

## Quantification des apports liquides et solides dans le lac collinaire d'El Hnach en Tunisie

### [ Quantification of the liquid and solid contributions in the hilly lake of El Hnach in Tunisia ]

*Olfa HAJJI<sup>1</sup>, Sahar ABIDI<sup>1</sup>, Taoufik HERMASSI<sup>2</sup>, Hamadi HABAIEB<sup>2</sup>, and Mohamed Mahjoub RAOUF<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Département de Génie rural: Eaux et Forêts,  
Institut National Agronomique de Tunisie, Tunis-Mahrajène, Tunisie

<sup>2</sup>Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, 1004 Tunis, Tunisie

<sup>3</sup>Département Hydraulique et Aménagement,  
Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural de Medjez El Bab, Bèja, Tunisie

---

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** We proposed in this research to analyze and quantify the evolution of liquid and solid contributions and to study the hydrological behavior of hill lake El Hnach. Watershed El Hnach is located in semi-arid zone of the Tunisian Dorsal (Siliana), instrumented since 1993, control an area of 385 hectares and a perimeter of 9 Km index overall slope is 0.028, corresponding to strong relief, makes the sensitive watershed erosion. Lake El Hnach had a total initial storage capacity of 77400 m<sup>3</sup>. This lake has lost 18770 m<sup>3</sup>, or 24% for a period of 4 years of existence. It loses 6.06 % of the storage capacity per year. According to hydrological analysis, the behavior of El Hnach follows three phases: the first to fall before soil tillage and high wetting, the second spring for soil with vegetation cover and moderately contaminated and the third for low soil moistened with a partially degraded plowing.

**KEYWORDS:** Runoff, siltation, Tunisian Dorsal, hydrological analysis, lifetime.

**RESUME:** Nous nous sommes proposé dans cette recherche d'analyser et de quantifier l'évolution des apports liquides et solides d'une part et d'étudier le comportement hydrologique du lac collinaire El Hnach d'autre part. Le bassin versant El Hnach, se situe en zone semi-aride de la Dorsale Tunisienne (Siliana), instrumenté depuis 1993, contrôle une superficie de 385 ha et un périmètre de 9 Km. L'indice de pente global est de 0,028, correspondant à un relief fort, rend le bassin versant sensible à l'érosion. Le lac collinaire El Hnach avait une capacité initiale totale de stockage de 77400 m<sup>3</sup>. Ce lac a perdu 18770 m<sup>3</sup>, soit 24% pour une durée d'existence de 4 ans. Soit une perte de 6.06 % de la capacité de stockage par an. D'après l'analyse hydrologique, le comportement d'El Hnach suit trois phases : la première automnale pour des sols avant labours et à forte humectation, la deuxième printanière pour des sols avec couvert végétal et moyennement humectés et la troisième pour des sols faiblement humectés avec un labour partiellement dégradé.

**MOTS-CLEFS:** Ruissellement, envasement, Dorsale Tunisienne, analyse hydrologique, durée de vie.

## 1 INTRODUCTION

Le souci majeur des tunisiens, demeure la conservation des eaux et des sols qui représentent les biens les plus précieux d'un patrimoine national et les facteurs d'un développement harmonieux du pays. Dans le but de conserver cette richesse,

une stratégie des mobilisations de ressources en eaux durant les deux décennies, a comporté, entre autre, la construction d'un millier de lacs collinaires. La mise en œuvre a été confiée à la Direction générale de l'aménagement et de la conservation des terres agricoles (D/C.E.S, devenue DG/A.C.T.A). Une attention particulière a été donnée aux lacs collinaires car ils s'ensavent plus rapidement que les barrages collinaires et les grands barrages et en plus ils sont généralement situés en amont des grands ouvrages hydrauliques. Leur protection contre l'ensablement engendre nécessairement la protection des autres ouvrages en aval.

Dans le cadre de la convention signée en 1990 entre la Direction de la Conservation des Eaux et du Sol (D/CES) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), un suivi du comportement des lacs collinaires a été assuré. Une trentaine de lacs ont été sélectionnés pour constituer un réseau d'observations représentatif de la majorité des lacs construits en zone semi-aride, dans la Dorsale Tunisienne parmi lesquels le lac collinaire d'El Hnach qui se révèle comme le bassin le plus représentatif de la Dorsale [1].

Or l'utilisation des eaux d'un lac collinaire dépend tout d'abord du remplissage de la retenue par le ruissellement sur son bassin versant mais aussi de l'érosion des sols, qui contribue à réduire la capacité de stockage de la retenue au fil des ans. Pour choisir la capacité initiale d'une retenue artificielle, il faut donc tenir compte à la fois de la capacité au ruissellement du bassin versant mais aussi de sa capacité à l'érosion afin de sur-dimensionner la retenue en fonction de l'importance des apports solides au lac collinaire qui, en se déposant dans la retenue, réduisent progressivement sa capacité de stockage [2]. A cette fin, nous présentons dans le présent travail une méthode permettant d'évaluer le ruissellement et l'érosion des sols du bassin versant d'El Hnach à partir des informations collectées par la DG/ACTA et l'IRD.

## 2 CARACTÉRISTIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le bassin versant El Hnach, situé dans la partie centrale de la Dorsale Tunisienne. Il appartient à l'Immatat Es Seija Délégation de Siliana-Sud, Gouvernorat de Siliana. Le bassin-versant d'El Hnach se trouve entre Jbel Bargou, à l'Est, et la haute plaine du Siliana, à l'Ouest, sa situation est typiquement « collinaire » et répond bien à l'image que l'on se fait des paysages méditerranéens subarides. Il se situe entre 9°26' / 9° 28' est et 36°4' / 36°5' nord, instrumenté depuis 1993, contrôle une superficie de 385 ha. La zone d'étude est sous un climat semi-aride avec un régime pluviométrique caractérisé par une certaine irrégularité interannuelle et des pluies à caractère orageux [3]. L'irrégularité de la pluviosité s'exprime par des oscillations à la fois saisonnières et interannuelles. Sa lithologie est caractérisée par une alternance de calcaire et de marne. L'occupation des sols est constituée de 56% de sols exploités en parcours, 40% en cultures annuelles et le reste en jachère.

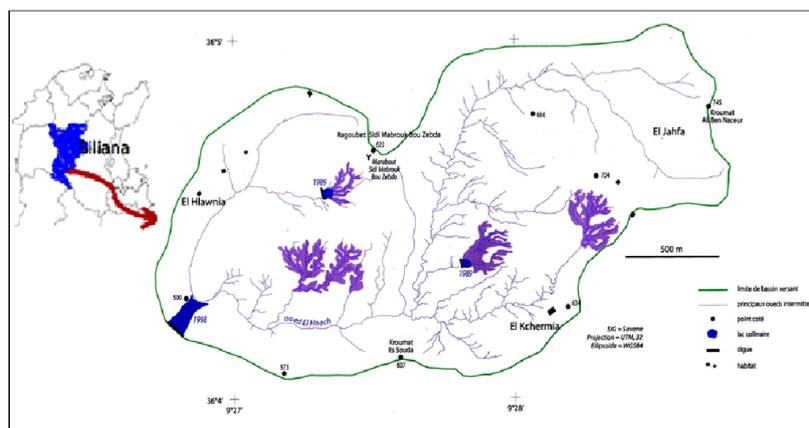


Fig. 1. Localisation du bassin versant d'El Hnach

## 3 ÉTUDE HYDROLOGIQUE

Le bassin-versant El Hnach est drainé par un réseau hydrographique long de 103,8 Km. L'oued principal et ses principaux affluents ont un écoulement intermittent qui s'effectue selon une direction SSE-NNO. L'écoulement est alimenté en hiver par de nombreuses sources. Les sources temporaires prennent naissance dans le cours moyen de l'oued principal (3,7 Km de longueur) et dans les deux affluents se trouvant respectivement rive droite et rive gauche. A l'embouchure de la retenue collinaire existe une source pérenne. De ce fait, le lac est toujours en eau [4].

Le bassin-versant d'El Hnach est équipé par une retenue régulièrement suivi dans le cadre du réseau de surveillance des lacs collinaires de la Dorsale Tunisienne. La retenue d'El Hnach a été mise en eau en 1992.

Les observations pluviométriques et hydrométriques ont commencé en janvier 1993 sur le lac d'El Hnach et elles ont été arrêtées en juillet 2003 en raison de son envasement. Un pluviographe et un pluviomètre ont été installés à l'exutoire du bassin, sur la digue du barrage.

### 3.1 ANALYSE HYDROLOGIQUE À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT

L'étude des relations pluie-ruissellement intègre toutes les composantes du système superficiel. Chaque bassin-versant est défini principalement par sa superficie topographique, son réseau hydrographique, ses sols, ses états de surface et sa végétation. Toutes ces composantes jouent un rôle sur le fonctionnement hydrologique du bassin-versant.

Pour caractériser le fonctionnement hydrologique du bassin-versant El Hnach, nous avons considéré les principaux critères suivants :

- la perméabilité des sols suivant deux classes, imperméable et moyennement imperméable,
- l'altitude du bassin versant qui fournit l'indication sur l'éventualité de chute de neige en période froide,
- l'aménagement antiérosif des bassins versant suivant trois classes : non aménagé, peu aménagé (superficie aménagée inférieure à 10 %), et bien aménagé (superficie aménagée supérieure à 30 %),
- l'occupation des sols sous trois formes (cultures, parcours et forêt), l'importance de chaque forme étant quantifiée par son pourcentage de recouvrement à l'échelle des bassins.

### 3.2 ANALYSE HYDROLOGIQUE À L'ÉCHELLE DE L'ÉVÈNEMENT

Dans notre cas d'étude, nous sommes intéressés par les relations globales pluie-ruissellement à l'échelle du bassin versant El Hnach. Deux échantillons d'évènements pluvieux ont été pris en considération : des averses avec ruissellement pour étudier le ruissellement et des averses sans ruissellement pour nous informer d'une part sur l'aptitude du bassin-versant à l'infiltration et plus particulièrement sur les intensités de pluie limites du ruissellement et d'autre part sur l'aptitude du bassin-versant à la rétention des eaux superficielles.

Les principaux évènements pluvieux qui ont été pris en considération ainsi que les variables et les paramètres des observées sur le bassin-versant El Hnach pour la période 1995 à 2002.

Les relations suivantes sont à définies [5]:

Des relations linéaires entre la lame ruisselée et la pluie à l'échelle de l'évènement :

$$Lr = Ar (P - P_0) \quad (1)$$

Où : Ar est le coefficient de croissance de la lame ruisselée en fonction de la pluie.

P<sub>0</sub> est un paramètre de position qui règle l'importance de la pluie susceptible de ruisseler.

P : la pluie de ruissellement qui représente la capacité d'absorption du bassin versant avant le ruissellement.

Dans notre cas d'étude, la lame ruisselée est déterminée par la formule suivante:

$$Lr = V_s / A \quad (2)$$

Où : V<sub>s</sub> : Volume stocké dans le lac collinaire (m<sup>3</sup>).

A : Surface du bassin-versant El Hnach (m<sup>2</sup>).

Des relations exponentielles décroissantes entre la pluie limite de ruissellement et l'indice d'antériorité des pluies IK :

$$P_0 = \gamma . e^{-\beta . IK} \quad (3)$$

Où : β est la vitesse exponentielle de P<sub>0</sub> en fonction de IK.

γ: la valeur initiale de la pluie limite de ruissellement en début saison des pluies (IK=0). Le bassin versant El Hnach se distingue par sa forte capacité de rétention en début de saison des pluies, cette capacité de rétention est probablement due à l'existence d'un petit barrage en amont de la retenue, celui-ci ayant tendance à stocker en priorité les ruissellements en début de saison des pluies.

Des relations linéaires entre le coefficient de croissance du ruissellement et l'indice d'antériorité des pluies IK :

$$Ar = a.IK + b \tag{4}$$

L'indice d'antériorité de la pluie étant défini comme suit [6] :

$$IK_j = \alpha.IK_{j-1} + P_{j-1} \tag{5}$$

Où :  $IK_j$  est l'indice d'antériorité de la pluie du jour  $j$ , exprimé en mm,  
 $P_{j-1}$  est la pluie du jour  $j-1$ , exprimée en mm,  
 $\alpha$  est un coefficient de décroissance ( $\alpha = 0,7$ ) de  $IK$  en fonction du temps.

Les relations exponentielles décroissantes entre l'intensité de pluie limite du ruissellement au pas de 30 mn et l'indice d'antériorité des pluies  $IK$ .

$$IL = IL_0 . e^{-\delta . IK} \tag{6}$$

Où :  $IL_0$  est l'intensité de pluie limite de ruissellement pour un sol sec ( $IK=0$ ), exprimé en mm/h,  
 $\delta$  : un coefficient de décroissance exponentielle de  $IL$  en fonction de  $IK$ , exprimé en  $mm^{-1}$ .

### 3.2.1 RELATIONS ENTRE LAME RUISSELÉE ET LA PLUIE

La figure 2 présente la répartition de la lame ruisselée  $L_r$  en fonction de la pluie  $P$  enregistrée sur le bassin-versant El Hnach, on remarque qu'il est possible d'ajuster la totalité des valeurs observées entre deux droites.

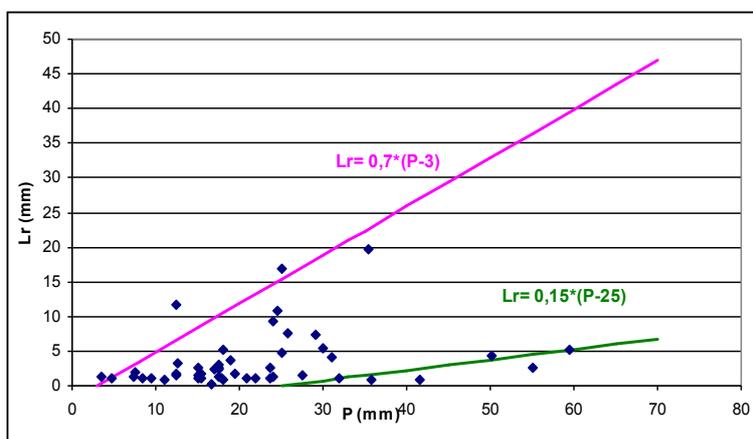


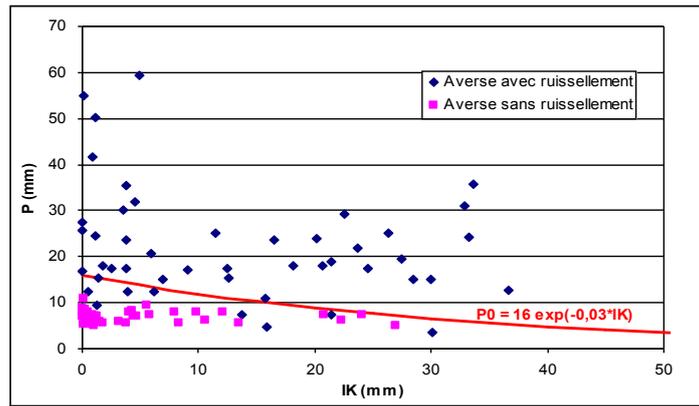
Fig. 2. Variation de la lame ruisselée  $L_r$  en fonction de la pluie  $P$  sur le bassin versant El Hnach

Il ressort de la figure 2 que, pour les crues dont le ruissellement est supérieur à 3 mm, la relation pluie-ruissellement semble être limitée par deux droites :

- une droite de ruissellement maximal :  $L_r = 0,7*(P - 3)$ ,
- une droite de ruissellement minimal :  $L_r = 0,15*(P - 25)$ .

### 3.2.2 VARIATION DU PARAMÈTRE DE RÉTENTION AVEC L'INDICE D'ANTÉRIORITÉ DES PLUIES

Pour avoir une relation entre la pluie limite de ruissellement  $P_0$  et l'indice d'antériorité des pluies  $IK$ , nous avons illustré sur la figure 3 les valeurs de la pluie de chaque averse en fonction de  $IK$ . La séparation des événements avec ruissellement de ceux sans ruissellement est matérialisée par une courbe. Les averses qui engendrent des ruissellements se situent au-dessus de cette courbe, tandis que celles sans ruissellement s'y trouvent au-dessous.



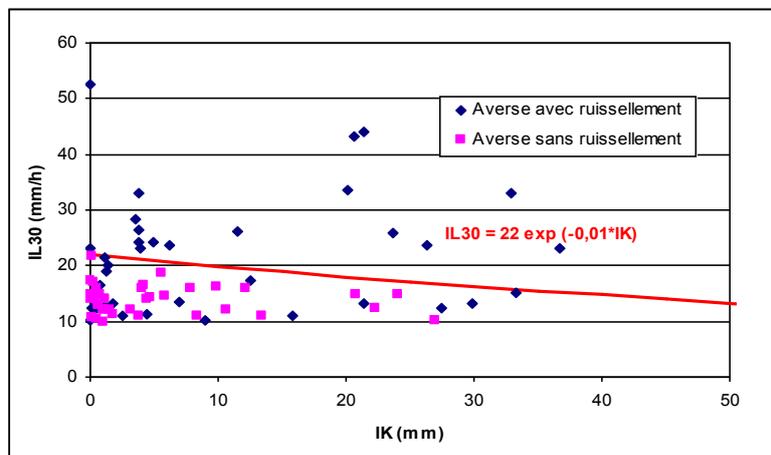
**Fig. 3.** Variation de la pluie limite de ruissellement  $P_0$  en fonction de l'indice d'antériorité de pluie  $IK$  sur le bassin versant El Hnach.

On constate que la courbe qui sépare les deux types d'évènements suit une forme exponentielle décroissante :  $P_0 = 16 * \exp(-0,03 * IK)$ . On peut en déduire que lorsque le sol est sec ( $IK = 0$  mm), la pluie nécessaire pour engendrer un ruissellement doit être supérieure à 16 mm, tandis que pour un sol humide ( $IK = 30$  mm) la moindre pluie de 5 mm déclenche le ruissellement.

En analysant les valeurs de l'indice d'antériorité des pluies qui correspondent aux évènements à ruissellement maximal et aux évènements à ruissellement minimal, on remarque que la droite de ruissellement maximal correspond à de forts indices d'antériorité des pluies ( $IK > 20$  mm) alors que la droite de ruissellement minimal correspond à des indices d'antériorité des pluies relativement faibles ( $IK < 10$  mm) en début de saison des pluies ou après les labours d'automne.

**3.2.3 RELATIONS ENTRE LE COEFFICIENT DE CROISSANCE DE LA LAME RUISSELÉE ET L'INTENSITÉ DE LA PLUIE À UN PAS DE TEMPS DE 30 MM**

Les variations de l'intensité de pluie limite de ruissellement  $IL_{30}$  au pas de temps 30 mn, en fonction de l'indice d'antériorité de pluie  $IK$  sont reportées sur la figure 4.



**Fig. 4.** Variation de l'intensité limite de ruissellement  $IL_{30}$  au pas de temps de 30 mn, en fonction de l'indice d'antériorité de pluie  $IK$  sur le bassin versant El Hnach.

On constate, pour les deux types d'averses ruisselantes ou non, que la variation de l'intensité limite de ruissellement  $IL_{30}$  en fonction l'indice d'humidité du sol puisse suivre une forme exponentielle décroissante :  $IL_{30} = 22 * \exp(-0,01 * IK)$  malgré que les nuages de points ne sont pas nettement séparés surtout pour les intensités inférieures à 20 mm/h.

De plus, on remarque que pour des sols humides ( $IK > 30$  mm), l'intensité nécessaire au ruissellement ne dépasse pas 15 mm/h, alors que pour des sols secs ( $IK = 0$  mm), l'intensité de pluie doit être supérieure à 22 mm/h pour provoquer un ruissellement.

Pour définir la variation du coefficient de croissance du ruissellement en fonction de l'intensité de la pluie au pas de temps 30 mn sur le bassin versant El Hnach, nous avons mis en relation le rapport de la lame ruisselée  $L_r$  et de la différence entre la pluie  $P$  et la pluie limite de ruissellement  $P_0$ . Cette pluie est calculée à partir de la relation suivante :  $P_0 = 16 \cdot \exp(-0,03 \cdot IK)$  avec l'intensité maximale des averses sur un pas de temps de 30 mn. Le coefficient  $A_r$  est donné par la formule précédente :  $L_r = A_r (P - P_0)$ .

Nous avons éliminé les valeurs aberrantes de  $A_r$  pour lesquelles la pluie observée est inférieure à la pluie limite de ruissellement ( $P < P_0$ ) et les valeurs anormalement fortes de  $A_r$  ( $> 0,8$ ) qui correspondent à des pluies faibles. Ces anomalies sont probablement dues à une mauvaise connaissance de la pluie moyenne à l'échelle du bassin versant.

On sait bien que le bassin versant El Hnach est peu aménagé et partiellement cultivé (43 % de sa superficie cultivée et 56 % en parcours). Il est caractérisé par un fonctionnement peu différent d'une saison à l'autre et les faibles valeurs de coefficient de croissance de la lame ruisselée en fonction de la pluie ( $A_r \leq 0,7$ ) semblent dues à des valeurs faibles de l'intensité de pluie ( $I_{30} < 10$  mm/h pour les averses non ruisselantes).

La figure 5 donne les variations de croissance du ruissellement  $A_r$  en fonction de l'intensité de la pluie au pas de 30 mn.

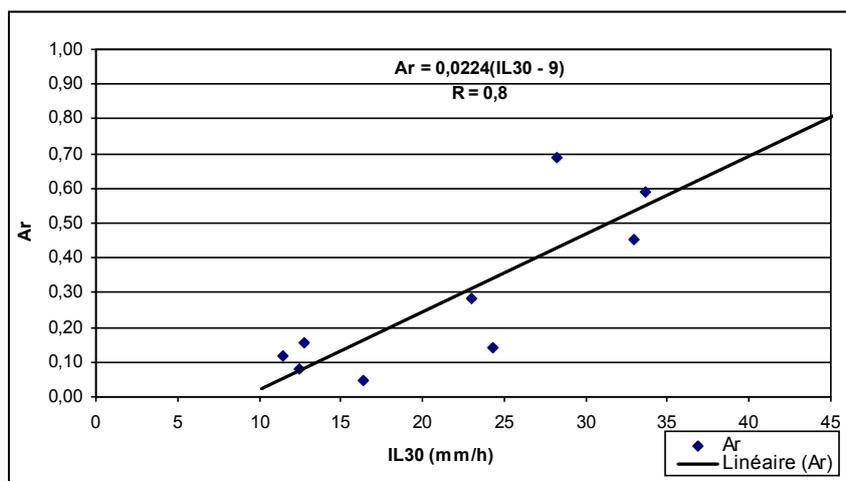


Fig. 5. Variation du coefficient de croissance du ruissellement en fonction de l'intensité de la pluie au pas de temps 30 mn sur le bassin versant El Hnach.

La relation entre la variation de croissance du ruissellement  $A_r$  en fonction de l'intensité de la pluie au pas de temps de 30mn est de la forme suivante:  $A_r = 0,0224(IL_{30}-9)$ .

Nous avons reporté sur la figure 6, les valeurs de l'intensité limite de ruissellement  $IL_{15}$  au pas de temps de 15 mn en fonction de l'indice d'antériorité de pluie  $IK$  tout en distinguant les événements qui ruissellent de ceux qui ne ruissellent pas.

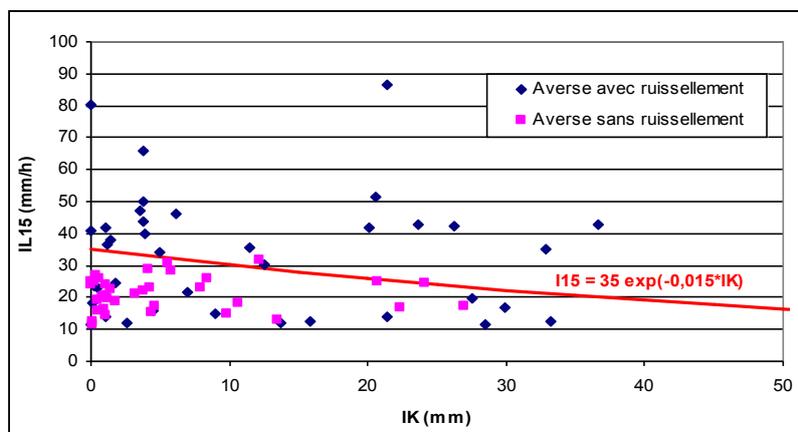


Fig. 6. Variation de l'intensité limite de ruissellement  $IL_{15}$  au pas de temps de 15 mn, en fonction de l'indice d'antériorité de pluie  $IK$  sur le bassin versant El Hnach

La courbe qui sépare ces deux types d'événements suit une forme exponentielle décroissante :  $IL15 = 35 \exp(-0,015 \cdot IK)$ .

On peut en déduire que pour des sols humides qui ont des fortes valeurs de IK ( $IK > 20 \text{ mm}$ ), l'intensité nécessaire au ruissellement ne dépasse pas  $25 \text{ mm/h}$ , alors que pour des sols secs ( $IK = 0 \text{ mm}$ ), l'intensité de pluie doit être supérieure à  $35 \text{ mm/h}$  pour provoquer un ruissellement.

Finalement on peut conclure que pour des sols humides, la moindre intensité de pluie déclenche le ruissellement, tandis que pour des sols secs, il faut une forte intensité.

### 3.2.4 CHOIX DES CRUES REPRÉSENTATIVES DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT D'EL HNACH

D'après l'analyse hydrologique précédente, 6 événements ont été choisis en tenant compte des phases suivantes du bassin versant El Hnach [7]:

Une première phase automnale pour des sols avant labours et à forte humectation, les crues du 22/09/1995 et 22/10/2000, qui correspondent respectivement à des indices d'antériorité des pluies de 26,30 et 33,24 mm et à des cumuls pluviométriques tombés après les labours de 275,5 mm et 330,5 mm.

Une seconde phase printanière pour des sols avec couvert végétal et moyennement humectés, les crues du 10/05/1996 et 07/05/2002, qui correspondent respectivement à des indices d'antériorité des pluies de 3,49 et 11,5 mm et à des cumuls pluviométriques tombés après les labours de 30 mm et 25 mm.

Une troisième phase pour des sols faiblement humectés avec un labour partiellement dégradé, les crues du 23/12/1997 et 17/03/2002, qui correspondent respectivement à des indices d'antériorité des pluies de 1,09 et 0,15 mm et à des cumuls pluviométriques tombés après les labours de 46,5 mm et 81,4 mm.

Le tableau 1 présente les principales caractéristiques de ces crues : la pluie observée, la lame ruisselée sur le bassin versant ( $L_r$ ), l'indice d'antériorité des pluies de type Kohler (IK) et l'intensité maximale des averses en 30 mn ( $I_{30}$ ).

Tableau 1. Caractéristiques des crues représentatives du bassin versant El Hnach

	Date de crue	Etat d'humectation	Pluie (mm)	$L_r$ (mm)	$Q_p$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	IK (mm)	$I_{30}$ (mm/h)
1 <sup>er</sup> phase	22/09/1995	Forte	275,5	17	5,90	26,30	23,74
	22/10/2000	Forte	330,5	9,4	9,70	33,24	15,20
2 <sup>ième</sup> phase	10/05/1996	moyenne	30	5,5	3,05	3,49	28,24
	07/05/2002	moyenne	25	4,7	9,87	11,5	26,04
3 <sup>ième</sup> phase	23/12/1997	Faible	46,5	4,4	2,23	1,09	12,72
	17/03/2002	Faible	81,4	2,6	1,27	0,15	12,48

## 4 PREDETERMINATION DES APPORTS LIQUIDES ET SOLIDES

Les mesures bathymétriques et topographiques d'un lac collinaire permettent d'établir périodiquement les variations de la surface du plan d'eau et du volume d'eau stocké en fonction de la hauteur d'eau (cote aux échelles limnimétriques). Elles permettent également de déterminer le volume de vase stocké dans la retenue depuis sa construction [2].

Afin d'établir des relations entre les volumes sédimentés et les volumes ruisselés, il est apparu nécessaire de calculer les volumes ruisselés sur le même intervalle de temps que les volumes sédimentés. Ces derniers étant déterminés sur la base des levés bathymétriques et topographiques, nous avons donc calé nos calculs des volumes ruisselés sur les intervalles de temps séparant deux levés bathymétriques et topographiques successifs.

Les apports enregistrés en 1995/1996 représentent 188 % par rapport à la moyenne, ceux ruisselés en 1994/1995 ne représentent que 6 % de la moyenne soit  $7060 \text{ m}^3$ . Ces apports se caractérisent par une grande variation interannuelle.

**Tableau 2.** Variation interannuelle du volume des apports dans le bassin-versant d'El Hnach entre 1994 et 2001.

Année hydrologique	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02
Volume écoulé (m <sup>3</sup> )	7060	214620	186250	127810	100560	40288	108496	75711
% par rapport à la moyenne	6,16	187,4	162,6	111,6	87,8	35,16	94,7	66,1

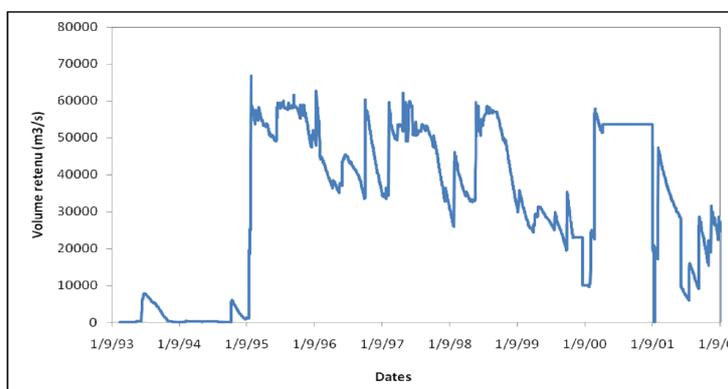
La variation interannuelle du volume ruisselé est directement liée à l'intensité et à la fréquence des phénomènes de crues. En effet, le volume de la crue survenue le 9/9/1996 représente 62 % du volume total écoulé en 1996/1997, celle de 26/5/2000 représente 40 % du ruissellement enregistré en 1999/2000. En outre, le débit spécifique moyen écoulé au cours de la période 1994/2000 est de 4,1 m<sup>3</sup>/s par Km<sup>2</sup>. Cependant, des variations interannuelles se dégagent. Le débit spécifique maximal a été observé en 1996/1997 avec 10,4 m<sup>3</sup>/s par Km<sup>2</sup> alors qu'en 1998/1999, le débit spécifique n'atteint que 0,253 m<sup>3</sup>/s par Km<sup>2</sup>.

La retenue a disposé d'une capacité initiale de 77400 m<sup>3</sup> et présente les caractéristiques suivantes :

**Tableau 3.** Caractéristiques de la retenue collinaire d'El Hnach

Volume initial au déversement (m <sup>3</sup> )	Hauteur de la digue (m)	Longueur de la digue (m)	Largeur de la digue (m)
77220	9,85	62	9,3

Le volume d'eau retenu dans le lac collinaire El Hnach ne dépasse pas 10000 m<sup>3</sup> qu'après trois ans de son mis en exploitation. Ceci nous justifie la présence de quatre crues seulement considérables dans la période 1992 – 1996 et précisément à l'année 1995 [3].



**Fig. 7.** Taux du remplissage du lac collinaire El Hnach de l'année 1992 à 2002

L'estimation de la masse des sédiments de principales crues de l'année hydrologique 1995/1996 sont données par le tableau ci-dessous.

**Tableau 4.** Estimation de la masse des sédiments (1992 –Mai 1996)

Date de la crue	Pluie (mm)	Masse des sédiments (tonnes)
13/09/1995	22.0	11537
17/09/1995	18.0	5142
20/09/1995	17.5	12817
22/09/1995	21.0	20034
<b>Total</b>		49530

Le volume des sédiments est calculé en utilisant une densité apparente des sédiments de 1,5 tonnes/m<sup>3</sup>.

**Tableau 5. Volume de sédiments sans tenir compte du déversement pour le volume simulé**

Année de la création	1992
Dernière mesure d'envasement	Mai 1996
Volume initiale (m <sup>3</sup> )	77400
Volume restant (m <sup>3</sup> )	58630
Volume des sédiments observé (m <sup>3</sup> )	18770

On peut calculer par la suite les masses des sédiments déversés au niveau du lac :

$$M = V_d * C_s \quad (7)$$

Avec,

M : Masse du sédiment (ton)

V<sub>d</sub> : Volume d'eau déversé (m<sup>3</sup>)

C<sub>s</sub> : Concentration des eaux déversées (ton/m<sup>3</sup>)

La concentration des volumes déversés est presque la même (varie de 280 g/l à 300 g/l), donc pour un volume total déversé 72090 m<sup>3</sup> et une concentration moyenne 0.29 kg/l, on a une masse des sédiments de 20906 tonnes.

Le lac collinaire El Hnach avait une capacité initiale totale de stockage de 77400 m<sup>3</sup>. Ce lac a perdu 18770 m<sup>3</sup>, soit 24% pour une durée d'existence de 4 ans. Soit une perte de 6.06 % de la capacité de stockage par an. On remarque que la durée de vie du lac Collinaire El Hnach face à l'envasement est 16 ans. La vitesse de colmatage de la retenue collinaire est de 4692,5 m<sup>3</sup>/an pour la période de 1992/1996.

## 5 CONCLUSION

L'objectif de ce travail a été l'analyse du comportement hydrologique et la quantification des apports liquides et solides du lac collinaire El Hnach situé en zone semi-aride de la Dorsale Tunisienne.

L'étude a été faite sur le bassin versant d'El Hnach qui contrôle une superficie de 385 ha et a un périmètre de 9 Km, instrumenté depuis 1993, sa lithologie est caractérisée par une alternance de calcaire et de marne. L'occupation des sols est caractérisée par un pourcentage d'environ de 56% de sols exploités en parcours, 40,2% en cultures annuelles et le reste en jachère. L'indice de pente global est de 0,028 qui correspondent à un relief fort.

Le bassin versant d'El Hnach est caractérisé par un fonctionnement peu différent d'une saison à l'autre. On conclut qu'il comporte trois phases principales au cours de la saison agricole qui ont été choisies selon : l'état de sol, son degré d'humectation et son couvert végétal. On peut en déduire que le comportement du bassin versant d'El Hnach suit trois scénarios, dont chacun comporte événements :

- Une première phase automnale pour des sols avant labours et à forte humectation, les événements du 22/09/1995 et 22/10/2000, qui correspondent respectivement à des indices d'antériorité des pluies de 26,30 et 33,24 mm et à des cumuls pluviométriques tombés après les labours de 275,5 mm et 330,5 mm.

- Une seconde phase printanier pour des sols avec couvert végétal et moyennement humectés, les événements du 10/05/1996 et 07/05/2002, qui correspondent respectivement à des indices d'antériorité des pluies de 3,49 et 11,5 mm et à des cumuls pluviométriques tombés après les labours de 30 mm et 25 mm.

- Une troisième phase pour des sols faiblement humectés avec un labour partiellement dégradé, les événements du 23/12/1997 et 17/03/2002, qui correspondent respectivement à des indices d'antériorité des pluies de 1,09 et 0,15 mm et à des cumuls pluviométriques tombés après les labours de 46,5 mm et 81,4 mm.

D'après l'analyse hydrologique étudiée, on conclut que le bassin versant d'El Hnach se distingue par sa forte capacité de rétention au début de la saison de pluie. Lorsque le sol est sec (IK = 0 mm), pour engendrer un ruissellement la pluie nécessaire doit être supérieure à 16 mm, tandis que pour un sol humide (IK = 30 mm) la moindre pluie de 5 mm déclenche le ruissellement.

Le lac collinaire El Hnach avait une capacité initiale totale de stockage de 77400 m<sup>3</sup>. Ce lac a perdu 18770 m<sup>3</sup>, soit 24% pour une durée d'existence de 4 ans. Soit une perte de 6.06 % de la capacité de stockage par an. On remarque que la durée de vie du lac Collinaire El Hnach face à l'envasement est 16 ans. A partir de ces chiffres, la profondeur moyenne de la retenue est passée de 3,02 m lors de la réalisation du lac à 2,32 m en 2001. Le déversoir de la retenue a été endommagé suite aux divers déversements au moment des crues de l'année 1998. Mais il faut noter que la période suivante et précisément 2003 s'est caractérisées par des averses très importantes qui ont réduit la durée de vie du lac.

### REMERCIEMENTS

Je tiens à présenter mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à ceux qui ont contribué à la réduction de cet article : Doctorante Sahar ABIDI, Ingénieur docteur Taoufik Hermassi, Professeur Hamadi HABAIEB et Professeur M<sup>ed</sup> raouf Mahjoub.

### RÉFÉRENCES

- [1] Khébour, Labiadh, Richard & Temple, (2002). L'eau et le paysage, une typologie des petits bassins-versants de la Dorsale Tunisienne. *Etude préliminaire*. IRD Tunis, 15p.
- [2] Lamachère J-M., Boufaroua M., Guermazi L. et Habaieb H. "Predetermination of water and sediments supplies in the little artificial lakes in the Tunisian mountains range", 14<sup>th</sup> *International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, pp 1-16, 2006.*
- [3] HAJJI O., ABIDI S., HEMASSI T., MAHJOUB MR., HABAIEB H. "Influence of spatio-temporal variability of soil surface states on the watershed hydrology behavior. Case study of El Hnach watershed (Tunisian semi-arid)", *International Research Journal of Public and Environmental Health* Vol.1 (3), pp 63-69, April 2014.
- [4] Rebaï H. "Etude de l'érosion et de l'évolution des paysages par l'élaboration d'un système d'information géographique cas du bassin-versant d'El Hnach (Siliana, Tunisie)", Mémoire de mastère, 125p, 2006.
- [5] Mahjoub M.R. "Identification des mécanismes de ruissellement dans un bassin versant méditerranéen : application des modèles hydrologiques au bassin versant de Béni Atta, Tunisie", Thèse de Doctorat, 1999.
- [6] Hermassi T. "Paramétrisation des modèles hydrologiques à base physique sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne", Thèse de Doctorat en sciences agronomiques de l'Institut National Agronomique de Tunisie, 263p, 2010.
- [7] Hajji O. "Analyse et compréhension du comportement hydrologique du bassin versant (El Hnach) en zone semi-aride de la Dorsale Tunisienne (Siliana) par un modèle à base physique spatialisé (OpenFLUID) ", Mémoire de mastère de recherche en ressources en eaux, 87p, 2011.
- [8] Lamachère J-M., Boufaroua M., Guermazi L. et Habaieb H. "Predetermination of water and sediments supplies in the little artificial lakes in the Tunisian mountains range", 14<sup>th</sup> *International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech, Morocco, pp 1-16, 2006.*