

Mise en place d'un modèle agro-environnemental SWAT sur le bassin versant d'Oued Jir (sud-est tunisien)

F. Abdelli^{1*}, M. Ouessar¹, A. Bruggeman², H. Khatteli¹, R. Ghoudi³ et M. Guied¹

¹ : Institut des Régions Arides (IRA), Route de Jorf Km 22, CP 4119, Médenine - Tunisie.

² : Energy, Environment and Water Research Center (EEWRC),
The Cyprus Institute P.O. Box 27456, 1645 Nicosia - Cyprus

³ : Direction des Ressources en Eau (DRE), Commissariat Régional des Développement
Agricole de Gabès (CRDA) - Tunisie.

* : Auteur correspondant. Tél. : +216 75 63 30 05 ; Courriel : abdelli1@yahoo.fr

RÉSUMÉ

L'objectif général de cette étude est la contribution à l'amélioration des connaissances de la gestion et la protection des ressources en eau pour l'agriculture. L'objectif spécifique est la réalisation d'un bilan d'eau du bassin versant d'Oued Jir en utilisant une version adaptée SWAT-WH (Soil and Water Assessment Tool for Water Harvesting) (Ouessar *et al.*, 2009) qui tient compte des techniques de collecte des eaux spécifiques de la région montagneuse de Matmata (jessour, etc.).

La version adaptée SWAT-WH a été employée avec succès afin de mieux comprendre les comportements hydrologiques historiques et futurs des bassins versants et mieux planifier la production hydrologique dans un contexte de gestion intégrée de l'eau par bassin.

Pour une période de 16 ans (1988 -2004) des données pluviométriques ont été collectées, l'apport d'eau annuel est de 199,5 mm provenant à 100 % de la pluie. Les résultats obtenus, en utilisant la version SWAT-WH, indiquent qu'à travers le bassin d'oued Jir 59% (117 mm) est perdu par évapotranspiration, 21% (42,2 mm) quitte le bassin par écoulement dans l'oued et 20% (39,3 mm) s'infiltré (percolation + infiltration dans le lit d'oued).

Mots clés : bilan d'eau, modélisation hydrologique, SWAT, Jessour.

1-INTRODUCTION

L'eau est présente dans toutes les activités humaines et constitue un atout important dans le développement d'une région. D'autant plus vrai pour les régions arides du sud tunisien comme la zone montagneuse de Matmata, qui connaît des contraintes principalement d'ordre climatique, dont la manque en quantité, la forte variabilité spatiotemporelle de pluie, et la mauvaise gestion des ressources disponibles résultant en des pénuries d'eau.

Il convient par conséquent de gérer les ressources en eau du bassin de façon intégrée afin de garantir la durabilité de l'écosystème. Et cela par la maîtrise de l'eau passant par la connaissance des processus en jeu dans le sol, la plante et l'atmosphère éléments indispensables à la mise en œuvre des projets de développement régional.

L'objectif de cette étude consiste à réaliser le bilan d'eau du bassin versant d'Oued Jir tout en permettant à terme une meilleure connaissance du niveau des ressources en eau du bassin pour une meilleure gestion de ces atouts.

2-MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1-Présentation de la zone d'étude

Le bassin versant d'oued Jir au barrage de Matmata Nouvelle, situé dans la région montagneuse de Matmata au Sud-est tunisien (Figure 1), a une superficie totale de 145,6 Km².

La zone d'étude est constituée d'une seule région naturelle caractérisée par un relief accidenté. Le climat est aride, caractérisé par une précipitation faible, irrégulière et variable dans le temps et l'espace.

La végétation naturelle est composée d'une steppe

à sparte (*Lygeum spartum*) associée à l'alfa (*Stipa tenacissima*) et au romarin (*Rosmarinus officinalis*) et des vestiges d'une ancienne forêt à Genévrier (*Juniperus phoenicea*) alors que l'*Artemisia herba-alba* et l'*Artemisia campestris* occupent les piémonts des Djebels (LOUHICHI, 2004).

Les sols de la région sont principalement des sols minéraux bruts d'érosion qui subissent en permanence l'action de l'érosion hydrique. Ce sont des sols squelettiques caillouteux. Des régosols sur limons à nodules calcaire ont dans certaines zones une

épaisseur importante, 5 à 6 m à Matmata (REGAYA, 1980) et 17 m à Téchine (COUDE-GOUSSEN et al., 1982). Les sols peu évolués d'apport alluvial ont une épaisseur qui dépasse parfois 2 m derrière les jessour, 1 à 1,5 m au bord des talwegs (MTIMET, 1983). Des sols isohumiques sur limons à nodules parfois encroûtés, couverts ou non d'un voile éolien. L'épaisseur dépasse souvent 1,20 m dans des sites favorables et permet à des cultures comme l'olivier, le figuier et quelques céréales de se développer (MTIMET et ESCADAFAL, 1982).

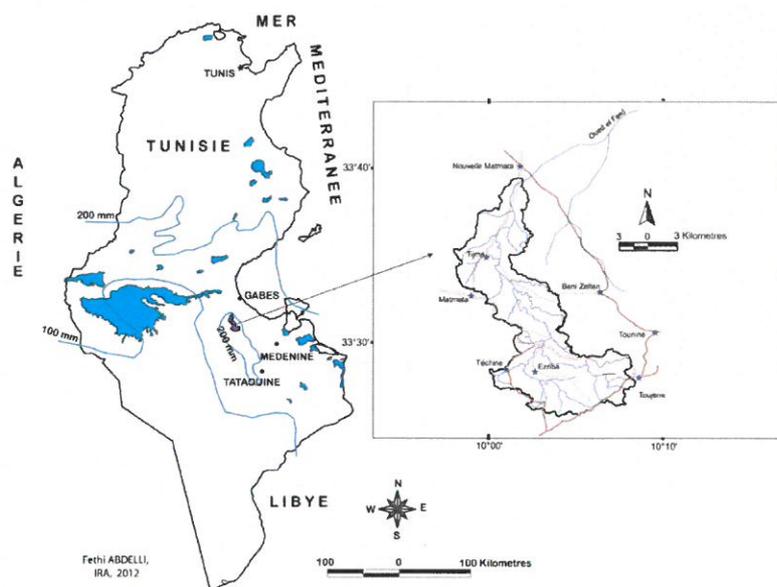


Figure 1 : Carte de localisation de la zone d'étude; bassin versant d'oued Jir.

2.2-Le modèle SWAT « Soil and Water Assessment Tool »

Le modèle SWAT a été développé pour simuler l'impact de modifications du climat ou de l'occupation du sol sur le bilan hydrique d'un bassin. C'est un modèle qui peut être exploité dans une grande gamme d'environnements du fait de l'exhaustivité des processus qu'il prend en compte.

Le modèle SWAT est déterministe, intermédiaire entre une base physique et conceptuelle, distribué et continu, son pas de temps est journalier et il permet la prise en compte d'un grand nombre de processus (dont les infiltrations dans le lit du cours d'eau, les écoulements profonds, la croissance dynamique de la végétation, ...).

2.3-Le modèle SWAT –WH

Le code SWAT a été modifié pour simuler la collecte des eaux de ruissellement derrière les jessour et

les tabias en faisant retour aux Unités Spatiales de Réponse Hydrologique (HRUs) les eaux de ruissellement de surface et l'écoulement latéral généré dans le sous-bassin est arrivant à l'oued. L'option d'irrigation de l'oued dans SWAT a été utilisée pour permettre le contrôle de la quantité d'eau récoltée par les différents HRUs. Cette option permet à l'utilisateur de spécifier la fraction d'eau de ruissellement (FLOWFR) et la hauteur maximale d'eau retenue pour chaque HRU (DIVMAX).

La deuxième modification était l'ajustement des paramètres du module des cultures et les processus pour représenter les systèmes de culture dans les zones arides méditerranéennes. Le modèle SWAT modifié est désigné sous le nom de SWAT-WH. Pour plus de détails sur les modifications des codes de SWAT, voir Ouessar et al., (2009).

2.4-Calibrage et validation du modèle SWAT-WH

Lorsqu'il s'agit de juger la qualité d'une simulation, il faut faire appel à des fonctions objectives ou fonctions de critères qui permettent d'estimer globalement sous forme d'un seul nombre, l'écart entre les sorties calculées et les débits observés.

Dans le cadre de cette étude, on a utilisé dans un premier temps, un critère visuel qui consistait à représenter sur un graphique les valeurs observées des débits en fonction des valeurs simulées. Ensuite, ce critère visuel a été quantifié par la fonction critère de Nash. En effet, plusieurs auteurs le considèrent comme étant la fonction qui permet d'obtenir les meilleurs résultats (Servat et Dezetter, 1990; Dezetter, 1991) et le coefficient le plus souvent utilisé dans les étalonnages du SWAT (Gassman et al., 2007; Ouassar et al., 2009).

Le coefficient de Nash-Sutcliffe indique dans quelle mesure l'ensemble de données observées par rapport aux données simulées est proche de la ligne 1:1. La valeur optimale de l'efficacité du modèle est 1, cependant, on considère qu'un modèle hydrologique donne des résultats acceptables si la valeur du critère de Nash est supérieure à 0,8 (Monfodji, 2004).

Une comparaison des débits simulés et observés est mise en évidence à travers la figure 2.

Le critère de Nash appliqué aux débits, durant la période 1989 - 1992 (Calibrage), donne un coefficient de 0,88; soit une très bonne restitution des débits (Figure 3a). Cependant, la validation du modèle (validation1) confronte à un problème sérieux qui est les faibles débits d'écoulements observés malgré la présence des fortes pluies sur la région comme le cas du 17 octobre 1995 où on a enregistré une pluie qui dépasse les 87 mm à la station pluviométrique de Téchine (station pluviométrique principale pour le bassin versant) et aussi le cas du 24 et 25 janvier 1994 où on a enregistré une pluie qui dépasse les 50 mm aux stations de Téchine, Matmata et Toujène.

Ce problème nous donne un coefficient de Nash très faible (0,32) pour cette période.

Une petite analyse des données d'écoulement d'oued pour des pluies comparable ou même plus faible, avant le 24 janvier 1994 et après le 17 octobre 1995, donnent des écoulements plus proches des valeurs estimées que des valeurs mesurées comme les cas de l'écoulement observé le 22 janvier 1990 (33 mm), le 18 octobre 1995 (30 mm), ou le 20 octobre 1995 (32 mm). Pour cette raison, on a appliqué le critère de Nash sans tenir compte des événements du 24 et 25 janvier 1994 et du 17 octobre 1995. L'élimination de ces trois événements nous donne une très bonne restitution des débits (0,99) pour toute la période (figure 3b).

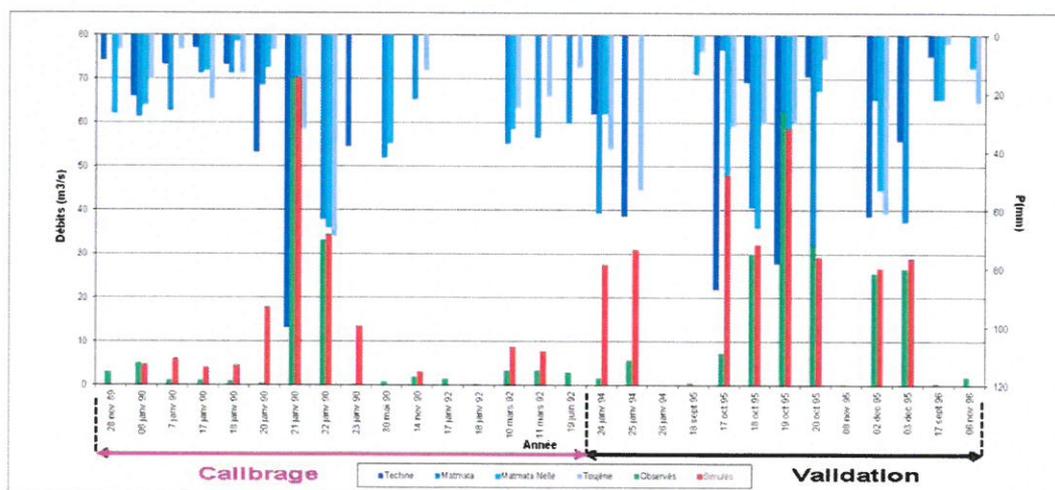


Figure 2 : Mise en évidence des corrélations entre débits simulés et observés

L'observation visuelle confirme la sous-estimation des débits observés pour les jours éliminés (Figure 3a et 3b).

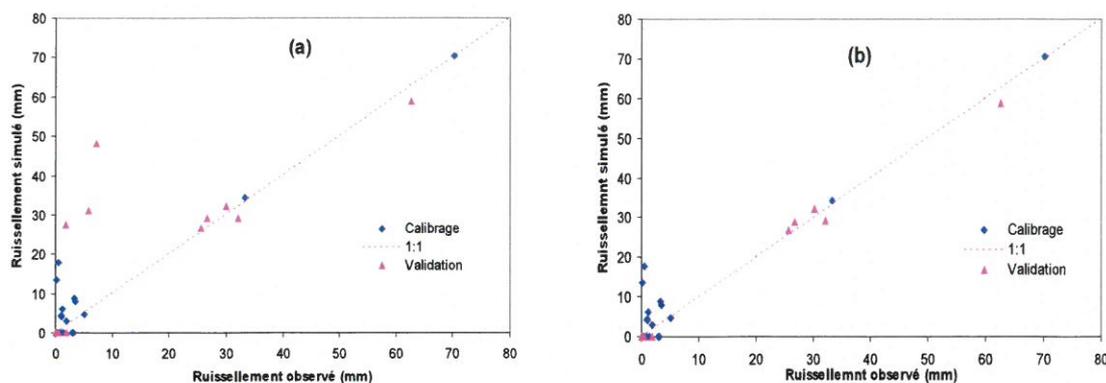


Figure 3 : Ruissellement observé/simulé ((a) toute la période ; (b) sans les événements du 24 -25 janvier 1994 et du 17 octobre 1995).

3-RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1-Bilan d'eau

Pour l'établissement du bilan d'eau, la hauteur d'eau est un paramètre fondamental, d'où l'utilisation de la hauteur de lame d'eau équivalente.

Pour une période de 16 ans (1988 -2004), la moyenne pluviométrique est de 199,5mm. 100 % des débits à l'exutoire provenaient de la pluie. Quant aux sorties, en utilisant la version SWAT-WH, 59 % représentent l'évapotranspiration, 21 % sont évacuées par ruissellement de surface et 20 % se sont infiltrées (percolation + infiltration dans le lit d'oued).

3.2-Discussions et analyses du bilan d'eau

D'après le bilan d'eau global, l'évapotranspiration réelle est le terme le plus dominant avec une valeur de 117 mm (59%). La dominance de ce terme sur le bassin versant d'oued Jir trouve son explication dans le pouvoir évaporant très élevé de l'atmosphère dans la région de Matmata.

Vu la nature de la zone d'étude, dominée par une texture du sol peu perméable (limoneuse et argilo-limoneuse), la présence des fortes pentes du terrain et l'absence des nappes phréatiques dans la zone, on attendait une valeur faible de recharge (percolation + infiltration), toutefois la présence des aménagements de conservation des eaux et du sol, principalement les jessour qui ont pour rôle la rétention des eaux de ruissellement par conséquent favorise l'infiltration et la présence des fissurations, ont favorisés le terme recharge pour atteindre une moyenne de 20% de la pluie.

Malgré que, la pluie est torrentielle, la pente est forte, le terrain peu perméable et dépourvu des barrages

et des lacs collinaires, le coefficient d'écoulement enregistré n'est pas élevé (21%). Cela est dû au nombre élevé des jessour qui ont pour rôle la rétention des eaux de ruissellement et les matériaux de charriage.

Les valeurs de recharge et de ruissellement sous les conditions naturelles du terrain font conclure que l'effet des jessour a été bien restitué par le modèle SWAT-WH.

4-CONCLUSION

Les processus hydrologiques actifs au sein du bassin versant d'oued Jir sont nombreux: ruissellement de surface, évapotranspiration, infiltration, percolation, ... avec la présence des jessour, il en résulte un fonctionnement complexe. Puisque certains termes ne pouvaient pas être mesurés directement, il était nécessaire d'utiliser la modélisation hydrologique.

Le modèle hydrologique SWAT-WH utilisé dans le cadre de cette étude parait le plus complet possible, de ce fait, on tente d'intégrer un maximum de paramètres afin de recréer au mieux les conditions qui prévalent dans un milieu naturel tel qu'un bassin versant en milieu aride.

La mise en œuvre de ce modèle a donné des résultats acceptables et sûrement intéressants surtout qu'il a bien restitué l'effet des jessour. Il a montré l'importance de l'évapotranspiration et la faiblesse de ruissellement dans le cycle hydrologique de ce bassin versant. Cela traduit que le bassin versant d'oued Jir est marqué par un net déficit hydrique.

Les résultats obtenus restent donc un état des lieux pour les décideurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Coude-Gaussen G., Mosser C., Rognon P., Tourenq J. (1982) : Une accumulation de loess du Pléistocène Supérieur dans le Sud-Tunisien : la coupe de Téchine. *Bull. Soc. Géol. France*, 24: 2: 283-292.
- Dezetter A. (1991) : *Modélisation globale de la relation pluie débit. Application en zone de savane soudanaise (Nord- Ouest de la Côte d'Ivoire)*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier II. 422 p.
- Gassman P. W., Reyes M., Green C. H., Arnold, J. G. (2007) : The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Directions, CARD Working Paper 07-WP 443, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.
- Louhichi M. (2004) : *Aménagement intégré du bassin versant d'oued Beni Zelten (Mont des Matmatas)*. PFE - pp80.
- Monfodji, P.S. (2004) : *Comparaison de deux outils de modélisation hydrologique au pas de temps mensuel. Essai d'application dans un contexte opérationnel avec peu voire pas de données hydro-pluviométriques. Application au Burkina Faso*. Mémoire de fin d'études EIER. 206 p.
- Mtimet A, Escadafal R. (1982) : Carte des ressources en sols de la Tunisie, au 1 :200 000, Feuille de Médenine. Ministère de l'Agriculture, DRES, Division des sols.
- Mtimet A. (1983) : *Contribution à l'étude pédologique des limons des Matmata (Sud Tunisien)*.Thèse 3ème Cycle, Univ. Paris VI, 183 p. + annexes, 7 cartes.
- Ouassar M., Bruggeman A., Abdelli F., Mohtar R. H., Gabriels D. and Cornelis W. M. (2009) : Modelling water-harvesting systems in the arid south of Tunisia using SWAT. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 13, 2003 -2011.
- Regaya K. (1980) : *Etudes sédimentologiques des limons des Matmatas*. DEA, Géologie des formations sédimentaires. Diplôme d'études approfondies, Univ. Provence, France, 43 p.
- Servat E. et Dezetter A. (1990) : Sélection de critères numériques de calage dans le cadre d'une modélisation pluie-débit en zone de savane soudanaise. *Hydml. Continent.*, ml. 5, no 2: 147-165.

