrauliques et des transferts interbassins selon une analyse coûts-bénéfices.

LES APPROCHES THEORIQUES DE L'ANALYSE ECONOMIQUE DES TRANSFERTS D'EAU INTERBASSINS

L'analyse des transferts d'eau interbassins a fait l'objet de relativement peu de travaux en économie (Roman, 2015). Pourtant ce type d'intervention hydraulique est amené à prendre une place croissante dans la gestion de l'eau au 21^{ème} siècle, notamment dans les pays en développement et émergents (Roman, 2015). La question de l'équité et de la justice est fondamentale (Roman 2015) et les experts réunis autour du sujet des transferts interbassins en Afrique soulignent que « pour qu'un transfert d'eau interbassins soit un succès et soit soutenable, il doit y avoir une distribution équitable des bénéfices nets entre les communautés « donatrices » et « réceptrices », et aucun individu ou communauté ne doit être moins bien loti qu'avant le projet » citée par (Roman, 2015).

Mallonée (2016), a appliqué la méthode d'analyse coûts-bénéfices pour évaluer l'impact économique du projet de transfert d'eau Sud-Nord (PTESN) en Chine. Il a ainsi rejeté l'hypothèse selon laquelle les coûts du PTESN dépassent les avantages. Ensuite, il a aussi montré la limite de l'analyse par le fait qu'elle n'a pas inclus les coûts éventuels pour les régions donneurs de la ressource détournée par le PTESN et pour les régions à travers lesquelles l'eau était transférée.

Zhuang (2016) a fait une synthèse des impacts éco-environnementaux des transferts d'eau interbassin, notamment la possibilité de la salinisation, de l'aridification ou de l'endommagement de l'environnement écologique du bassin donneur, et des options alternatives (améliorer l'utilisation efficace de l'eau, désaliniser l'eau de mer). La plupart des

⁹ Inscription du Parc National de l'Ichkeul sur : 1) la liste des Réserves de la Biosphère (Convention de l'UNESCO en 1977); 2) la liste des sites naturels du Patrimoine Mondial (Convention de l'UNESCO en 1979); 3) en tant que zone humides d'importance internationale (Convention RAMSAR en 1980) (ANPE, 2004).

travaux, comme la revue de London *et al.* (1990) sur l'expérience aux États-Unis, soulignent la possibilité de réorienter les sources d'approvisionnement en eau vers les zones de forte demande, tout en mettant l'accent sur de potentiels dommages environnementaux ou la perte d'opportunités économiques dans le bassin donneur. Il convient donc d'identifier précisément et très en amont les bénéficiaires du projet et les potentiels impactés (Biswas *et al.*, 1983).

Florio et Vignetti (2013) a eu recours à l'Analyse Coût Bénéfice Expost pour évaluer les effets à long terme de grands projets d'infrastructure dans les secteurs de transport et d'environnement. Cette étude d'évaluation a offert une occasion unique de tirer des conclusions sur la valeur des évaluations ex post et de tester une conception d'évaluation innovante combinant l'analyse coûts-bénéfices (ACB) avec une évaluation qualitative et adoptant une perspective à long terme (30 ans). Toutefois, en matière de transferts d'eau interbassins, Gupta et Van der Zaag (2008) soulignent que les transferts d'eau interbassins "soulèvent des problèmes de répartition concernant les coûts et avantages tangibles et intangibles qui peuvent être difficiles à clarifier et à résoudre". De même Berkoff (2003) a analysé les coûts et les bénéfices associés au transfert Sud-Nord en Chine et a montré que les coûts politiques du non-transfert d'eau au nord pourraient être politiquement inacceptables et que le pragmatisme politique prévaut souvent. Nous utilisons ici cette littérature pour illustrer l'importance de l'évaluation économique des coûts et des bénéfices associés aux transferts d'eau, mais aussi mettre en exergue le fait que, quel que soit le résultat de l'analyse, les contraintes économiques et politiques peuvent l'emporter sur les considérations environnementales.

Dans le cas de la Tunisie, et en particulier du bassin de l'Ichkeul, Aouididi (1996) a effectué une évaluation économique du Parc National de ce bassin et de ses services environnementaux, dans une première étape, puis des coûts et des bénéfices des aménagements hydrauliques dans le bassin, dans une seconde étape. Elle a mis en exergue des dommages environnementaux conséquents et souligné l'importance de la préservation de l'environnement pour le bien être des générations présentes et futures mais aussi pour l'économie, du fait de la valeur économique associée à un bien environnemental.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Cas d'étude : bassin versant d'Ichkeul

Situé au Nord de la Tunisie, le bassin versant de l'Ichkeul couvre une superficie totale de 2080 km². Il présente un climat assez homogène de type méditerranéen avec une moyenne pluviométrique de l'ordre de 633 mm/an mais des fluctuations importantes (ANPE, 2007). Ce bassin versant est drainé par six oueds principaux qui se déversent directement dans le lac Ichkeul avec un volume annuel moyen, avant aménagements, d'environ 340 Mm³ (CRDA Bizerte, 2017). La Fig.1 indique les six principaux sous-bassins de Sejnane, Douimis, Melah, Ghézela, Joumine, et Tine, le lac de l'Ichkeul et la lagune de Bizerte avec laquelle il est connecté par un conduit de quelques kilomètres appelé oued, ou canal, de Tinja.

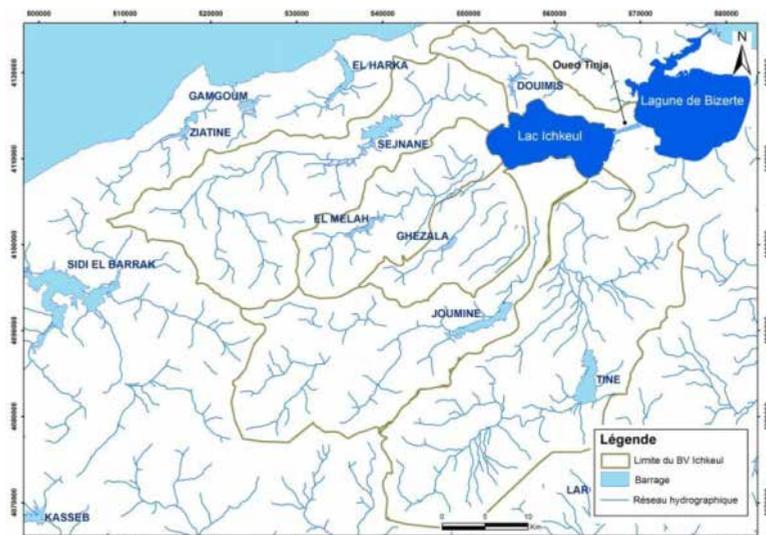


Fig. 2. Les sous bassins versants de l'Ichkeul. Source : Carte établie à partir de données du (CRDA Bizerte, 2019)

Avec la politique de mobilisation des eaux qui a vu le jour en Tunisie dans les années 1970, les principaux barrages ont été construits sur ces oueds à des dates échelonnées depuis l'année 1983 jusqu'à nos jours. Le premier barrage mis en place fut celui de Joumine en 1983, suivi de celui de Ghézala en 1984, puis de Sejnane en 1994. En 2015 les barrages de Tine et de Melah ont été mis en eau. Le barrage de Douimis est encore en construction. Un septième a été proposé au niveau du bassin de Joumine (Joumine amont) avec une capacité de l'ordre de 29 Mm³ (MARHP, 2017a). Les ressources en eau qui devant être transférées (Annexe 1) du bassin versant de l'Ichkeul sont principalement des eaux de surface (apport annuel moyen dans les barrages du bassin de 305 Mm³/an), mais aussi, dans une moindre mesure, des aquifères (nappes de Mateur et de Sejnane, avec une recharge naturelle d'environ 31 Mm³/an).

Le barrage de Sejnane constitue le point nodal des transferts des eaux des barrages des bassins côtiers du Nord et de l'extrême Nord vers la Capitale (Tunis), le Cap Bon et le littoral oriental du pays à travers le Canal Medjerda Cap Bon (CMCB)¹⁰. En effet, les barrages de Zerga, Zouara (voir fig. 1 et annexe 1) et de l'extrême Nord sont interconnectés et leurs apports sont collectés par le biais du barrage de Sejnane qui alimente le CMCB. D'après les études de faisabilité actuelles sur l'augmentation des transferts, le bassin versant de l'Ichkeul (et ses six sous-bassins) permettrait, jusqu'à l'horizon 2050, de mobiliser les ressources en eau pour ses besoins propres (AEP, agriculture, environnement, etc.), et de fournir un volume d'eau annuel supplémentaire pour le transfert vers Bizerte aussi bien que vers le CMCB de l'ordre de 159 Mm³ pouvant atteindre les 165 Mm³ en 2050 (dont près de 115 Mm³ pour le CMCB) (MARHP, 2017b). L'étude prévoit la possibilité d'accroître les volumes d'eau

¹⁰ Le Canal Medjerda Cap Bon (CMCB) est un canal long de 120 km, inauguré en 1982, qui relie la Medjerda à Grombalia. Il est géré par la Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord (SECADENORD) et a été conçu pour acheminer 470 Mm³ d'eau par an (Ministère de l'équipement, 1983 ; SECADENORD, 1983).

transférés depuis le bassin versant, mais il y aura un risque de concurrence entre les différents usagers (locaux et extra bassin) de la ressource (Ben Fraj *et al.*, 2019).

2. Analyse coûts-bénéfices

L'évaluation économique des coûts et des bénéfices associés à l'aménagement hydraulique du bassin de l'Ichkeul a été réalisée par la méthode d'Analyse Coûts-Bénéfice (ACB) (Ezcurra-Ciauriz X. et Plà-Aragonès L. M., 2015). Les ACB sont le plus souvent développées ex ante et permettent, ainsi, de servir de guide à la décision. Il est, toutefois, aussi important de pratiquer des analyses ex post, c'est à dire des analyses sur des décisions passées afin d'évaluer l'efficacité des politiques publiques déjà mises en œuvre et de les comparer entre elles (Treich, 2005). Nous évaluons ici économiquement la décision politique de l'aménagement hydraulique du bassin de l'Ichkeul. L'ACB consiste à rapprocher, sur une même unité temporelle, les coûts investis dans une action et les bénéfices imputables à celle-ci (Trontin *et al.*, 2009). Ceux-ci sont ici actualisés en termes monétaires pour l'année 2015, en utilisant l'indice général des prix à la consommation. Celui-ci a été utilisé pour mesurer les variations au cours du temps du niveau général des prix des biens et services acquis, utilisés ou payés par la population de référence. Etant donné que les prix des différents biens et services ne varient pas tous au même taux, l'indice des prix ne peut que refléter la moyenne des variations (OIT, 2003 ; annexe 2).

3. Evaluation économique

La période d'étude s'étend entre l'année 1984, considérée comme la date des premiers aménagements hydrauliques dans le bassin de l'Ichkeul et marquant un état initial économique et environnemental pré-aménagement, et l'année 2015, constituant une date récente permettant de visionner les impacts de ces aménagements hydrauliques sur le plan économique et environnemental. L'intervalle 1984-2015 a été marqué par une succession d'aménagements hydrauliques à des dates différentes et à des impacts différents sur l'économie et sur l'environnement. Les coûts des aménagements hydrauliques réalisés ont été collectés auprès de la Direction Générale des Barrages et des Grands Travaux Hydrauliques (DG/BGTH) au Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP, 2018b), la Société d'Exploitation du Canal et des Adductions des Eaux du Nord (SECADENORD) (SECADENORD, 2018), le Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA) de Bizerte aussi bien qu'au niveau des études réalisées par le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP) (Ministère de l'Agriculture, 1985 ; MARHP, 2017a ; MARHP, 2017b ; MARHP, 2018a). L'évaluation de la perte et du bénéfice économique des biens économiques (production agricole, eau potable,... etc.) a été réalisée moyennant des données chiffrées collectées auprès des CRDAs de Bizerte et de Nabeul, de la SECADENORD, de la SONEDE, etc. Des interviews réalisées avec des responsables de la SECADENORD, des CRDAs concernés, de l'ANPE et de la DG/BGTH, etc. ont été utiles pour la clarification de l'historique des aménagements hydrauliques dans la zone d'étude, de leurs impacts positifs et négatifs sur l'économie et de l'évolution des productions agricoles. Le calcul de la perte de certains services environnementaux a été réalisé sur la base des valeurs économiques des services environnementaux déterminées pour l'année 2015 par Daly (2017). L'analyse de la dégradation environnementale (faunistique et floristique) dans le Parc National de l'Ichkeul a été effectuée de façon qualitative.

Les bénéfices des aménagements hydrauliques du bassin de l'Ichkeul ont été calculés pour la période d'étude (1984-2015) par différentes méthodes suivant la nature de l'activité en question:

Le bénéfice en termes de production agricole dans les PPIs de Bizerte a été évalué comme la somme des bénéfices annuels acquis au niveau des PPIs de l'Ichkeul au cours de la période 1984/1985-2015/2016 et actualisés pour l'année 2015 tout en prenant en considération les coûts de création des PPIs du bassin de l'Ichkeul. Le bénéfice évalué pour chaque PPI est équivalent à la somme des valeurs des bénéfices nets des différentes cultures irriguées.

Le bénéfice en matière de production agricole dans les périmètres de sauvegarde des agrumes au Cap Bon a été calculé par deux méthodes pour les périodes 1984/1985-2005/2006 et 2006/2007-2015/2016.

Pour la première période, le rendement moyen des agrumes en 1984 était de 11 t/ha. Nous avons supposé que s'il n'y avait pas eu de transfert vers ces PPI, le rendement aurait décliné annuellement d'environ 0,5 t/ha, s'annulant en 2005 (CRDA Nabeul, 2019). De ce fait, pour cette période le bénéfice que nous avons calculé est équivalent à la perte de rendement évitée. Le prix moyen de vente des agrumes pris en compte pour le calcul du bénéfice est celui de l'année 2015 qui est de 909 DT/t.

Pour la deuxième période, le bénéfice constitue la valeur économique du cumul des surplus annuels de production par rapport à une production initiale avec un rendement initial de 11 t/ha. Le bénéfice total représente la somme des bénéfices calculés pour ces deux périodes.

RÉSULTATS

1. L'analyse coûts-bénéfices du transfert

1.1. Coûts des aménagements hydrauliques et pertes en services environnementaux

1.1.1. Coûts des principaux aménagements hydrauliques du bassin de l'Ichkeul et de ses interconnexions

Nous avons considéré les coûts de la quasi-totalité des aménagements hydrauliques réalisés dans le bassin de l'Ichkeul, auxquels nous avons ajouté ceux qui sont impliqués dans le système de transfert des eaux du barrage de Sidi El Barrak¹¹, à l'extrême Nord de la Tunisie, vers le CMCB via le barrage de Sejnane.

Dans le Tableau 2 sont présentés les principaux aménagements réalisés depuis 1983 jusqu'à nos jours et leurs coûts actualisés pour l'année 2015. Parmi les principaux aménagements sont cités les barrages (Sidi El Barrak, Sejnane, Joumine, etc), le CMCB, les différentes conduites d'interconnexions entre barrages et avec le CMCB, l'écluse de Tinja et l'assainissement de la plaine de Mateur entrepris dans le cadre du Plan Directeur des Eaux du Nord (Annexe 3). Le coût total de ces aménagements avoisine les 2796 MDT, 59% pour les conduites d'interconnexion et de transfert des eaux, et 41% pour les grands réservoirs.

¹¹Le barrage de Sidi El Barrak est situé dans le nord-ouest du pays, à deux kilomètres de la côte. Il s'agit du deuxième barrage de la Tunisie (265 millions m³) et il est interconnecté au barrage de Sejnane. Il constitue une réserve d'eau stratégique.

Tableau 2. Principaux aménagements hydrauliques dans /ou interconnectés au bassin de l'Ichkeul

Aménagement hydraulique	Coût actualisé en 2015 en MDT
Les barrages	1136
Les conduites d'interconnexion inter-barrages	1461,8
Le Canal Medjerda Cap Bon	167
Autres	30,8
Total	2795,6

Source : Aouididi, 1996 ; MARHP, 2018b; Ministère de l'Agriculture, 1985 ; SECADENORD, 2018.

1.1.2. Evaluation de la perte économique de la production halieutique dans le lac Ichkeul (faune aquatique)

La Société Tunisie Lagunes (STL) assure, actuellement, l'exclusivité de la pêche dans le lac Ichkeul, moyennant une concession¹² renouvelable sur 10 ans avec l'APAL (STL, 2017). La production halieutique dans le lac est très diversifiée (anguilles, lous, muges, soles, etc.) mais le principal produit est celui des anguilles (un produit destiné à l'exportation). Durant la période 1983-2015, cette production a subi des fluctuations assez importantes (Fig. 2). Elle a ainsi chuté de près de 73 % en passant de 218 tonnes en 1983 à 59 tonnes en 2015 (STL, 2017). Les aménagements hydrauliques dans le bassin de l'Ichkeul constituent un facteur important de dégradation de la richesse faunistique du lac.

Afin de réduire l'impact des aménagements hydrauliques sur le lac, l'Etat a mis en place une écluse au niveau de l'oued Tinja pour la gestion artificielle des entrées et des sorties des eaux du lac. Toutefois, cet équipement n'a fonctionné que pendant quelques années depuis 1996 et à partir de 2011 (date de la révolution tunisienne), il est hors d'usage¹³ (ANPE, 2017). L'envasement d'une partie du lac et de l'oued Tinja a limité le recrutement des alevins et le raccourcissement de la période de vidange a affecté la production d'anguilles (ANPE, 2004).

¹² En réalité, le montant de la concession (210000 DT/an) n'a jamais été payé à l'Etat sous prétexte que la société est déficitaire.

¹³ L'écluse a été endommagée par la population locale lors de la révolution tunisienne. Elle n'a pas été remise en fonction jusqu'à nos jours malgré l'affectation d'un budget pour sa réparation à l'ANPE.

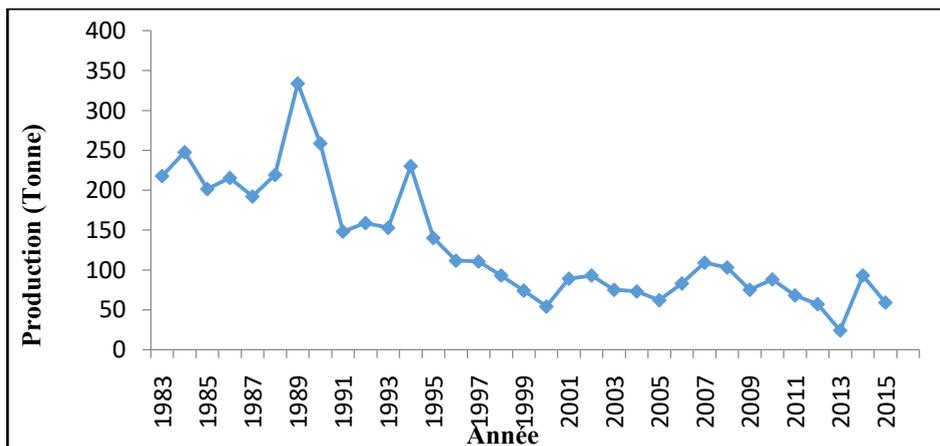


Fig. 2. Evolution de la production halieutique¹⁴ au lac Ichkeul durant la période
 Source : STL, 2017

Partant de ce constat, la production estimée dans une situation sans aménagements a été fixée à une moyenne de production des années 1983-1989 (232,5 tonnes correspondent à une moyenne des années de croissance de la production halieutique alors que la majorité des aménagements n'avait pas encore vu le jour, notamment le barrage de Sejnane). Nous avons estimé la perte de la production halieutique comme étant la somme des valeurs des pertes annuelles de production (différence entre la valeur monétaire actualisée de la moyenne de production des années 1983-1989 et la valeur monétaire actualisée de la production réelle) enregistrées pour la période 1983-2015 et actualisées pour l'année 2015, soit environ 50 MDT.

1.1.3. Evaluation de la perte économique de la récréation dans le Parc National de l'Ichkeul

Un diagnostic écologique réalisé au Parc National Ichkeul après la construction des barrages sur les oiseaux d'eau a permis de démontrer l'influence négative sur la composante avienne du Parc de la mauvaise gestion de l'écluse et de l'extension des champs de culture au détriment des habitats naturels de nidification. La perte de marais engendre une perte floristique qui se traduit par une diminution de la capacité d'accueil des oiseaux d'eau hivernants (Aouididi, 1996). En effet, le PNI a conservé ses potentialités de quartier d'estivage, mais il se montre en régression à l'égard des espèces de passage, hivernantes et nidificatrices (Hamdi *et al.* 2011). Dans les années 1980, avant la construction des barrages l'effectif d'oiseaux était de 250 000 têtes, environ (Conservateur du Parc Ichkeul, 2017) (. Il a fluctué selon les conditions hydrologiques pour atteindre 15 000 têtes en 2009 puis remonter à 136 000 têtes en 2015 (Daly, 2017). Or, l'une des motivations des visiteurs du parc est l'observation des oiseaux. La perte de la richesse floristique affecte la richesse faunistique, particulièrement les peuplements d'oiseaux. Ceci influence négativement l'attraction des touristes nationaux et internationaux, quoique d'autres facteurs interviennent

¹⁴ Une partie des poissons élevés dans le lac Ichkeul pourrait être pêchée au lac de Bizerte. En effet, le lac Ichkeul constitue un milieu très favorable pour la croissance des alevins, qui passent un à deux ans dans le lac avant qu'ils atteignent la maturité sexuelle et migrent vers la lagune de Bizerte puis vers la mer (Daly, 2017).

(facteurs climatiques, facilités d'accès, campagnes de communication, etc.) (Daly, 2017; Aouididi, 1996).

Durant la période 1990-1995, le nombre de visiteurs a augmenté de 40000 en 1990 à 62000 en 1995. A partir de 1996, cet effectif a commencé à régresser pour atteindre les 35000 visiteurs en 2001. En effet, en raison des perturbations de l'équilibre de l'écosystème lac-marais liées à la construction des barrages sur les oueds Joumine, Ghezala et Sejnane, l'effectif des oiseaux migrateurs s'est considérablement réduit, ce qui a entraîné l'inscription du site, en 1996, sur la liste du patrimoine mondial en péril. Une amélioration de la gestion des ressources hydrauliques a permis à partir de 2002 une évolution positive de l'écosystème, avec un retour important des oiseaux migrateurs : le parc a été retiré de la liste des sites en péril en 2006 (ANPE, 2009).

Durant la période 2002-2015, cet effectif a connu des fluctuations énormes entre un effectif minimum de 26 000 visiteurs et un maximum de 61 000 visiteurs (Fig. 3). L'évaluation économique de la perte de la récréation au PNI dû aux aménagements hydrauliques dans le bassin de l'Ichkeul a été calculée, dans le cadre de ce travail, par rapport à une moyenne de l'effectif des visiteurs (54667 visiteurs) pour les années 1990-1995, supposée être garantie pour les années suivantes dans une situation sans aménagements hydrauliques. Ainsi, nous avons estimé la valeur totale de la perte en récréation suite aux aménagements hydrauliques pour la période 1995-2015 comme étant la somme des valeurs des pertes annuelles actualisées en récréation pour cette période (la somme des différences annuelles entre la valeur moyenne actualisée calculée de la récréation pour la période 1990-1995 et la valeur actualisée de la récréation pour la période 1990-2015), soit environ 3 millions de DT.

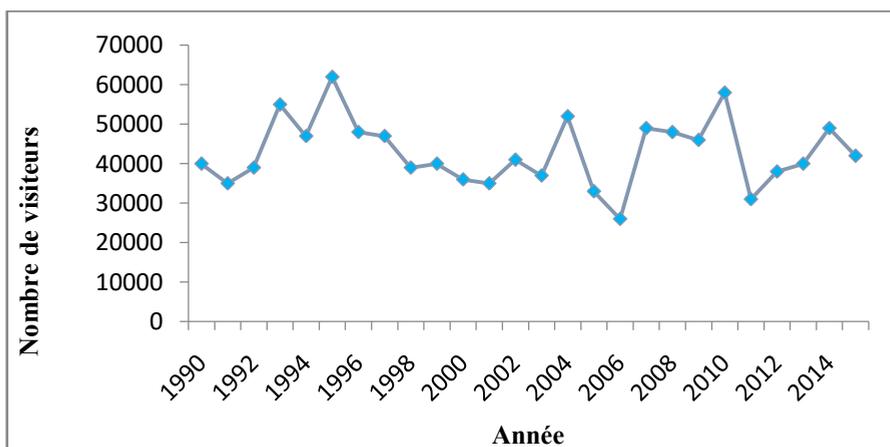


Fig. 3. Evolution de l'effectif des visiteurs au Parc National de l'Ichkeul durant la période 1990-2015. Source : Conservateur du Parc National de l'Ichkeul, 2018

1.1.4. Dégradation des marais et de la richesse floristique

Le fonctionnement écologique du système laguno-lacustre d'Ichkeul est lié à l'équilibre saisonnier changeant entre l'eau douce apportée par les oueds : en hiver, la salinité de ses eaux baisse en dessous de 10 g/l, voire même 5g/l, le niveau d'eau monte, inondant les marais, tandis que le surplus se déverse vers la lagune de Bizerte. Durant la saison sèche, la baisse du niveau du lac Ichkeul entraîne un reflux des eaux saumâtres de la lagune de Bizerte vers le lac, une augmentation de sa salinité et une migration d'aiguilles qui viennent frayer

dans le lac (ANPE, 2007). Cette alternance permet le développement des potamots et scirpes qui constituent l'alimentation de la faune aquatique (Aouididi, 1996). La mise en place des barrages associée à la mauvaise gestion de l'écluse ont directement affecté cet équilibre. La salinité des marais a considérablement augmenté et la flore a subi une dégradation progressive (ANPE, 2017 ; Hamdi, 2008; Tamisier *et al.*, 1995). La limite du présent travail réside dans le fait qu'il a été difficile d'effectuer une évaluation économique de la dégradation des marais et de la flore.

1.2. Bénéfices des aménagements hydrauliques dans le BV de l'Ichkeul et des transferts d'eau interbassins

1.2.1. Création de PPIs et amélioration de la production agricole dans le bassin versant de l'Ichkeul

Afin de valoriser les grands ouvrages hydrauliques du bassin et d'en faire bénéficier les agriculteurs locaux, l'Etat a créé des PPIs dans le bassin de l'Ichkeul à différentes dates échelonnées entre les années 1985 et 2014 (Fig. 4). Ces huit PPIs couvrent une superficie totale de 4111 ha et constituent, selon le chef de l'arrondissement de la production végétale au CRDA de Bizerte, la locomotive des stratégies de développement agricole. Ils réduisent l'effet des aléas climatiques sur la production agricole et contribuent au développement économique du pays. Les rendements des cultures, dans le bassin de l'Ichkeul, sont passés du simple au double et même au triple pour les cultures maraîchères, arboricoles, fourragères et céréalières (un hectare en irrigué est équivalent de 4 ha en sec). Par ailleurs, il y a eu instauration d'un bassin laitier à Teskreya, à Ghézela et à Mateur avec la création de trois centres de collecte et de deux fromageries (CRDA de Bizerte, 2019a).

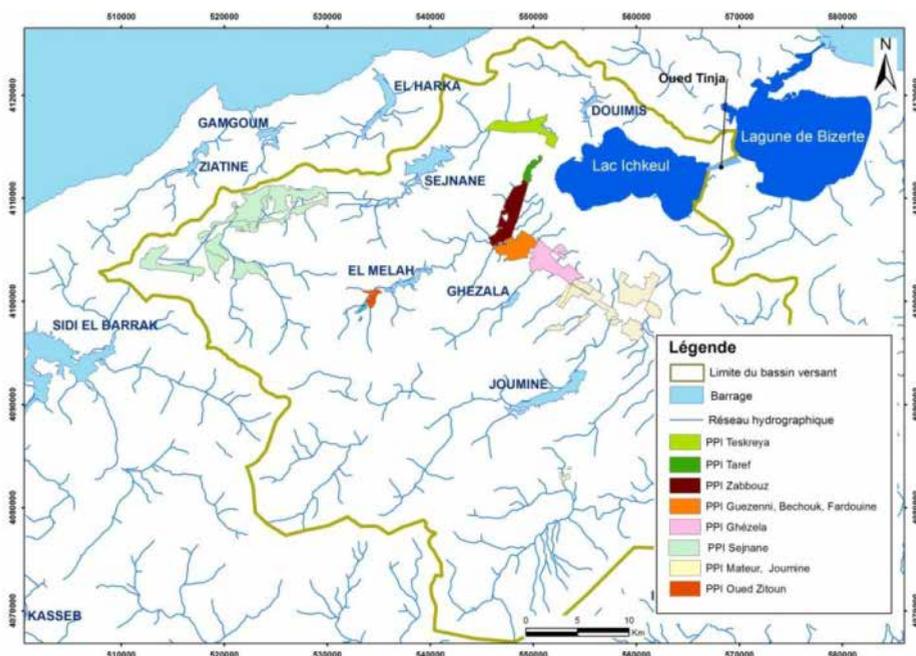


Fig. 4. Les périmètres irrigués du bassin versant de l'Ichkeul en 2019. Source : Carte élaborée à partir des données du (CRDA de Bizerte, 2019b)

Selon l'ingénieur de l'arrondissement de l'Exploitation des PPIs au CRDA de Bizerte,

« les PPIs ont amélioré la situation économique de certaines régions, comme à Sejnane qui embauche environ 3000 ouvriers occasionnels (entre le mois de Juin et de Septembre), dont 80% sont des femmes (CRDA de Bizerte, 2018).

En prenant en compte les coûts de construction des différents PPIs (24,4 Millions de DT), nous avons calculé la valeur économique du bénéfice net total de la production agricole dans les PPIs du bassin de l'Ichkeul pour la période (1984-1985)-(2015-2016) comme étant la somme de la différence entre les bénéfices annuels nets, actualisés enregistrés après aménagements, et les bénéfices nets annuels, actualisés, enregistrés avant aménagements. Soit environ 186 millions de DT. L'industrie laitière dérivée (exemple les fromageries comme mentionnée ci-dessus) a aussi joué un rôle important dans le développement économique de la région. Toutefois, le bénéfice se rapportant à cette activité n'a pas été comptabilisé dans le cadre de ce travail.

Les barrages construits dans le bassin de l'Ichkeul (notamment Joumine et Tine) ont également servi à la lutte contre les inondations, notamment de la plaine de Mateur, et ont ainsi participé à la sauvegarde des terres agricoles aussi bien qu'à l'infrastructure de la ville. Ces bénéfices sont toutefois difficiles à évaluer et considérés ici de manière qualitative.

1.2.2. Les périmètres de sauvegarde des agrumes au Cap Bon

En 1985, l'Etat a entamé le transfert des eaux du Nord vers les PPIs du Cap Bon. Ces derniers sont dits « périmètres de sauvegarde » étant donnée l'importance du secteur agrumicole dans la zone. En 2016-2017, ils couvrent une superficie totale de 15236 ha. Cette année a été marquée par une production record enregistrant 386 672 tonnes, soit un rendement de 25,4 t/ha. Suivant les stratégies de l'Etat tunisien, dans les années de sécheresse, ces périmètres doivent être desservis par un volume d'eau minimum qui permet leur sauvegarde.

La perte de rendement évitée suite aux aménagements hydrauliques dans le BV Ichkeul et, en particulier, au transfert des eaux du Nord au Cap Bon durant la période (1984-1985)-(2005-2006)¹⁵ constitue un bénéfice dérivé des eaux du Nord. Elle a été estimée ici à 825 Millions de DT. Le bénéfice correspondant à la période (2006-2007)-(2015-2016) est équivalent à 625 Million de DT, la valeur économique du bénéfice total estimé de la production agricole au Cap Bon pour la période (1984-1985)-(2015-2016) est donc de 1450 Millions de DT.

1.2.3. Création du PPI Grombalia-Soliman et du PPI Korba Menzel Temim (KMT)

Le transfert des eaux du Nord a permis la création du périmètre irrigué Grombalia-Soliman d'une superficie équipée de l'ordre de 6600 ha majoritairement occupés par les grandes cultures et les cultures arboricoles (dont 1000 ha sont des agrumes). En 2000, a été réalisé le projet Korba Menzel Temim (KMT) créant trois PPIs d'une superficie totale de 1600 ha environ, occupés par des cultures maraîchères et des cultures de fraises.

Le bénéfice net accordé à la région du Cap Bon suite à la création de ces nouveaux PPIs irrigués par les eaux du Nord est estimé pour la période 1984-2015 de l'ordre de 561 MDT.

1.2.4. Désalinisation de terres agricoles au Cap Bon

Selon l'avis d'un expert en production végétale au CRDA de Nabeul (2019), le

¹⁵En 2004, il y a eu une extension au niveau des périmètres de sauvegarde des agrumes de Grombalia, Soliman et Menzel Bouzelfa au Cap Bon.

rendement des cultures maraîchères diminue de l'ordre de 30% si le degré de salinité atteint les 3 à 4 g/l et de 60% si le degré de salinité atteint les 4 à 5 g/l. Dans notre cas, nous avons supposé une perte de rendement d'environ 40% pour les cultures installées dans le reste des périmètres dont nous avons déjà estimé le bénéfice agricole (périmètre de sauvegarde des agrumes et les deux PPI de Grombalia Soliman et de Korba Menzel Temim) qui couvrent une superficie de 5159 ha.

Ainsi, durant la période qui s'étale entre 1990 à 2015 (25 ans) pour laquelle la nappe phréatique du Cap Bon a bénéficié de la recharge par les eaux du Nord, la perte évitée suite à l'évitement de la salinisation a été estimée à 130 MDT.

1.2.5. Approvisionnement en eau potable (AEP) à Bizerte

L'approvisionnement en eau potable (AEP) dans le gouvernorat de Bizerte constitue une priorité d'usage des eaux du bassin versant de l'Ichkeul. La valeur totale du bénéfice pour la période (1984-2015) a été assimilée à la valeur totale de la vente de l'eau à la SONEDE de Bizerte pour cette même période, équivalente à 16 Millions de DT pour un volume d'eau enregistré au niveau de la station de pompage de Bizerte.

1.2.6. Approvisionnement en eau potable (AEP) à Tunis et au Cap Bon, Sahel et Sfax

La valeur économique de l'approvisionnement en eau potable suite aux aménagements hydrauliques et au transfert des eaux durant la période 1984-2015 a été prise comme la valeur totale des ventes de l'eau à la SONEDE du Cap Bon, Sahel et Sfax, estimée à 135 Millions de DT. Cette valeur a été mesurée à partir du volume d'eau enregistré au niveau des stations de pompage de Belly et Ghdir El Golla.

Dans un scénario « sans transfert », l'alternative serait la réduction de la demande ou le dessalement. Nous n'avons pas tenté de chiffrer les coûts et bénéfices des alternatives possibles.

1.2.7. Bilan global : coûts-bénéfices

Le bilan global en termes de coûts-bénéfices pour la période prise en considération (1984-2015) est donné dans le tableau suivant :

Tableau 3: Résumé des principaux coûts et bénéfices

Coûts	
Principaux aménagements hydrauliques dans/ou interconnectés au bassin de l'Ichkeul	2796 MDT
La perte économique de production halieutique dans le lac Ichkeul (faune aquatique)	50 MDT
La perte économique de la récréation dans le Parc National de l'Ichkeul	3 MDT
Total des coûts	2849 MDT
Bénéfices	
Création de PPIs et amélioration de la production agricole dans le bassin versant de l'Ichkeul	186 MDT
Amélioration de la production agrumicole dans les périmètres de sauvegarde des agrumes du Cap Bon	1450 MDT
Création du PPI Grombalia RSoliman et du PPI Korba Menzel Témim (KMT)	570 MDT
Désalinisation de terres agricoles au Cap Bon	130 MDT
Approvisionnement en eau potable de Bizerte	16 MDT
Approvisionnement en eau potable de Tunis, du Cap-Bon, du Sahel et de Sfax	135 MDT
Total des bénéfices	2487 MDT

Source : Nos résultats.

Ainsi le total des coûts associés aux aménagements hydrauliques dans le bassin de l'Ichkeul dépasse les bénéfices. En effet, la valeur totale des coûts a été estimée à 2849 MDT tandis que la valeur totale des bénéfices a été estimée à 2 487 MDT (Tableau 3). Ce qui laisse un déficit total de l'ordre de 362 MDT pour l'ensemble de la période.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La prise en compte de l'ensemble des coûts et des avantages des aménagements pour la mobilisation et le transfert des eaux du bassin de l'Ichkeul montre que ces aménagements ne sont pas économiquement rentables et que la prise en compte dans les calculs des coûts des dommages infligés à l'environnement et de perte de services environnementaux devrait permettre d'avoir une meilleure base d'évaluation des aménagements.

Par ailleurs, il est important de signaler que ce déficit serait supérieur si l'on tenait compte de la perte des marais et de la richesse floristique ou de la biodiversité, de même que de la moindre recharge de la nappe suite au rétrécissement du plan d'eau du lac Ichkeul. Sur un autre plan d'autres externalités négatives non pas pu être prises en compte, comme par exemple la moindre dilution de la pollution dans la lagune de Bizerte, ou des coûts énergétiques des transferts de l'eau de l'extrême nord lors des années de fort déficit hydrique.

En contrepartie, certains bénéfices n'ont pas été pris en compte tel que le rôle joué par les barrages de Joumine et de Tine dans la protection de la ville de Mateur contre les inondations, évitant à l'Etat des dépenses de remise en état de l'infrastructure de la ville par manque de données disponibles.

Nos résultats devraient par ailleurs permettre de mettre en débat la poursuite de la politique de mobilisation excessive et de transfert des eaux du Nord vers le Centre et le Sud. En effet, les pouvoirs publics viennent de finaliser (en 2017) une étude de faisabilité d'un nouveau transfert d'eau du Nord au Centre de la Tunisie réalisée par l'Etat. Cette étude

propose un nouveau tracé pour un canal de transfert avec un coût d'investissement estimé à 1339 Millions de DT Avec des besoins énergétiques prévus à hauteurs de 2693 Wh/m³(MARHP, 2017b). L'addition de ces coûts à ceux déjà calculés dans le cadre de ce travail aggravera davantage le déséquilibre coût-bénéfice. La justification de l'utilité du projet de transfert a été basée sur les faiblesses de l'infrastructure existante, notamment son débit insuffisant, le manque de capacité de stockage au niveau des stations de demande, ainsi que la demande excessive d'énergie de certains tronçons.

Ce projet de transfert s'il venait à se concrétiser, confirmerait que les décisions prises par l'Etat relèvent plus de considérations politiques qui peuvent aller à l'encontre des études économiques, même forcément réductrices. Le manque de transparence et de débat public autour du nouveau tracé est problématique car il peut susciter la suspicion que ce nouvel investissement suit des logiques, identifiées de longue date par la littérature (Molle, 2008; Molle *et al.*, 2009), qui font la part belle aux intérêts privés, qu'ils soient politiques ou financiers, au détriment de l'intérêt général.

Cette déduction peut être renforcée par deux critiques majeures que l'on peut adresser à l'étude : premièrement, le bilan hydrologique n'a pas pris en compte le changement climatique. Or il est clair que les projections à l'horizon 2050 ne peuvent se faire à ressource constante. En second lieu, les estimations de ressources transférables (Annexe 3) se sont basées sur des moyennes quand l'hydrologie tunisienne impose de considérer des valeurs fréquentielles : en cas de sécheresse, pendant une ou plusieurs années successives, ces bilans seront obsolètes et les questions d'allocation deviendront cruciales, en particulier pour l'équilibre de l'écosystème Ichkeul.

L'éternelle attraction des solutions intensives en capital semble également confirmée par la programmation du périmètre irrigué sur le barrage de Douimis avec un coût total de 8,9 MDT (MARHP, 2018). Le bassin du Douimis est le dernier petit bassin qui alimente directement le lac Ichkeul et l'on peut se demander comment ce PPI peut être justifié si l'on prend en compte l'objectif de rétablir ou de conserver un équilibre environnemental dans le lac. On constate que, selon les rapports de force politiques en présence, les décisions peuvent être appliquées en dehors de toute considération environnementale (Ben fraj *et al.*, 2019). On peut, d'un côté, proclamer une politique publique environnementale et le souhait de conserver le Parc National de l'Ichkeul tout en continuant, d'un autre côté, à planifier et construire des infrastructures qui ne reconnaissent pas ses besoins en eau et entraîneront une dégradation environnementale accrue, comme c'est déjà le cas suite aux transferts existants. Si certains, comme Treich (2008), ont critiqué l'ACB pour le fait que « l'environnement a une valeur infinie », on voit que celui-ci a, en pratique, une valeur qui est plutôt proche de zéro.

L'autre critique qui peut être faite de ces transferts interrégionaux découle du fait que le m³ d'eau mobilisé, stocké et transféré n'est pas payé à sa juste valeur. L'Etat supporte la plus grande partie de ce coût à travers les subventions qu'il accorde et les impacts négatifs sur le bassin "donneur" sont donc doublés d'une subvention massive à l'agriculture du cap Bon et à la ville de Sfax. Ces transferts sont en général justifiés par des principes de solidarité nationale mais cette solidarité, ainsi que le flou sur l'analyse économique et hydrologique (réduite à des moyennes), permettent d'entretenir à la fois le statu quo et un discours promouvant l'augmentation de ces transferts comme inévitable.

La poursuite de cette politique de transfert avec les perspectives des effets du changement climatique risque de créer des demandes non satisfaites en année sèche, comme c'est déjà le cas pour les PPI du bassin de l'Ichkeul, alors que les superficies irrigables sont en voie d'augmentation. Il est par conséquent évident que le lac d'Ichkeul continuera à être la variable d'ajustement et à voir sa valeur écosystémique se dégrader.

Pourtant, le secrétaire d'Etat chargé des ressources hydrauliques et de la pêche a

indiqué qu'en 2016 « sur 2 000 milliards de Dinars qui représentent la totalité du budget alloué au ministère, 1 400 milliards de Dinars ont été consacrés à l'eau ». En 2016, le gouvernement a actionné le système de pompage de l'eau depuis Sidi El Barrak vers Sejnane, mais reconnaît que « ce transfert coûte énormément cher » (Turess, 2016). En effet, les dernières années de sécheresse, 2016-2017, ont montré la nécessité de recourir au pompage à partir des réserves stratégiques du barrage Sidi El Barrak, à un coût très élevé, qui a atteint, pour la seule année 2016, environ 4 MDT pour un volume transféré de 58 Mm³ vers le Barrage Sejnane. En outre, lors de l'inauguration du barrage Melah dans le bassin de l'Ichkeul, le chef du gouvernement tunisien a affirmé que « ce barrage, qui est le 40^{ème} du genre, contribue au transfert de l'excédent en eaux du nord vers le centre et les régions intérieures, et permettra de faire face à la hausse de la consommation pendant la haute saison estivale » (emphase ajoutée) (Web manager center, 2018).

L'argument du TINA ("*there is no Alternatives*") a depuis longtemps été identifié comme une manière de fermer le débat. La fermeture des bassins du Nord est justifiée par les besoins du sud et l'existence "d'excédents" qui s'accorde mal avec la dégradation environnementale déjà observée. La poursuite de cette fermeture est aussi justifiée par un recours à l'argument R pourtant maintenant totalement dépassé R d'un "gaspillage" de l'eau s'écoulant vers la mer¹⁶. Comme dans d'autres pays de la Méditerranée, la sécurisation de besoins urbains croissant pousse à recourir au dessalement¹⁷ (Molle et Sanchis-Ibor, 2019). Mais la propension bien connue des décideurs et bureaucraties hydrauliques à recourir à l'augmentation de l'offre, reflétant une convergence d'intérêts qui fait souvent peu de cas de la rationalité économique et des impacts environnementaux, rend nécessaire un débat ouvert renouvelé¹⁸ sur les grands équilibres de l'allocation de l'eau en Tunisie, les options disponibles, et leurs coûts et bénéfices respectifs, ce à quoi cet article a modestement tenté de contribuer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelhedi T., 1998. Gestion des Ressources en eau en Tunisie: Principes techniques, fondements juridiques et institutionnels. Direction de l'Exploitation des Barrages. Ministère de l'Agriculture. Tunisie. 38p.
- ANPE, 1996. Etude pour la sauvegarde du Parc National de l'Ichkeul. Tome 2, Plan de gestion optimale du Parc de l'Ichkeul. 2. Rapport principal. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire. Tunis, Tunisie.
- ANPE, 2004-2009. Le suivi scientifique au Parc National de l'Ichkeul. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Tunis.
- ANPE, 2017. Entretiens avec les parties prenantes à l'ANPE.
- Aouididi Ben Moussa A., 1996. Evaluation économique du Parc National de l'Ichkeul

¹⁶ Voir par exemple <http://kapitalis.com/tunisie/2018/05/17/tunisie-sauver-10-milliards-de-m3-deau-perdus-en-mer-chaque-année/>

¹⁷ Voir par exemple, <https://news.barralaman.tn/djerba-dessalement-eau-mer-sana-sbouai-2-fr/>

¹⁸ Voir par exemple <http://kapitalis.com/tunisie/2016/08/12/tunisie-sous-stress-hydrique-ce-nest-pourtant-pas-leau-qui-manque-22/>

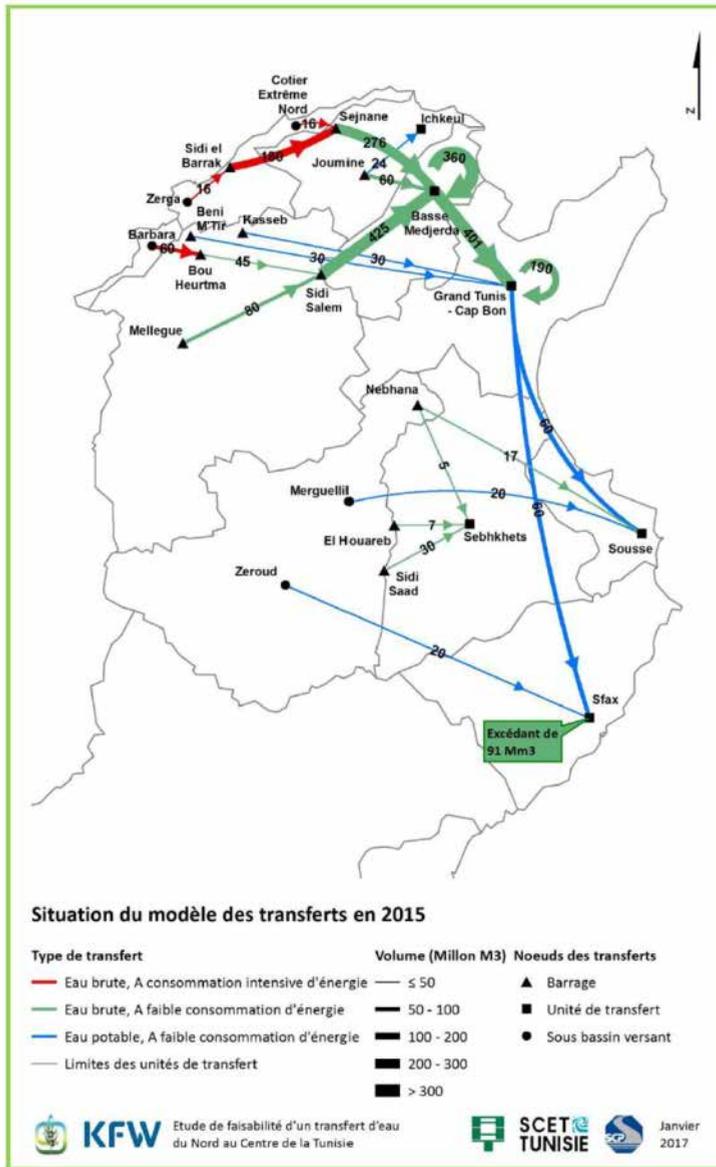
- (Tunisie). Thèse de maîtrise en sciences économiques. Université d'Ottawa. Faculté des sciences sociales. 161 p, Ottawa.
- Ben Fraj W., Elloumi M. et Molle F., 2019. The politics of interbasin transfers: Socio-environmental impacts and actor strategies in Tunisia .Natural Resources Forum.A United Nations Sustainable Development Journal. 14p.
- Berkoff, J., 2003. China: The South-North water transfer project is it justified? Water Policy, vol. 5, n°1, p.1829.
- Biswas, A. K., Dakang, Z., Nickum, J. E., Changming, L. (ed.), 1983. Long-Distance Water Transfer. A Chinese Case Study and International Experiences, United Nations University, Water Resources Series, Volume 3. Cité p. 24, 211 et 249.
- Chakroun H., Lili Chaabane Z. et Benabdallah S. , 2015. Concept and prototype of a spatial decision support system for integrated water management applied to Ichkeul Basin, Tunisia. 169-179.
- Conservateur du Parc Ichkeul, 2017. Résultats des interviews et données collectées auprès du conservateur du Parc National Ichkeul. CRDA de Bizerte.
- CRDA Bizerte, 2017. Caractéristiques physiques et hydrologiques des bassins versants de Douimis, Sejnane, EL Melah, Ghézela, Joumine et Tine. Arrondissement des Ressources en Eau (A/RE), Bizerte.
- CRDA de Bizerte, 2018. Entretiens avec les ingénieurs responsables des PPIs à l'Arrondissement de l'Exploitation des PPIs (A/EPPI) au CRDA de Bizerte.
- CRDA Bizerte, 2019a. Entretiens avec le chef d'arrondissement de la production végétale.
- CRDA Bizerte, 2019b. Données cartographiques sur le bassin versant de l'Ichkeul. Arrondissements de Conservation des Eaux et du Sol (CES) et d'Exploitation des Périmètres Publics Irrigués (EPPI).
- CRDA Nabeul, 2019. Entretiens avec un expert en production végétale à la CRDA de Nabeul.
- Daly, H., 2017. Valeurs économiques des services écosystémiques du Parc National de l'Ichkeul, Tunisie. Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), Gland, Suisse et Malaga.
- Ezcurra-Ciaurriz X. et Plà-Aragonès L. M., 2015. Application of cost-benefit analysis to evaluation ex-post of agrarian public policy: interventions of the structural funds for the period 2000-2008 in Spain, Vol. 24-3 (2015). p. 65-82.
- Florio M. et Vignetti S., 2013. The use of ex-post cost-benefit analyses to assess the long term effects of major infrastructure projects. Working paper n°2. Centre for Industrial Studies. 18p.
- Gupta J. et Van der Zaag P., 2008. « Scale issues in the governance of water storage projects». Water resources Research. Volume 44. Issue 10. October 2008.
- Hamdi N., 2008. Écologie du peuplement des oiseaux d'eau hivernant en Tunisie: biodiversité, monographie et dynamique spatio-temporelle. Thèse d'Université, Faculté des Sciences de Tunis. In Hamdi N., Touihri M. et Charfi F., 2011. Diagnostic écologique du Parc National Ichkeul (Tunisie) après la construction des barrages : cas des oiseaux d'eau. Revue d'Écologie (Terre Vie), vol. 66.22 p.
- Hamdi N., Touihri M. et Charfi F., 2011. Diagnostic écologique du Parc National Ichkeul (Tunisie) après la construction des barrages : cas des oiseaux d'eau. Rev. Écol. (Terre Vie), vol. 66, 22p.
- INS, 2017. Annuaire statistique de la Tunisie 2012-2016.
- London J. and Miley Jr., 1990. The interbasin transfer of water: an issue of efficiency and equity», Water international journal, volume 15, issue 4. 231-235.

- Mallonée M.L., 2016. The South-North water transfer project: a cost-benefit analysis. Bachelor of Philosophy Candidate in International and Areas Studies, University of Pittsburgh. 52 p.
- MARHP, 2017a. Etude de faisabilité d'un transfert d'eau du Nord au Centre de la Tunisie. Rapport de la phase 1, données de base et ressources en eau, volume de rapport principal. BPEH et DG/BGTH. 208 p.
- MARHP, 2017b. Etude de faisabilité d'un transfert d'eau du Nord au Centre de la Tunisie, rapport de la phase 1, données de base, modélisation et données de transfert, volume des annexes. BPEH et DG/BGTH. 344 p.
- MARHP, 2018a. Etude de création d'un périmètre irrigué sur barrage Douimis. Délégation de Bizerte Sud-Gouvernorat de Bizerte. Phase I : Etude de faisabilité, rapport général.
- MARHP, 2018b. Coûts des grands ouvrages hydrauliques. Direction Générale des Barrages et des Grands travaux Hydrauliques.
- Ministère de l'Agriculture, 1985, Recouvrement des investissements et des frais d'entretien et de fonctionnement de l'infrastructure hydraulique du Plan Directeur des Eaux du Nord. Direction EGTH. 130 p.
- Ministère de l'équipement, 1983. Le Canal Medjerda Cap Bon. Tunis.
- Molle, F. 2008. Why enough is never enough: The societal determinants of river basin closure. *International Journal of Water Resource Development* 24(2): 247-256.
- Molle, F., Wester, P. and Mollinga, P. P. 2009. Hydraulic bureaucracies: Flows of water, flows of power. *Water Alternatives*, vol 2, n°3. 328-349.
- Molle, F. and Sanchis-Ibor, C. 2019. Irrigation policies in the Mediterranean: trends and challenges. In Molle, F., Ibor Sanchez, C. and Avella, L. (Eds), *Irrigation in the Mediterranean: Technologies, Institutions and Policies*. Global Issues in Water Policy Series. Springer.
- OIT¹⁹, 2003. « Indices des prix à la consommation. Rapport III. Dix-septième Conférence internationale des statisticiens du travail Genève, 24 Novembre - 3 Décembre. Bureau International du Travail. Genève. 71 p.
- Roman M., 2015. L'analyse des transferts d'eau inter-bassins au défi des conflits et de la justice environnementale. Le cas du fleuve São Francisco (Nordeste du Brésil). Thèse de doctorat de l'université PARIS-SACLAY. 406 p.
- Saied, M., Elloumi, M. J., 2007. Prise en compte des besoins écologiques de l'Ichkeul dans la gestion de l'eau en Tunisie. Communication. ZARAGOZA, 19-21/03/2007 Agence Nationale de Protection de l'Environnement, Tunis, Tunisie.
- SECADENORD, 1983. Le Canal Medjerda Cap Bon. Tunis
- SECADENORD, 2018. Résultats des interviews effectués et des données collectées dans la SECADENORD, Tunis.
- STL, 2017. *Résultats des entretiens menés à la STL-Menzel Jemil en Décembre 2017, Bizerte*.
- Tamisier, A., Dehorter, O., Delpart, B. et Maamouri, F., 1995. Étude pour la sauvegarde du lac Ichkeul. Le peuplement d'oiseaux d'eau. GIS Posidonie et BCEOM. In Hamdi N., Touihri M. et Charfi F., 2011. *Diagnostic écologique du Parc National Ichkeul (Tunisie) après la construction des barrages : cas des oiseaux d'eau*. *Revue d'Écologie (Terre Vie)*, vol. 66. 22 p.
- Treich N., 2005. L'analyse coût-bénéfice de la prévention des risques. LERNA-INRA, Université de Toulouse. Version préliminaire. 52 p. disponible sur <https://www.>

¹⁹ Organisation Internationale du Travail

- previnfo.net/telechargement/Prevention/ACB03.pdf
- Treich N., 2008. L'analyse coût-bénéfices. 10 questions. Les cahiers de la sécurité industrielle n° 03. Institut pour une culture de sécurité industrielle. France. 10 p.
- Trontin C., Glomot A.L. Sabathé J. P., 2009. Analyse coût-bénéfice des actions de prévention. Exemple du risque de manutention pour le personnel soignant. INRS. Hygiène et sécurité du travail. 2^{ème} trimestre 2009-215/29.
- Turess, 2016. La Tunisie gère son stress ! Ressources en eau. La Presse de Tunisie le 14 - 11 Ré 2016. Disponible sur <https://www.turess.com/fr/lapresse/122943>
- Webmanagercenter, 2018. Bizerte : un nouveau barrage inauguré à Sejnane. Disponible sur <https://www.webmanagercenter.com/2018/05/14/419872/bizerte-un-nouveau-barrage-inaugure-a-sejnane/>
- Zhuang, W. , 2016. Eco-environmental impact of inter-basin water transfer projects: A review. Environmental Science and Pollution Research, vol 23, n°13. 12867R12879.

ANNEXES



Annexe 1. Schéma des transferts d'eau interbassins en 2015. Source : MARHP, 2017 b.

13.6 Evolution de l'indice général des prix à la consommation familiale selon les différentes années de base

6.13 تطور الرقم القياسي العام لأسعار الإستهلاك العائلي حسب سنة الأساس

Moyenne Annuelle							المعدل السنوي									
Année de base						السنة	سنة الأساس					السنة				
2010	2005	2000	1990	1983	1977	1970	Année	2010	2005	2000	1990	1983	1977	1970	Année	
88.2	107.7	122.6	190.3	312.3	531.8	770.6	2007	66.0	80.6	91.7	142.4	233.6	397.8	576.5	1997	
92.6	113.0	128.6	199.7	327.6	557.9	808.4	2008	68.1	83.1	94.6	146.8	240.9	410.3	594.5	1998	
95.8	117.0	133.1	206.7	339.2	577.6	837.0	2009	69.9	85.4	97.1	150.8	247.4	421.5	610.5	1999	
100.0	122.2	139.0	215.8	354.1	603.1	873.9	2010	72.0	87.9	100.0	155.2	254.6	433.6	628.3	2000	
103.5	126.5	143.9	223.5	366.7	624.4	904.8	2011	73.4	89.6	102.0	158.2	259.6	442.0	640.5	2001	
108.8	133.5	151.9	235.9	387.1	659.2	955.1	2012	75.4	92.1	104.7	162.6	266.9	454.5	658.6	2002	
115.1	141.7	161.2	250.3	410.7	699.4	1 013.5	2013	77.5	94.6	107.6	167.1	274.2	466.9	676.5	2003	
120.8	149.4	170.0	264.1	433.2	737.8	1 069.0	2014	80.3	98.0	111.5	173.2	284.1	483.8	701.0	2004	
126.6	156.5	178.1	276.5	453.7	772.6	1 119.5	2015	81.9	100.0	113.8	176.7	289.9	493.7	715.3	2005	
131.4	162.3	184.7	286.8	470.6	801.4	1161.2	2016	85.3	104.1	118.5	184.0	301.9	514.1	745.0	2006	

Source : Institut National de la Statistique

المصدر : المعهد الوطني للإحصاء

Annexe 2. Evolution de l'indice des prix à la consommation familiale selon les différentes années de base. Source : INS, 2017

Bassin de l'fchkeul	Pluie moyenne (série 1960-2014)	Ecoulement moyen (série 1960-2014)	Nappes de transfert				Barrages de transfert					
			Réserve totale (Mm ³)	Recharge naturelle (Mm ³ /an)	Exploitation en 2015 (Mm ³ /an)	Exploitation potentielle en 2050 (Mm ³ /an)	Nom du barrage	Superficie BV (km ²)	Apport annuel moyen (Mm ³ /an)	Volume régularisé (Mm ³ /an)		
											2015	2050
Sous bassins de Melah et de Ghézela	747 mm/an (250 Mm ³ /an)	179 mm/an 60 Mm ³ /an	Nappe de Mateur 1500 Mm ³	14 Mm ³ /an	7 Mm ³ /an	14 Mm ³ /an	Melah	86	26 Mm ³ /an	17	17	
							Ghézela	48	9 Mm ³ /an	5,6	5,6	
Sous bassins de Joumine et de Tine	592 mm/an (750 Mm ³ /an)	124 mm/an 157 Mm ³ /an	Nappe de Mateur 4500 Mm ³	13 Mm ³ /an	6 Mm ³ /an	23 Mm ³ /an	Joumine	418	116 Mm ³ /an	74	59,7	
							Joumine amont	230	29 Mm ³ /an	0	20	
							Tine	276	18 Mm ³ /an	13	13	
Sous bassins de Sejnane et de Douimis	808 mm/an (474 Mm ³ /an)	218 mm/an 128 Mm ³ /an	Nappe de Sejnane 2000 Mm ³	4 Mm ³ /an	3,7 Mm ³ /an	8 Mm ³ /an	Sejnane	367	98 Mm ³ /an	80	80	
							Douimis	55,7	9 Mm ³ /an	0	7	

Annexe 3. Les ressources en eau du bassin versant de l'fchkeul. Source : Tableau établie à partir des données du (MARHP, 2017 b)

Année de mise en eau ou de construction	Aménagement hydraulique	Coût actualisé (en 2015) en MDT
2002	Barrage Sidi El Barrak	191,2
1983	Barrage Joumine	507,6
1984	Barrage Ghézela	48,9
1994	Barrage Sejnane	131,5
2016	Barrage Tine	48,7
2015	Barrage Melah	39,6
Travaux en cours	Barrage Douimis	47,5
2012	Barrage Harka	48,8
2009	Barrage Ziatine	43,9
2010	Barrage Gamgoum	28,3
1985	1 ^{ère} Conduite_ Joumine-Béjaoua	353,0
1984	2 ^{ème} conduite_ Joumine-Béjaoua	240,3
1993	3 ^{ème} conduite_ Joumine-Béjaoua	240,3
	Conduite_ Sidi El Barrak-Sejnane (1 ^{ère} conduite)	53,5
2015	Conduite_ Sidi El Barrak-Sejnane (2 ^{ème} conduite)	40,7
	Conduite Sejnane-Joumine (1 ^{ère} conduite)	161,3
2006	Conduite_ Sejnane-Joumine (2 ^{ème} conduite)	86,5
2014	Conduite_ Sejnane-Joumine (3 ^{ème} conduite)	24,3
1984	Interconnexion_ Joumine-CMCB (1 ^{ère} conduite)	52,8
2006	Interconnexion_ Barrage Joumine-CMCB (2 ^{ème} conduite)	64,5
2014	Interconnexion_ Barrage Joumine-CMCB (3 ^{ème} conduite)	46,1
2009	Interconnexion_ Barrages Ziatine-Sejnane	20,3
2017	Interconnexion_ Barrages Harka-Sejnane	36,5
2017	Interconnexion_ Barrages Gamgoum-Sejnane	10,0
2018	Interconnexion_ Barrages Tine-Joumine (1 ^{ère} conduite)	21,6
2017	Interconnexion_ conduite 1_ Melah-Sejnane	10,1
1984	Coût de construction du CMCB	167,0
	Portion Aroussia-Béjaoua	
	Portion Béjaoua-Belli	
1989	Ecluse de Tinja	0,9
	Assainissement de la plaine de Mateur	29,9
Total		2795,6

Annexe 4. Principaux aménagements hydrauliques dans /ou interconnectés au bassin de l'Ichkeul. Source: Aouididi, 1996; MARHP, 2018b; Ministère de l'Agriculture, 1985 ; SECADENORD, 2018.

ANNALES DE L'INRAT

Annales de l'INRAT, Volume 93, 2020

ISSN : 0365-4761

Un siècle de Recherche au Service de l'Agriculture Tunisienne



Directeur de la Revue /Journal Director
Mondher BEN SALEM

Rédactrice en Chef/Editor-in-Chief
Sonia BEDHIAF ROMDHANI

Editeur Associé /Associate Editor
Salah BENYOUSSEF

Annales de l'INRAT is an indexed journal in both CAB abstract and AL Manhal Databases



Revue éditée par l'Institut National
de la Recherche Agronomique de Tunisie
Rue Hédi Karray, El Manzah, 1004, Tunis, Tunisie
www.annalesinrat.tn

Institut National de la Recherche
Agronomique de Tunisie
*National Institute of Agricultural
Research of Tunisia*

Annales de l'INRAT

Revue annuelle publiée depuis 1920

A yearly journal published since 1920



Directeur de la Revue / Journal Director
Mondher BEN SALEM

Rédactrice en Chef / Editor-in-Chief
Sonia BEDHIAF ROMDHANI

Editeur Associé / Associate Editor
Salah BENYOUSSEF

INRAT
Rue Hédi Karray
1004, El Menzah, Tunis, TUNISIE
Tél : 216 71 230 024 ; 71 230 239
Fax : 216 71 752 897 ; 71 716 537
www.Annalesinrat.tn