



XXXI^e COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE

LES ÉCHELLES SPATIALES ET TEMPORELLES FINES

**Actes du colloque organisé à Nice
du mercredi 4 au samedi 7 juillet 2018**

**Éditeur scientifique
Nicolas MARTIN (ESAPCE/UNS)**

ANALYSE DE L'ÉVÉNEMENT PLUVIOMETRIQUE INTENSE DU 11 NOVEMBRE 2017 ET SES EFFETS SUR LE SYSTÈME HYDRAULIQUE DES JESSOUR (SUD-EST TUNISIEN)

BEN OUEZDOU H.¹, ABDERRAHMEN A.², ABBASSI M.^{1,4}, BEN FRAJ T.^{1,3},
CALIANNI M.⁴, FALLOT J.-M.⁴, MILANO M.⁴, REYNARD E.⁴

¹Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis et Laboratoire CGMED, Université de Tunis, hbenouezdou@gmail.com, abassi.med84@gmail.com

²Faculté de Lettres et des Sciences Humaines de Sousse, Université de Sousse, abdelkhalekabderrahmen@yahoo.fr

³Faculté de Lettres et des Sciences Humaines de Sousse, Université de Sousse; Laboratoire CGMED, Université de Tunis, tarek.b.fraj@gmail.com

⁴Institut de géographie et durabilité, Université de Lausanne, emmanuel.reynard@unil.ch, marianne.milano@unil.ch, martin.calianno@unil.ch, jean-michel.fallot@unil.ch, abassi.med84@gmail.com

Résumé : Les 11 et 12 novembre 2017, le sud-est tunisien a connu un événement pluviométrique intense. Les quantités tombées ont, dans plusieurs cas, atteint le total annuel. L'analyse climatique de l'événement démontre le rôle de la circulation azonale de secteur est, source des importantes pluies qui touchent la Tunisie orientale en général, associée à une circulation méridienne de secteur nord. Malgré des intensités horaires des averses faibles à modérées, les importantes quantités de pluies ont eu des effets considérables sur le système hydraulique des Jessour. Dans la région de Zammour, sur le plateau du Dahar, 85 % de ces ouvrages hydro-agricoles observés ont été affectés par ces pluies et 34 % sont devenus non fonctionnels suite à une destruction importante qui a touché une ou plusieurs de leurs composantes.

Mots-clés : sud-est tunisien, aridité, événement pluviométrique intense, Jessour.

Abstract: Analysis of the intense pluviometric event on November 11, 2017 and its effects on the hydraulic system of Jessour (southeast Tunisia). Between November 11 and 12, 2017, the southeastern region of Tunisia experienced an intense rainfall event. Precipitation amounts reached, in many cases, the annual total. The climatic analysis of the event demonstrates the role of the azonal circulation of the eastern sector, source of the heavy rains affecting eastern Tunisia in general, associated with a meridional circulation of the northern sector. Although hourly rainfall amounts were light to moderate, the important amounts of rainfall had considerable effects on the Jessour hydraulic system. In the Zammour region, on the Dahar Plateau, 85 % of these observed hydro-agricultural structures were affected by these rains and 34 % became non-functional following a major destruction affecting one or more of their components.

Key-words: southeast Tunisia, aridity, intense pluviometric event, Jessour.

Introduction

Dans le cadre du projet *Jessour* mené en collaboration entre l'Université de Lausanne et celle de Tunis (Ben Fraj et al. 2016), deux stations météorologiques et de mesure de l'humidité dans le sol de marque HOBO ont été installées dans la région de Zammour sur le plateau du Dahar. Chaque station est dotée d'instruments permettant d'enregistrer la pluviométrie, la température, l'humidité de l'air et le rayonnement solaire, ainsi que de huit capteurs d'humidité dans le sol installés à différentes profondeurs. Le but est de quantifier l'apport des Jessour, ouvrages hydro-agricoles (Ben Fraj et al. 2016), en humidité au niveau du sol par rapport aux quantités de pluies tombées. La première station a été installée dans un ravin aménagé en Jessour (33°15'N-10°11'E, altitude 540 m) faisant partie du sous bassin versant de *Chaabet el Fougania*, affluent de l'oued Zammour. La deuxième, située à environ 130 m à l'est de la première, a été installée dans un ravin non aménagé du même sous bassin. Les deux stations ont enregistré les quantités de pluies tombées dans cette localité. Couplées aux données recueillies à partir des sites internet de l'Observatoire National de l'Agriculture (<http://www.onagri.nat.tn>) et de l'Institut National de la Météorologie (INM), ces données

pluviométriques démontrent l'importance des pluies qui ont touché l'ensemble du sud-est tunisien les 10 et 11 novembre 2017 (un jour de pluie va de 7 h le jour J à 7 h le jour J+1). Des observations de terrain ont permis de relever les manifestations de dégradation subies par les Jessour dans le sous bassin de *Chaabet el Fougania* suite à ces pluies.

1. Analyse climatique de l'événement du 11 novembre 2017

Les événements excessivement pluvieux constituent une des manifestations principales de la variabilité des pluies dans la Tunisie méridionale. Ces cas exceptionnellement pluvieux se sont produits notamment en automne et ils sont souvent associés à une circulation azonale de secteur est (Henia et El Melki, 2000). Le rôle de la Méditerranée est déterminant dans ce type de circulation atmosphérique ; il représente un facteur d'instabilité qui favorise la cyclogenèse (El Melki, 2014). Le cas du 11 novembre 2017 était un peu particulier. La situation atmosphérique, ce jour-là, a été caractérisée par un temps généralement instable sur l'ensemble du territoire tunisien. Cette instabilité est due à une circulation méridienne de secteur nord descendant en plein Sahara. Les flux froids et humides, déviés vers le bassin oriental de la Méditerranée, ont créé des perturbations orageuses intenses sur la plupart des régions de sud-est tunisien.

1.1. Situation synoptique

Aux premières heures du samedi 11 novembre 2017, la situation en surface est marquée par la présence de l'anticyclone des Açores, assez puissant (plus de 1035 hPa), centré sur le proche Atlantique, sur le 45^e parallèle, et s'étendant vers l'est par une dorsale recouvrant toute la péninsule ibérique, une partie de la France et l'Afrique du nord jusqu'au cinquième méridien oriental (fig. 1). Cet anticyclone dirige vers la Tunisie, sur son flanc oriental, un flux d'air froid et humide du secteur nord nord-ouest. Cette circulation méridienne permet à l'air froid de s'écouler profondément sur le Sahara où il se met en contact avec l'air chaud préexistant, contribuant ainsi à la naissance d'un minimum relatif (à peine 1010 hPa) sur l'extrême sud tunisien (vers le 30^e parallèle).

Les conditions en altitude, au niveau de 500 hPa, reflètent celles de la surface. En effet, l'anticyclone des Açores est coiffé par une dorsale barométrique très puissante (plus de 584 gdam). À l'est de cette dernière, une goutte d'air froid (-25°C), s'échappe d'un talweg axé nord-sud le long du 10^e méridien, surmontant la dépression en surface (fig. 1).

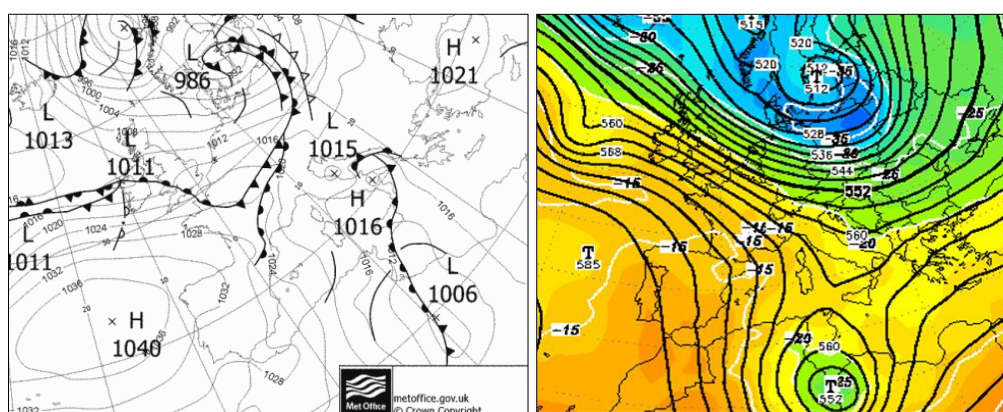


Figure 1. Situation en surface (à gauche) et au niveau de 500 hPa (à droite) du 11/11/2017 à 00 UTC: <http://www2.wetter3.de>

L'importance du gradient thermique et la différence d'hygrométrie entre l'air froid et l'air chaud saharien ont créé une convergence et une cyclogenèse très active. Le passage de cette perturbation a engendré des pluies orageuses sur l'ensemble du sud tunisien. Les quantités de

pluies enregistrées, jusqu'à 7 h de cette journée, sont modérées à localement importantes. Les orages les plus intenses ont intéressé notamment le sud-est (Zarzis 61 mm, Tataouine 41 mm et Médenine 32 mm).

1.2. Evolution de la situation météorologique

Durant la deuxième moitié de la journée du 11 novembre 2017, la crête de haute pression en altitude, tout en se déplaçant lentement vers l'est, permet à l'advection de l'air froid de continuer d'être active dans le sud tunisien. Quant à la dépression en surface et la goutte froide qu'elle surmonte, elles glissent davantage en direction du nord-est le long de la frontière tuniso-libyenne, atteignant le bassin oriental de la Méditerranée au début de la soirée (fig. 2). Il importe de signaler que l'air froid, très actif, ainsi réchauffé par la base sur la Méditerranée devient très instable. Par conséquent, l'air chaud saharien, véhiculé par un courant du sud-est, se trouve rejeté rapidement en altitude au dessus du Golfe de Gabès et du littoral du sud-est tunisien au sein d'un front occlus. Ces conditions favorisent, sous l'effet de l'ascendance rapide, le développement de nuages de type cumuliforme. Ces nuages apparaissent sur les images Meteosat d'une manière remarquable au point triple de la perturbation point où se rejoignent les fronts froid, chaud et occlus (fig. 2).

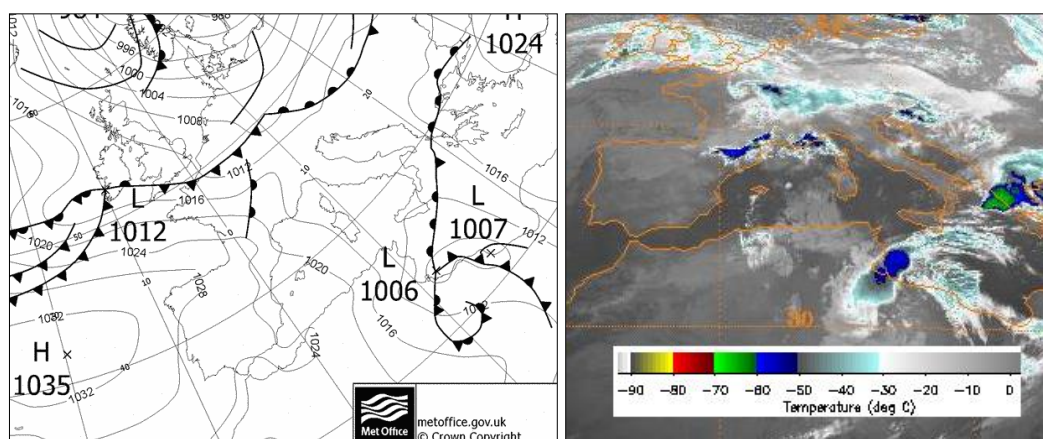


Figure 2. Evolution de la situation météorologique du 11/11/2017 à 18 UTC (À gauche la situation en surface : <http://www2.wetter3.de>; à droite image infrarouge de Meteosat 10 à 18 h 12 mn : <http://www.ncdc.noaa.gov>).

À partir de 18 h, l'orage atteint sa pleine vigueur, donnant naissance à des averses importantes. En quelques heures, des abats d'eaux excessivement copieux sont enregistrés par les stations du sud-est, en particulier le long du littoral entre Gabès et Zarzis et dans la plaine de la Jeffara (fig.3). Le record de 24 h est observé à Ezzarat (sud de Gabès) avec 191 mm. Les précipitations cumulées de 48 h (10 et 11 novembre) sont largement supérieures à 100 mm. C'est ainsi que les stations de Zarzis, Médenine, Jerba et Zammour, recueillent respectivement 195 mm, 184 mm, 167 mm, et 123 mm. Ces volumes d'eau précipitée représentent entre 70 et 100 % de la normale annuelle et entre 5 à 10 fois la normale du mois de novembre. Il est également important de noter que la probabilité d'occurrence des pluies d'intensité 50 mm/j est de 2 à 3 ans dans la plupart des stations du sud-est tunisien. La période de retour se prolonge à plus que 20 ans pour la tranche quotidienne de 100 mm (Abderrahmen, 2009).

Cependant, et en dépit des importantes quantités d'eau précipitées, cet épisode pluvieux est déterminé par des averses d'intensités horaires plus ou moins faibles à modérées dans la plupart des stations. Le hyétogramme relatif à la station installée dans un Jesr (singulier de Jessour) à Zammour montre que l'intensité n'a pas dépassé 13,5 mm/h (fig. 3). Les pluies les plus intenses ont été observées entre 18 h et 20 h le 11 novembre 2017.

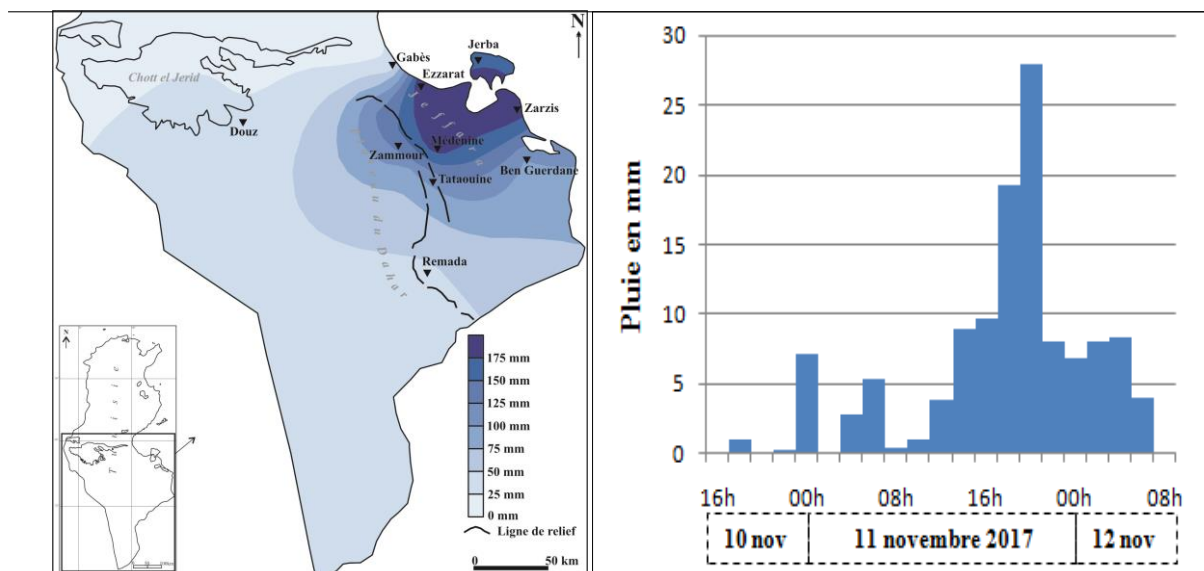


Figure 3. À gauche : cumulo pluviométrique des 10 et 11 novembre 2017. À droite : structure de l'événement pluvieux du 11 novembre 2017 à Zammour (pas de temps 2 h).

2. Impacts de l'événement pluviométrique sur les Jessour

Des observations de terrain ont été menées dans le sous bassin de *Chaabet el Fougania*, quelques jours après ces pluies, pour reconnaître leurs effets sur les Jessour. Ces observations ont intéressé 61 Jessour.

2.1. Contexte général du sous bassin de *Chaabet el Fougania*

Ce sous bassin couvre une superficie de 1,3 km². C'est l'un des affluents de l'amont vallée d'oued Zammour qui coule en direction de l'Ouest en disséquant la surface du plateau. Jusqu'à sa confluence avec Oued Zammour, sa longueur ne dépasse pas 2,1 km. La pente longitudinale forte au départ (17 %) chute rapidement à des valeurs avoisinant 5 %, puis devient très faible près de l'exutoire (0,5 %). Sur les versants, où prennent naissance une multitude de ravins affluents de *Chaabet el Fougania*, les valeurs des pentes varient entre 5 et 22 %. Au niveau de ces versants affleurent des couches géologiques (Cénomaniens) sous la forme d'alternances de bancs d'argile, de marne, de gypse et de calcaire. Au cours des différentes périodes du Quaternaire, ce sous bassin était le siège d'importantes accumulations de sable fin éolien partiellement reprises par le ruissellement et façonnées en glacis et terrasses. C'est l'importance de ces dépôts de sables fins qui explique la densité des aménagements hydro-agricoles en Jessour dans ce sous bassin. Les sables fins constituent le stock sédimentaire qui, repris par le ruissellement et piégés derrière les petits barrages des Jessour, forme les sols cultivables des parcelles.

2.2. Répartition des Jessour et analyse des dégâts observés

Les 61 Jessour observés sont répartis sur l'ensemble du sous bassin. La majeure partie de ces ouvrages (40 Jessour) prennent place en barrant des ravins latéraux par rapport à l'axe de l'écoulement principal sur les pentes fortes. Les 21 autres Jessour prennent une position longitudinale, où les pentes sont plus modérées.

Les observations montrent que 52 Jessour, soit 85 % des ouvrages observés, ont été plus ou moins touchés par les effets du ruissellement généré par les pluies et 9 Jessour seulement (15 %) n'ont pas été touchés. 21 Jessour (35 %) ont été gravement touchés et sont devenus non-fonctionnels, c'est-à-dire qu'ils ne sont plus capables de jouer leur rôle de rétention partielle de

l'eau et des sédiments. Les processus d'atteinte aux différents ouvrages et les manifestations de la dégradation sont multiples.

La destruction partielle ou totale des tabias, petites digues barrant les ravins, construites en terre et renforcées à leur base par des rangées de pierres sèches, et des déversoirs est un phénomène presque généralisé. Mis-à-part les 9 Jessour qui ont résisté, dont le Jesr dans lequel a été installée l'une des stations météorologiques et de mesure de l'humidité (fig. 4), les autres Jessour ont vu l'ouverture de brèches dans leurs tabias et la destruction de leurs déversoirs par démantèlement des culées de pierres sèches destinées à son renforcement ou par incision linéaire transformant le déversoir en rigole. Ce dernier aspect a été, dans la plupart des observations, aggravé par la prolifération de petits ravins grignotant, par érosion régressive, la surface cultivable de la parcelle et conduisant au déchaussement des arbres plantés (fig. 5). Il importe de noter que plusieurs facteurs interviennent dans la fragilisation des tabias avant qu'elles ne soient partiellement détruites par les effets des pluies. Parmi ces facteurs, on cite leur confection à l'aide d'engins mécaniques, pratique presque généralisée dans les travaux d'entretien des Jessour détruits. L'absence de compactage de ces digues en terre les rend vulnérables à l'action du ruissellement qui se développe dès les premières pluies griffant l'avant et le revers des tabias.

Les dégâts qui ont touché les Jessour s'observent également par endroits sous la forme de colmatage partiel des surfaces cultivables. En effet, les déversoirs transformés en rigoles puis en ravins permettent le transit d'importantes quantités de sédiments que le ruissellement étale sur les surfaces cultivables des Jessour situés en aval en formant des petits cônes alluviaux (fig. 6). Ce phénomène a touché la moitié des Jessour observés. L'épaisseur de ces accumulations peut atteindre trois à quatre décimètres. Cela porte la surface du Jesr au même niveau topographique que le déversoir ce qui réduit à néant la rétention de l'eau et favorise un écoulement important capable d'exercer un sapement latéral aux dépens de la tabia et du déversoir.

La suffosion constitue un processus qui entraîne le dysfonctionnement des Jessour bien qu'elle soit un processus très localisé. Son fonctionnement est très lié aux conditions morpho-lithologiques spécifiques ainsi qu'à la manière de conception et de confection du Jesr. Dans le cas repéré, les sables fins piégés par la tabia sont riches en gypse provenant des affleurements cénomaniens sur le versant. L'ouvrage est conçu pour une rétention totale. La stagnation d'une grande quantité d'eau derrière la tabia favorise l'infiltration qui dissout le gypse en créant des « poches » souterraines évoluant en trous de suffosion affectant la surface cultivable et mettant en porte-à-faux une partie de la tabia qui s'apprête à céder.

Les différents processus et manifestations des dégâts en rapports avec les pluies du 11 novembre 2017 ont affecté surtout les Jessour occupant une position latérale par rapport à l'axe principal de l'écoulement. Ce constat s'explique en premier lieu par l'effet de la pente plus importante que celle caractérisant les Jessour longitudinaux.



Figure 4. À gauche : Vue générale vers le nord-est du sous bassin de *Chaabet el Fougania* ; À droite : station installée dans un Jessour à tabia confectionnée manuellement, ce qui lui a permis de résister aux fortes pluies.



Figure 5. Echantre ouverte dans une tabia, prolifération du ravinement dans la surface d'un Jesr et déchaussement des implantations.



Figure 6. Alluvions colmatant partiellement la surface d'un Jesr et culée de pierres sèches démolie par le ruissellement détruisant le déversoir.

Conclusion

Suite à ces importantes pluies, plusieurs Jessour ont été endommagés surtout ceux confectionnés de manière mécanique. Cette analyse pose de nouveau la question de l'entretien et du perfectionnement de la confection de ces ouvrages hydro-agricoles traditionnels après les observations de Bonvallet en 1979 et le travail de Chahbani en 1990. Le volet patrimonial du projet Jessour a parmi ses objectifs d'élaborer une typologie de ces ouvrages et de passer, par une étude morphométrique de leurs composantes, de l'empirisme à la modélisation de leur dimensionnement optimal afin de faire face, avec plus d'efficacité, à ces événements pluviométriques exceptionnels. Ceci permettra aux Jessour de continuer à jouer leur rôle dans le développement durable dans ce domaine aride (Ben Ouezdou, 2000) ainsi que dans l'atténuation des risques liés aux inondations.

Bibliographie

- Abderrahmen A., 2009. *Les intensités des pluies dans la Tunisie orientale*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis, 310 p.
- Ben Fraj T., Abderrahmen A., Ben Ouezdou H., Reynard E., Milano M., Calianno M., Fallot J.-M., 2016. Les Jessour dans le Sud-est tunisien : un système hydro-agricole ancestral dans un milieu aride. *Actes du XXIXe de l'Association Internationale de Climatologie*, Besançon, p 193-198.
- Ben Ouezdou H., 2000. Les aménagements de petite hydraulique dans le Sud Tunisien, un savoir-faire traditionnel au service du développement durable. *Séminaire international* (Hammamet-Tunis), p 45-54.
- 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. *Cah. ORSTOM, Sci. Hum.*, **16** (3), p 233-249.
- Chahbani B., 1990. Contribution à l'étude de la destruction des Jessour dans le sud tunisien. *Revue des Régions Arides*, **1**, p 137-172.
- El Melki T., 2014. *Climatologie dynamique de la Tunisie*. Pub. Université de Manouba, FLAH, 438 p.
- Henia L. et El Melki T., 2000. Circulation de « retour d'Est » et pluies diluviennes sur la Tunisie orientale. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, **vol 13**, p 120-127.