



RESEARCH
PROGRAM ON
Dryland Systems

Impacts of soil and water conservation techniques in Tunisia. Inventory of research works and studies

By Claudio Zucca, Taoufik Hermassi, Mohamed Ouessar, Aymen Frija, Boubaker Dhehibi, Mongi Sghaier, Mohamed Abdeladhim, Mongi Ben Zaied, Mira Haddad, & Aden Aw-Hassan

Food security and better livelihoods
for rural dryland communities

INDEX

Foreword

I Main SWC structures considered

II Impacts, cost of the SWC structures

II.1 Cost of the SWC structures

II.2 Impact on landowner investment behaviour

II.3 Impact on productivity (value)

II.4 Social value

II.5 Environmental impact

Foreword

This publication was produced in the frame of the activities carried out by the CGIAR Research Program on Drylands Systems, North Africa and West Asia Flagship, Agro-Pastoral System.

The inventory of the research works and studies undertaken on the impacts of soil and water conservation (SWC) techniques in Tunisia (papers, books, scientific reports, etc.) was compiled as part of the outputs generated by the Activity 6 - “Management of water scarcity” - (2015-6 month Deliverable)

The publication is the result of a collaborative effort of ICARDA, INRGREF ad IRA and is aimed at summarizing and making available to the researchers and to the public the historical and recent work conducted in Tunisia to study and report the impact of the SWC techniques. It is intended to be developed into a comprehensive review document during the following project phases.

Specific emphasis was given to the most relevant SWC structures studied by the project team in the Tunisian study sites (Béni Khedache-Sidi Bouzid transect; hereinafter, “the study sites”), notably the terraces or contour benches, the hill lakes, the jessour, and the recharge wells/check dams.

The headings defining the structure of the report reflect the main research topics identified by the project teams.

I. Main SWC structures considered

The terraces or contour benches, the hill lakes, the jessour, and the recharge wells/check dams, are among the most widespread and relevant SWC structures in the Tunisian study sites of CRP-DS (Béni Khedache-Sidi Bouzid transect).

Terraces or contour benches

The contour benches are earth embankments built along contour lines, perpendicular to the slope, to intercept and store runoff water. They improve infiltration locally. The benches also reduce both the length of slope susceptible to runoff and the runoff velocity, which remains below the critical threshold of gully erosion. They are increasingly built with earthmoving machines and are referred to as machine-made benches. There are two types of erosion control benches: total retention benches and diversion benches, the former being the most common. In the Mediterranean regions, these structures have been considered to be effective in regions where rainfall is rare, brief and very intense, falling on dry soil with low permeability.

Hill Lakes

The hill lakes, are small earthen dams built by man. They are situated at the depressions between hills, which allows the runoff collect. Their establishment and promotion are an interesting strategic choice for the mobilization of natural water resources to meet the water needs, ever increasing, mainly for agriculture. The hydraulic works of water harvesting and soil conservation, in particular hill lakes, are intended to collect additional quantities of rainwater to be used in diverse purposes such as the domestic use and in the farm.

Jessour

Jessour is an ancient runoff water harvesting technique widely practiced in the arid highlands. Arranged in the form of *gradoni* (a series of contour ditches used mainly for growing trees), the *jessour* generally occupy runoff watercourses (*thalwegs*). In fact, *jessour* is the plural of *jessr*, which is a hydraulic unit made of three components: the *impluvium*, the terrace and the dyke.

Recharge wells/check dams

In order to slow down the water flow in the *wadi* courses and improve its infiltration into deeper soil layers and geologic formations, small check dams are installed on the *wadi* beds. These dams are made of gabion. However, when the permeability of the underlying bedrock is judged to be very low, casting tubes, known also as recharge wells, could be drilled in to enhance the infiltration of runoff water to the aquifer.

I.1 Technical implementation: reference documents

The SWC structures have been implemented in Tunisia over more than half a century in the frame of various programs. For many of them the related project documents are available at the relevant institutional offices. A list of documents regarding the study sites and other relevant sites are cited below.

Sidi Bouzid site

Office du Développement du Nord Ouest, 1997. Monographie du Sidi Bouzid. Ministère de l'Agriculture.

HAR- D/CES, 2008. Analyse économique de l'étude de planification des aménagements CES dans le gouvernorat de Sidi Bouzid.

BICHE- CRDA du Sidi Bouzid, 2001. Etude de protection et d'assainissement de la plaine de Zouarine.

EICO Inter – ONAS, 2003. Plan directeur d'assainissement des délégations de Cebbala et Ouled Haffouz, du gouvernorat de Sidi Bouzid.

HAR-SAFI -CRDA du Sidi Bouzid, 2003. Etude de protection et d'assainissement de la plaine du Sidi Bouzid-Zaafra.

CNEA - CRDA du Sidi Bouzid, 1994. Etude du projet de développement agricole intégré du Nord et Nord-Est du gouvernorat du Sidi Bouzid.

Commissariat du Développement Agricole Sidi Bouzid, 2001. Développement agricole dans le gouvernorat du Sidi Bouzid.

CNEA - CRDA du Sidi Bouzid, 1997. Etude du projet de développement agricole du Sud-Ouest du gouvernorat du Sidi Bouzid.

Commissariat du Développement Agricole Sidi Bouzid, 2003. Projet de développement agricole intégré du Nord et Nord-Est du gouvernorat du Sidi Bouzid.

Commissariat du Développement Agricole Sidi Bouzid, 2003. Projet de développement rural intégré et de gestion des ressources naturelles du Sud-Ouest du gouvernorat du Sidi Bouzid.

Béni Khedache site

Carton D., 1888. Essai sur les travaux hydrauliques des Romains dans le Sud de la Régence de Tunis. Bulletin Archéologique du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, 438-465.

CES, 1994. Plan d'aménagement CES du gouvernorat de Médenine.

Taamallah H., 2003. Carte pédologique de la Jeffara. Rapport interne, projet Jeffara, IRA/IRD, Tunis.

Zerrim A., 2004. Cartographie de l'occupation du sol par l'usage des données de télédétection: Cas du bassin versant Oum Zessar. Graduation dissertation, ESIER, Mjez El Bab, Tunisie.

Other sites

Bouzaien S., Camus M., Abdallah R., Rajah A., 1987. Rapport d'installation des trois micro-bassins dans la région de Sbeïtla. DG ACTA. Tunis.

Breuleux F., 1976. Inventaire des travaux de conservation de l'eau et des sols en Tunisie. Projet SIDA/TUN 5-13, 24 p.

DG ACTA, 1962. Aménagement du bassin versant de l'oued Gabes. DG ACTA. Tunis.

DG ACTA, 1965. Aménagement du bassin versant de Chaab Eddoud. DG ACTA. Tunis.

DG ACTA, 1973. Aménagement CES Domaine Karim. DG ACTA. Tunis.

DG ACTA, 1974. Aménagement CES de zone de El Guettar. DG ACTA. Tunis.

PNUD/FAO-TUN, 1984. L'aménagement antiérosif du bassin versant de l'oued Sbiba (Bassin versant Zeroud). PNUD-FAOTUN/81/004. DG ACTA. Tunis.

SCET, ?. Etude d'aménagement CES Rive droite de l'oued Om Ali. Société Centrale Pour L'équipement Des Territoires. DG ACTA. Tunis.

SOGETHA, 1961. Etude de l'érosion dans le bassin versant supérieur de l'oued Nebhana. DG ACTA. Tunis.

SOGETHA, 1962. Aménagement du bassin versant de la plaine de Soliman-Grombalia (oued El Bey et Soltane) Lutte contre l'érosion Correction du ruissellement. DG ACTA. Tunis.

SOGETHA, 1964. Aménagement de bassin versant de l'oued Gastla. DG ACTA. Tunis.

I.1.1 Other reference documents and guidelines

Direction Générale des Ressources en Eaux, 2010. Situation de l'exploitation des nappes phréatiques (DGRE).

Direction Générale des Ressources en Eaux, 2010. Situation de l'exploitation des nappes profondes (DGRE).

Institut National des Statistiques, 2004. Recensement Général de la population et de l'Habitat de 1994 et 2004 (INS).

CEMAGREF, 1992. Les ouvrages en gabion. DG ACTA. Tunis.

CES, 1993. Stratégie nationale de la CES 1990-2000. Ministère de l'Agriculture. Direction de la CES.

CNEA, 1988. Evaluation des travaux de CES dans la région d'El Ala Haffouz. Centre National d'Etudes Agricoles.

Durand A., ?. Guide méthodologique sur l'approche participative et partenariale en aménagement de CES. DG ACTA. Tunis.

Gregersen H.M., 1987. Guidelines for Economic Appraisal of Watershed Management Projects. FAO Conservation Guides 16. FAO, Rome. 144 p.

FAO, 1989. Guide pour l'évaluation économique des projets d'aménagement des bassins versants. Cahier FAO: Conservation No 16. Rome.

Mizouri M., Aouina M.S., Khaldi R., 1995. Guide de la conservation des eaux et du sol projet PNUD/FAO-TUN/86/020. DG ACTA. Tunis.

DG ACTA, 1990. Code de la protection du sol. DG ACTA. Tunis.

DG ACTA, 1999. Manuel des procédures de la direction de la conservation des eaux et du sol. DG ACTA. Tunis.

Ministère de l'Agriculture, 2002. Carte agricole de la Tunisie. Ministère de l'Agriculture, SCOT/STUDI/SODETEG, Tunis.

II. Impacts, cost of the SWC structures

The technical and scientific literature regarding the analysis of the cost and impacts of the SWC structures are inventoried below, according to the main topics, or knowledge needs, identified by the project team.

Summary studies on the overall effectiveness and impact of the SWC structures.

Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Belgacem A.O., Romagny B., Sghaier M., Taamallah H. (eds), 2006. Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne. CERES, Tunis, 351 pp.

HEUSCH B., 1986. Cinquante ans de banquettes de DRS-CES en Afrique du Nord. Un bilan. DG ACTA.

Hudson N.W., 1993. Les raisons du succès ou de l'échec des projets de conservation des eaux et des sols. DG ACTA. Tunis.

Ouessar M., Sghaier M., Mahdhi N., Abdelli F., De Graaff J., Chaieb H., Yahyaoui H., Gabriels D., 2004. An integrated approach for impact assessment of water harvesting techniques in dry areas: The case of Oued Oum Zessar watershed (Tunisia). Journal of Environmental Monitoring and Assessment 99, 127-140.

Ouessar M., Yahyaoui H., Belgacem A.O., Boufalgha M., 2006. Aménagements et techniques de lutte contre la désertification: Inventaire et bilan. In: Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Belgacem A.O., Romagny B., Sghaier M., Taamallah H. (eds), *Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne*. CERES, Tunis. Pp. 147-161.

Ouessar M., Yahyaoui H., 2006. Les ressources en eau. In: Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Belgacem A.O., Romagny B., Sghaier M., Taamallah H. (eds), *Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne*. CERES, Tunis. pp: 47-56.

Ouessar M., Zerrim A., Boufelgha M., Chitner M., 2002. Water harvesting in southeastern Tunisia: state of knowledge and challenges. In: de Graaff J., Ouessar M. (eds), *Water harvesting in Mediterranean zones: an impact assessment and economic evaluation*. Proceedings from EU WAHIA project final seminar in Lanzarote. Tropical Resource Management Papers 40, 13-24. Wageningen University. The Netherlands.

Roose E., 2002. Analyse du système de banquettes mécaniques. Propositions d'améliorations, de valorisation et d'évolution pour les gouvernorats de Kairouan, Siliana et Zaghuan, Tunisie. Projet GCP/TUN/028/ITA. DG ACTA. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. 32 p.

Roose E., Sabir M., De Noni G., 2002. Techniques traditionnelles de GCS en milieu méditerranéen. *Bulletin du Réseau Érosion*, vol. 21, 524 p.

Roose E., Albergel J., De Noni G., Laouina A., Sabir M., 2008. Efficacité de la GCS en milieux semi-arides. IRD-AUF-ENFI, Montpellier, 403 p.

Roose E., Sabir M., Arabi M., Morsli B., Mazour M., 2012. Soixante années de recherches en coopération sur l'érosion hydrique et la lutte antiérosive au Maghreb. *Géographie Physique et Environnement* 6, 43-69.

II.1 Cost of the SWC structures

Documents providing information and data about costs and/or costs and benefits of the SWC structures are listed below.

Bachta M.S., Ben Mimoun A., 2001. Evaluation économique de la dégradation du sol en Tunisie. Cas d'étude: le sou-bassin versant de l'oued M'Silah. *Méditerranée* 1, 26-34.

CES, 1996. Décomposition des coûts unitaires des ouvrages de CES. Ministère de l'Agriculture, Direction de la CES.

DG ACTA, 2014. Rapport annuel des aménagements de conservation des eaux et du sol.

HAR- D/CES, 2008. Analyse économique de l'étude de planification des aménagements CES dans le gouvernorat de Sidi Bouzid (HAR - D/CES).

Mahdhi N., Sghaier M., Ouessar M., 2000. Analyse d'impacts des aménagements de CES en zone aride: cas du bassin versant d'Oued Oum Zessar. Technical report, WAHIA project, IRA, Tunisia.

NEPAD-FAO, 2005. Aménagement intégré des terres agricoles dans les Sebkhas de la Tunisie. Volume III de VII. Profil de projet d'investissement bancable. Gouvernement de la République Tunisienne. Appui à la Mise en Oeuvre du Nepad-Pddaa. TCP/TUN/2908(I). (NEPAD Ref. 05/32 F).

Oran G., Ben Acher J., Issar A., Boers T.M., 1983. Economic evaluation of water harvesting in microcatchments. *Water Resources Researches* 19, 1099-1105.

II.2 Impact on landowner investment behaviour

This section targets studies dealing with i) needs and costs of maintenance of different S&W structure, and ii) the landowners' availability to maintain and/or implement additional structures (voluntary investment).

CES, 1996. Décomposition des couts unitaires des ouvrages de CES. Ministère de l'Agriculture, Direction de la CES.

DG ACTA, 2014. Rapport annuel des aménagements de conservation des eaux et du sol.

II.3 Impact on productivity (value)

This section lists documents produced by studies dealing with i) the impact of SWC on productivity value (e.g., comparing crop yield and productivity before and after establishment of SWC structures; differences between farmers with and without), and ii) the farmers' perception on the above changes and on soil conditions changes.

Achouri M., 1995. La conservation des eaux et du sol en Tunisie: bilan et perspectives. In: Zekri S., Laajimi A. (eds.). *Agriculture, durabilité et environnement. Cahiers Options Méditerranéennes* 9, 35-47. CIHEAM, Zaragoza.

Angeli L., Severini S., Valle S., 2003. L'évaluation économique d'un projet d'irrigation à partir des lacs collinaires dans une zone rurale de la Tunisie. In: Camarda D., Grassini L. (eds.), *Local resources and global trades: environments and agriculture in the Mediterranean region. Options Méditerranéennes Série A. Séminaires Méditerranéens* 57, 31-41. CIHEAM. Bari.

Boufaroua M., 2001. Soil and water conservation in Tunisia. *Proceedings of the 9th International Conference on the Conservation and Management of Lakes. Otsu. Japan.* 9 p.

Boufaroua M., Albergel J., Pepin Y., 2000. Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la dorsale tunisienne. Cinquième conférence internationale sur la Géologie du Monde Arabe GAW-5. Le Caire, 112 p.

Dridi B., 2000. Impact des aménagements sur la disponibilité des eaux de surface dans le bassin versant du Merguellil (Tunisie centrale). PhD thesis. Université Louis Pasteur, Strasbourg, 194 p.

El Amami S., 1984. Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. Centre de Recherche du Génie Rural. Tunisie. 69 pp.

Hermassi T., 2010. Paramétrisation des modèles hydrologiques à base physique sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne. PhD thesis.

Khelifi S., 2007. Analyse du fonctionnement de quelques aménagements de conservation des eaux et du sol: Cas des banquettes en Tunisie Centrale et des lacs collinaires dans la Haute Vallée de Medjerda. PhD thesis.

Lacombe, G., 2007. Evolution et usages de la ressource en eau dans un bassin versant aménagé semi-aride. Le cas du Merguellil en Tunisie centrale. PhD thesis, Université Montpellier 2, Montpellier, 304 p.

Nasri S., 2002. Hydrological effects of water harvesting techniques: a study of tabia, soil contour ridges and hill reservoirs in Tunisia. PhD thesis. Lund Institute of Technology, Lund University.

Nasri S., 2007. Caractéristiques et impacts hydrologiques de banquettes en cascade sur un versant semi-aride en Tunisie centrale / Characteristics and hydrological impacts of a cascade of bench terraces on a semi-arid hillslope in central Tunisia. Hydrological Sciences Journal Volume 52, 1134-1145.

Ouessar M., Sghaier M., Fetoui M., 2003. Comparison of traditional and contemporary water management systems in the arid regions of Tunisia. Proceedings of the first SUMAMAD project international workshop. Alexandria, September 2002. UNU Desertification Series 5, 32-36.

II.4 Social value

This section deals with the studies that analysed or produced data about SWC structures' impact on i) farm employment; and ii) the role of gender regarding SWC structures, as well as the impact of these structures on gender.

Amami H., 2009. Allocation des ressources en eau sous la prise en compte simultanée des contraintes économiques, sociales et environnementales: Application au Bassin Versant de Oued Merguellil en Tunisie centrale. PhD thesis.

Bachta M.S., 1995. Conservation des Eaux et du Sol (CES) en Tunisie. Intervention des pouvoirs publics et stratégies paysannes: un éclairage économique. In: Zekri S., Laajimi A.

(eds.), Agriculture, durabilité et environnement. Cahiers Options Méditerranéennes 9, 35-47. CIHEAM. Zaragoza.

Cherki F., 2005. Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier - méthode ADEQUA. PhD thesis.

Durand A., ?. Guide méthodologique sur l'approche participative et partenariale en aménagement de CES. DG ACTA. Tunis.

Fleskens L., Stroosnijder L., Ouessar M., De Graaff J., 2005. Evaluation of the onsite impact of water harvesting in Southern Tunisia. *Journal of Arid Environments* 62, 613-630.

Hassen H.D., Croitoru L., 2013. Evaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes. Association Forêt Méditerranéenne, Marseille, France.

König H.J., Sghaier M., Schuler J., Abdeladhim M., Helming K., Tonneau J.P., Ounalli N., Imbernon J., Morris J., Wiggering H., 2012. Participatory impact assessment of soil and water conservation scenarios in Oum Zessar watershed, Tunisia. *Environmental Management* 50, 153-65.

Sghaier M., Mahdhi N., De Graaff J., Ouessar M., 2002. Economic assessment of soil and water conservation works: case of the wadi Oum Zessar watershed in south-eastern Tunisia. In: De Graaff J., Ouessar M. (eds.), *Water harvesting in Mediterranean zones: an impact assessment and economic evaluation*. TRMP paper 40, 101-113. Wageningen University, The Netherlands.

Stringer L.C., Fleskens L., Reed M.S., de Vente J., Zengin M., 2013. Participatory Evaluation of Monitoring and Modeling of Sustainable Land Management Technologies in Areas Prone to Land Degradation. *Environmental Management* 54, 1002-1042.

II.5 Environmental impact

This section lists the available reports generated by studies analysing the function, effectiveness, and the environmental impacts of SWC structures on soil quality, soil erosion, and water recharge.

Abouabdillah A., White M., Arnold J.G., De Girolamo A.M., Oueslati O., Maataoui A., Lo Porto A., 2014. Evaluation of soil and water conservation measures in a semi-arid river basin in Tunisia using SWAT. *Soil Use and Management* 30, 539–549.

Al Ali Y., 2007. Les aménagements de conservation des eaux et des sols en banquettes. Analyse, fonctionnement et essai de modélisation en milieu Méditerranéen (El Gouzine, Tunisie Centrale). PhD Thesis, University of Montpellier II. France. 170 p.

Alaya K., Viertmann W., Waibel T., 1993. Les tabias. Imprimerie Arabe de Tunisie. Tunis, Tunisia. Pp. 192.

Albergel J., Nasri S., Boufaroua M., Droubi A., Merzouk A., 2004. Petits barrages et lacs collinaires, aménagements originaux de conservation des eaux et de protection des

infrastructures aval: exemples de petits barrages en Afrique du Nord et au Proche-Orient. *Sécheresse* 15, 78-86.

Albergel J., Rejeb N., 1997. Les lacs collinaires en Tunisie: enjeux, contraintes et perspectives. *Comptes-rendu de l'Académie d'Agriculture de France* 83, 77-88 and 101-104.

Albergel J., Mansouri T., Zante P., Ben Mamou A., Abdeljaoued S., 2006. Organic carbon in the sediments of hilldams in a semiarid Mediterranean area. In: *Soil erosion and carbon dynamics*, Roose E., Lal R., Feller C., Barthès B., Steward B.A. (eds.). *Advances in Soil Science* 15, 289-300. CRC Press.

Al-Seekh S.H., Mohammad A.G., 2009. The Effect of Water Harvesting Techniques on Runoff, Sedimentation, and Soil Properties. *Environmental Management* 44, 37-45.

Ayadi I., Abida H., Djebbar Y., Mahjoub M.R., 2010. Sediment yield variability in central Tunisia: a quantitative analysis of its controlling factors. *Hydrological Sciences Journal*, 55, 446-458.

Baccari N., Nasri S., Boussema M., 2008. Efficacité des banquettes sur l'érosion des terres, le remplissage et l'envasement d'un lac collinaire en zone semi-aride tunisienne. In: Roose E, Albergel J., De Noni G., Laouina A., Sabir M. (eds.), *Efficacité de la GCES en milieux semi-arides*. AUF-IRD-ENFI, Paris. Pp. 70-73.

Bacquaert M., 2004. Influence of gabions on the water use efficiency in the wadi Oum Zessar (Tunisia). MSc Thesis, Ghent University, Belgium.

Ben Mechlia N., Oweis T., Masmoudi M., Khatteli H., Ouessar M., Sghaier N., Anane M., Sghaier M., 2009. Assessment of supplemental irrigation and water harvesting potential: methodologies and case studies from Tunisia. ICARDA, Aleppo, Syria. iv + 36 pp.

Ben Moussa-Machraoui S., Errouissi F., Ben-Hammouda M., Nouira S., 2010. "Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil and Tillage Research* 106, 247-253.

Bonvallet J., 1979. Comportement des ouvrages de petite hydraulique dans la région de Médenine (Tunisie du sud) au cours des pluies exceptionnelles de mars 1979. *Cahiers ORSTOM Série Sciences Humaines* 16, 233-249.

Bonvallet J., 1986. Tabias et jessour du Sud tunisien. Agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, vol. 12, n° 2, p. 163-171.

Boufaroua M., 2002. Evolution des techniques de conservation des eaux et des sols en Tunisie. Pp 625-635. <http://www.slire.net/document/1313>.

Boufaroua M., Yemna K., 2002. Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans les zones arides et semi-arides de la Tunisie. Direction de la CES, DG ACTA, Tunis. *Bulletin du Réseau Érosion* 21, 94-114.

Chahbani B., 1984. Contribution à l'étude de l'érosion hydrique des loess des Matmatas et de la destruction des jessour. Bassin versant de l'Oued Demmer, Beni Kheddache, Sud Tunisien. PhD thesis. University of Paris I (Panthéon-Sorbonne).

Chebil A., Ben Mimoun A., Dhehibi B., 2006. Conservation du sol et efficacité technique: Application de la frontière stochastique de production aux exploitations agricoles du sous-bassin versant de l'Oued M'Silah. *Annales de l'INRGREF* 8, 79-89.

Cormary Y., Masson J.M., 1964. Étude de CES au Centre de recherches de génie rural en Tunisie. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, vol. 2, p. 3-26.

Cote M., 1964. La conservation des sols et des eaux en Tunisie. *Méditerranée* 5, 219-242.

Ennabli N., 1993. Les aménagements hydrauliques en Tunisie. Institut National Agronomique de Tunisie. (INAT).

Fournet A., 1969. Prospection dans les jessour du massif de Matmata. Division des Sols, Tunis. Carte et notice.

Gabriels D., Schiettecatte W., Cornelis W.M., Ouessar M., Wu H., Cai D., Verbist K., Hartmann R., 2003. Water harvesting in Southern Tunisia and effect of soil tillage on the soil water balance in the semi-arid zone of the Loess Plateau of Northern China. XI IRCSA Conference Proceedings.

HAMZA A., 1988. Érosion et lutte antiérosive dans le bassin-versant de l'oued Zeroud (Tunisie centrale)... de l'approche exogène à la stratégie techno-paysanne. PhD Thesis, University of Strasbourg, 1191 p.

Hentati A., Kawamura A., Amaguchi H., Iseri Y., 2010. Evaluation of sedimentation vulnerability at small hillside reservoirs in the semi-arid region of Tunisia using the Self-Organizing Map. *Geomorphology* 122, 56-64.

Hermassi T., Amine Cherif M., Habaieb H., 2014. Etude du transport solide au niveau du bassin versant de Merguellil, Tunisie Centrale: Cas des bassins versants d'Ettiour et de Rajela". *The International Water Journal La Houille Blanche* 4, 88 - 96.

Hermassi T., Ben Khelifa W., Nasri S., 2013. Modélisation empirique de l'érosion hydrique: outil de planification et de gestion des ressources en sol. Séminaire International sur la Gestion Durable des Ressources en Eaux et en Sols: Situation, Défis et Perspectives. Hammamet, Tunisie 19-20 Novembre 2013.

Hermassi T., Habaieb H., Boufaroua M., Lamachere J.M., 2013. Impact des aménagements hydro-forestiers sur l'envasement des lacs collinaires". *The International Water Journal La Houille Blanche* 6, 58 - 67.

Hermassi T., Lamachère J.M., 2013. The hydrological impact traditional water harvesting techniques: Case study of benches in Tunisian semi-arid region. The 12th Tunisian-Japanese Symposium on Science, Society and Technology (TJASSST 2013). Hammamet, Tunisia, 15-18 November, 2013.

Hermassi T., Oussaifi D., Habaieb H., 2013. Influence du changement climatique et des aménagements CES sur l'hydrologie du bassin versant du barrage Nebhana. IV Meeting International sur la « Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en

Aridoculture et Cultures Oasiennes: Perspectives pour un Développement Durable des Zones Arides. Djerba, Tunisie, 17-19 December 2013.

Hessel R., Tenge A., 2008. A pragmatic approach to modelling soil and water conservation measures with a catchment scale erosion model. *Catena* 74, 119–126.

Hill J., Woodland W., 2003. Contrasting water management techniques in Tunisia: towards sustainable agricultural use. *Geographical Journal* 169, 342-357.

Hill J., Woodland W., 2009. Hazard management in Tunisia: water supply for agriculture. Linking Research and Teaching in Higher Education. In: Simon K., Rowlands H., Rowlands H. (eds.), *Proceedings of the Newport NEXUS Conference Centre for Excellence in Learning and Teaching Special Publication, No. 1*. Pp. 157-165.

HYDROMED, 2001. Rapport final du programme de recherche sur les lacs collinaires dans les zones semi-arides du pourtour méditerranéen. In: Albergel J., Nasri S. (eds.), *Contrat Européen INCO DC ERBIC 18CT 960091 – STD4*. Tunis. Institut de recherche pour le développement (IRD), Institut National de Recherche en Génie Rural Eaux et Forêts (INRGREF).

Jaton J.F., Chaabouni Z., 1984. Etude du système hydrologique “meskat” d’utilisation des eaux de ruissellement du Sahel nord de Sousse (Tunisie). *IGR* 179. 104 pp.

Jebari S., Berndtsson R., Bahri A., Boufaroua M., 2010. Spatial soil loss risk and reservoir siltation in semi-arid Tunisia. *Hydrological Sciences Journal* 55, 121-137.

Kefi M., Yoshino K., Zayani K., Isoda H., 2009. Estimation of Soil Loss by Using Combination of Erosion Model and GIS -Case of Study Watersheds in Tunisia. *Journal of Arid Land Studies* 19, 287- 290.

Khlifi S., Ameer M., Mtimet N., Ghazouani N., Belhadj N., 2010. Impacts of small hill dams on agricultural development of hilly land in the Jendouba region of northwestern Tunisia. *Agricultural Water Management* 97, 50–56.

Khlifi S., Arfa H., Ben Dhiab D'beya L., Ghedhoui S., Baccouche S., 2010. Effects of Contour Ridge Benches on Several Physical and Chemical Soil Characteristics at the El Ghrifettes Site (Zaghouan, Tunisia). *Arid Land Research and Management* 24, 196-212.

Kingumbi A., 2006. Modélisation hydrologique d'un bassin affecté par des changements d'occupation. Cas du Merguellil en Tunisie centrale. PhD thesis, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunis. 218 p.

Lacombe G., Cappelaere B., Leduc C., 2008. Hydrological impact of water and soil conservation works in the Merguellil catchment of central Tunisia. *Journal of Hydrology* 359, 210-224.

Lacombe G., Leduc C., Cappelaere B., Ayachi M., Oi M., Kefi M., 2008. Spatial redistribution of water resources in a Tunisian semi-arid catchment subject to conservation works. 13th International Water Resources Association (IWRA) World Water Congress. September 2008, Montpellier.

Leduc C., Ben Ammar S., Favreau G., Beji R., Virrion R., Lacombe G., Tarhouni J., Aouadi C., Zenati Chelli B., Jebnoun N., Oi M., Michelot J.-L., Zouari K., 2007. Impacts of hydrological

changes in the Mediterranean zone: environmental modifications and rural development in the Merguellil catchment, central Tunisia. *Hydrological Sciences Journal* 52, 1162-1178.

Maati M., 2001. Impact des aménagements de CES sur le bassin versant en zones arides cas de Oum Zessar. MSc Thesis. ESIER, Mjez El Bab, Tunisie.

Mahdhi N., Bachta M.S., Sghaier M., 2005. Conservation des eaux et du sol et efficacité technique de l'agriculture pluviale en zone aride. Cas du bassin versant de l'Oued Oum Zessar. *New Medit* 1, 52-56.

Mankai I., Hermassi T., Chabâne Z.L., 2013. Impact of water erosion on soil surface states in drylands of south-eastern part of Tunisia. TWAS-ARO 9th Annual Meeting, "Science & Technology Education for Sustainable Development in the Arab Region" Conference. Alexandria, Egypt, 29 and 30 December 2013.

Mourtala B., 2013. Dynamique des services éco-systémiques dans le bassin versant d'Oum Zessar (Sud Est tunisien). MSc Thesis. INAT.

Nasri S., 2002. Impact hydrologique des banquettes mécaniques sur les apports liquides et solides dans les lacs collinaires en zones semi-arides de Tunisie. *Bulletin du Réseau Érosion* 21, 115-129.

Nasri S., Albergel J., Berndtsson R., Lamachère J.M., 2004. Impact des banquettes sur le ruissellement d'un petit bassin versant, *Revue des Sciences de l'Eau* 17, 265-289.

Nasri S., Albergel J., Cudennec C., Berndtsson R., 2004. Hydrological processes in macrocatchment water harvesting in the arid region of Tunisia: the traditional system of tabias/Processus hydrologiques au sein d'un aménagement de collecte des eaux dans la région aride tunisienne: le système traditionnel des tabias. *Hydrological Sciences Journal* 49, 261-272.

Nasri S., Cudennec C., Albergel J., Berndtsson R., 2004. Use of a geomorphological transfer function to model design floods in small hillside catchments in semiarid Tunisia. *Journal of Hydrology* 287, 197-213.

Naweb H., 2014. Changement du comportement des ouvrages en gabion dans le bassin versant d'Oum Zessar. MSc thesis. INAT.

Ouessar M., 2007. Hydrological impacts of rainwater harvesting in wadi Oum Zessar watershed (Southern Tunisia). PhD thesis, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, Ghent, Belgium, 154 pp.

Ouessar M., Bruggeman A., Abdelli F., Mohtar R., 2006. Use of SWAT Model for the Assessment of Land Use Changes in an Arid Watershed of Southeast Tunisia. 14th International Soil Conservation Organization (ISCO) Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, May 14-19.

Ouessar M., Bruggeman A., Mohtar R., Ouerchefani D., Abdelli F., Boufelgha M., 2008. Future of Drylands – An Overview of Evaluation and Impact Assessment Tools for Water Harvesting. *The Future of Drylands*, pp 255-267. Springer.

Ouessar M., Sghaier M., Mahdhi N., Abdelli F., De Graaff J., Chaieb H., Yahyaoui H., Gabriels D., 2004. An Integrated Approach for Impact Assessment of Water Harvesting Techniques in Dry Areas: The Case of Oued Oum Zessar Watershed (Tunisia). *Environmental Monitoring and Assessment* 99, 127-140.

Previati M., Bevilacqua I., Canone D., Ferraris S., Haverkamp R., 2010. Evaluation of soil water storage efficiency for rainfall harvesting on hillslope micro-basins built using time domain reflectometry measurements. *Agricultural Water Management* 97, 449-456.

Rajah A., 2011. Recherche documentaire sur les aménagements de conservation des eaux et du sol. Programme de Soutien à la Coopération Régionale - APQ Méditerranée. Federparchi.

Roose E., 2002. Banquettes mécaniques et techniques traditionnelles de GCES pour la zone méditerranéenne semi-aride de Tunisie. In: Roose E., Sabir M., De Noni G. (eds.), *Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen*. Bulletin Réseau Erosion, 130-154.

Schiettecatte W., Ouessar M., Gabriels D., Tanghe S., Heirman S., Abdelli F., 2005. Impact of water harvesting techniques on soil and water conservation: a case study on a micro catchment in southeastern Tunisia. *Journal of Arid Environments* 61, 297-313.

Schwilch G., Liniger H.P., Hurni H., 2013. Sustainable Land Management (SLM) Practices in Drylands: How Do They Address Desertification Threats? *Environmental Management* 54, 983-1004.

SUMAMAD, 2011. Drylands management in the arid regions of Tunisia. Watershed of Zeuss-Koutine and Bouhdema Biosphere Reserve (Tunisia). Progress Report of Sustainable Management of Marginal Drylands (SUMAMAD) Activities 2011.

Taamallah H., Belgacem A.O., Hamrouni H., Nagaz K., Ouchi H., Lakhdhar H., 2010. Gestion durable des terres en Tunisie bonnes pratiques agricoles. FAO-LADA-WOCAT. Rome. 108 p.

Takatsu H., 2013. A study on evaluation of the hydrological characteristics and agricultural productive potential of a seasonal stream in the arid regions of Tunisia. MSc thesis. Tottori University, Japan.

Temmerman S., 2004. Evaluation of the efficiency of recharge wells on the water supply to the water table in South Tunisia. MSc Thesis. Ghent University, Belgium.

Temple-Boyer É., Richard J.-F., Arnould P., 2007. Segmenter les paysages de l'eau: une méthode pour l'interprétation hydrodynamique des paysages (Dorsale tunisienne). *Science et changements planétaires / Sécheresse* 18, 149-160.

Tobbi B., 1994. Water harvesting: historic, existing and potentials in Tunisia. In FAO, *Water Harvesting For Improved Agricultural Production*. Expert Consultation, Cairo, Egypt 21-25 Nov. 1993, FAO, Rome.

van den Bosch S., Ritsema C., Hessel R., Ouessar M., 2014. Determining the saturated vertical hydraulic conductivity of retention basins in the Oum Zessar watershed, Southern Tunisia. Scientific Report, WAHARA project.

Vidal A. 2001. Case Studies on Water Conservation in the Mediterranean Region. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage. FAO. Rome.

Woodland W., Hill J., 2006. Water management for agriculture in Tunisia: towards environmentally sustainable development. In: Hill J., Terry A., Woodland W. (eds.) Sustainable Development: National Aspirations, Local Implementation. Aldershot, Ashgate, pp. 229- 251.

Yahyaoui H., Chaieb H., Ouessar M., 2002. Impact des travaux de conservation des eaux et des sols sur la recharge de la nappe de Zeuss-Koutine (Médenine: Sud-est tunisien). In: De Graaff J., Ouessar M. (eds.), Water harvesting in Mediterranean zones: an impact assessment and economic evaluation. TRMP paper 40, 71-86. Wageningen University, The Netherlands.

Yahyaoui H., Ouessar M., 2000. Abstraction and recharge impacts on the ground water in the arid regions of Tunisia: Case of Zeuss-Koutine water table. UNU Desertification Series 2, 72-78.



RESEARCH
PROGRAM ON
Dryland Systems

The CGIAR Research Program on Dryland Systems aims to improve the lives of 1.6 billion people and mitigate land and resource degradation in 3 billion hectares covering the world's dry areas.

Dryland Systems engages in integrated agricultural systems research to address key socioeconomic and biophysical constraints that affect food security, equitable and sustainable land and natural resource management, and the livelihoods of poor and marginalized dryland communities. The program unifies eight CGIAR Centers and uses unique partnership platforms to bind together scientific research results with the skills and capacities of national agricultural research systems (NARS), advanced research institutes (ARIs), non-governmental and civil society organizations, the private sector, and other actors to test and develop practical innovative solutions for rural dryland communities.

The program is led by the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), a member of the CGIAR Consortium. CGIAR is a global agriculture research partnership for a food secure future.

For more information, please visit

drylandsystems.cgiar.org

Led by:



In partnership with:

