

# PRÉDÉTERMINATION DES APPORTS LIQUIDES ET SOLIDES DANS LES LACS COLLINAIRES DE LA DORSALE TUNISIENNE

J.-M. LAMACHERE\*, M. BOUFAROUA\*\*,  
L. GUERMAZI\*\*\* et H. HABAIEB\*\*\*

\* Mission IRD, B.P. 434, 1004 El Menzah 4, Tunis ; jean-marie.lamachere@ird.fr

\*\* Ministère de l'Agriculture, DG ACTA, D CES, 30 rue Alain Savary, 1002 Tunis ;  
mboufaroua@yahoo.fr, aly\_deba@yahoo.fr

\*\*\* Institut national agronomique de Tunisie, INAT ; Hbaieb.hamadi@inat.agrinet.tn

## Abstract

*In the Central Tunisia area, since 1994, a hydrological pilot network was created with 24 little artificial lakes. These lakes have been equipped with electronics recorders to measure the water stages of the lakes and the rainfall intensities. Observers have been recruited to measure daily water stages of the lakes, daily depths of rainfall and evaporation and to note the releases. With bathymetrical and topographical measures, it was possible to draw up the filling curves, which have changed with the silting up in the pools from one year to another.*

*On a yearly scale, water supplies in the little artificial lakes, represented by the runoff depth ( $L_r$  stated by mm) can be calculated from the rainfall depth ( $P$  stated by mm) with a linear relation in that form:  $L_r = A (P - P_0)$ , where  $A$  is the coefficient of runoff growth in ratio to rainfall depth and  $P_0$  a position parameter which sets the annual water retention of the soils and of the antierosive improvements of the basin.*

*With the physical (topography, lithology) and anthropogenic (cultivated areas, anti-erosive improvements) analysis of the catchments, it is possible to show that the catchments from which the runoff coefficients are the greatest ( $A > 0.30$ ) correspond to catchments with steep or average slopes, on marls and clays, extremely cultivated but no equipped with antierosive laying out. The catchments from which the runoff coefficients are lowest ( $A < 0.05$ ) correspond to catchments with average and low slopes, partly on hard rocks (limestone or sandstone) with reforestation. The value of the position parameter ( $P_0$ ) depends both on the area covered by the contour ridges constructions and on the type of clays forming the soils of the catchments. The shrinking soils contribute strongly to the growth of the position parameter up to 300 and 350 mm.*

*The analysis of the relations between the sediments volumes settled in the pools and the runoff volumes from the catchments, corresponding to these sediments volumes, has pointed out the existence of five groups of catchments with average wash loads varying from 6 g/l to 110 g/l (with an average sediments density taken*

equal to 1.3). The average slope of the catchments and the location of the crumbly rocks on the steep or average slopes are the two deciding criteria to determine the wash load of the runoff volumes.

**Keywords :** *Water and Sediments Supplies ; Little Artificial Lakes ; Tunisian Mountains Range.*

## INTRODUCTION

Un lac collinaire est une retenue artificielle d'un volume variant de quelques dizaines de milliers à un million de mètres cubes, pour des bassins versants d'une superficie allant de quelques centaines à deux milliers d'hectares (Boufaroua *et al.*, 2000). Il est créé par la construction d'un petit barrage en terre d'une dizaine de mètres de hauteur, dont la longueur varie de 100 m à 300 m.

Afin de dimensionner ces ouvrages, en tenant compte à la fois du ruissellement et de l'érosion des sols, nous présentons dans cet article une méthode permettant d'évaluer les apports liquides et solides des petits bassins versants de la Dorsale tunisienne et du Cap Bon à partir des informations collectées par la DG ACTA et l'IRD (D CES-ORSTOM 1994-1999 ; DG ACTA-IRD 2000-2003) sur le réseau pilote des lacs collinaires de ces deux régions et d'une connaissance sommaire des caractéristiques physiques et anthropiques des bassins versants, basée sur l'utilisation de documents cartographiques (topographie et géologie), photographiques (occupation des sols et aménagements antiérosifs en banquettes ou forêts).

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1. Détermination des apports liquides

En période de crue, le bilan hydrologique d'un lac collinaire prend la forme suivante :

$$\Delta V = (V_r + V_p) - (V_d + V_{vid})$$

Cette simplification du bilan hydrologique d'un lac collinaire suppose qu'en période de crue l'infiltration, les apports souterrains, l'évaporation et les usages de l'eau sont négligeables devant les autres termes du bilan. Pour un lac collinaire situé à l'exutoire d'un petit bassin-versant, cette hypothèse se vérifie parfaitement.

### 2.2. Détermination des apports 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.

Au cours de l'année 1998-1999, le tonnage apporté par l'oued El Gameh au barrage de Kamech a été estimé à 10 000 tonnes, alors que le tonnage exporté par le déversoir et la vanne de fond à 10 tonnes. On peut donc considérer, par

analogie aux observations effectuées sur le barrage de Kamech, que, lorsque le barrage n'est pas trop envasé, le tonnage exporté par déversement ou vidange peut être négligé devant le tonnage sédimenté dans la retenue.

### 2.3. Relations entre les lames ruisselées et les pluies annuelles

Pour mettre en relation les lames ruisselées entrant dans les lacs collinaires et les pluies annuelles tombées sur les bassins versants, nous avons supposé que cette relation était linéaire, de la forme :  $Lr = A(P - P_0)$ , où  $Lr$  est la lame d'eau ruisselée annuellement sur le bassin versant,  $A$  est un coefficient de croissance de la lame ruisselée en fonction de la pluie,  $P$  est la pluie annuelle tombée sur le bassin versant et  $P_0$  un paramètre de position. Dans cette relation,  $A$  exprime l'aptitude annuelle moyenne des sols au ruissellement et  $P_0$  l'aptitude du bassin versant à la rétention.

### 2.4. Relations entre les volumes sédimentés et les volumes ruisselés

Sur un ensemble comprenant 25 lacs collinaires, nous avons pu déterminer 20 relations directes entre volumes sédimentés et volumes ruisselés. Ces relations sont du type :  $V_{séd} = B \cdot Vr$ , où  $V_{séd}$  est le volume des sédiments déposés dans la retenue sur un intervalle de temps variant généralement de deux à trois ans et, parfois, de quelques mois,  $Vr$  le volume ruisselé sur le même intervalle de temps,  $B$  étant un coefficient sans dimension qui représente la teneur moyenne en sédiments des eaux ruisselées et qui, multiplié par 1 300 (en supposant que la densité des vases est de l'ordre de 1,3), s'exprime en grammes par litre.

### 2.5. Caractéristiques biophysiques et anthropiques des bassins versants

La caractérisation topographique des bassins versants a été réalisée en utilisant les cartes au 1/50 000, disponibles sur la plupart des sites. Nous avons utilisé comme critère principal l'indice global de pente, exprimé en  $m \cdot km^{-1}$ , égal au rapport de la dénivelée entre les altitudes qui laissent 5 % au-dessus et au-dessous d'elles et la longueur du rectangle équivalent, rectangle de même superficie et de même périmètre que le bassin versant.

La caractérisation géologique des bassins versants a été faite en utilisant les cartes géologiques de Tunisie au 1/50 000 ou au 1/200 000. Sur chaque carte géologique, ont été relevées les superficies occupées par chaque formation, en leur attribuant une dominante dure lorsque la formation était calcaire ou gréseuse et une dominante tendre lorsque la formation était sableuse, marneuse, marno-calcaire ou argileuse.

Nous avons déterminé, sur chaque bassin-versant, les pourcentages de la superficie du bassin versant recouverte par les cultures, les parcours, les aménagements en banquettes et les forêts. Parmi les ouvrages hydrauliques de CES, les aménagements les plus répandus dans la Dorsale tunisienne sont les banquettes à rétention totale ou partielle. Ces ouvrages sont nettement visibles sur les photographies aériennes et jouent un rôle important sur les volumes ruisselés et, par conséquent, sur les transports solides à l'échelle des petits bassins versants. Les reboisements sont, eux aussi, bien identifiés sur les photographies

aériennes et jouent un rôle important, réduisant considérablement le ruissellement et l'érosion.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'analyse des caractéristiques physiques et anthropiques des bassins versants permet de classer les bassins versants (Ksibi, 2002) en :

- 4 classes de relief dans l'ordre décroissant de leur pente moyenne (P1, P2, P3, P4) ;
- 4 classes lithologiques dans l'ordre croissant d'importance des argiles et des marnes sur le bassin versant (L1, L2, L3, L4) ;
- 4 classes de mise en culture dans l'ordre croissant d'importance des cultures sur le bassin-versant (C1, C2, C3, C4) ;
- 4 classes d'aménagement antiérosif (banquettes et forêts) dans l'ordre croissant d'importance des aménagements (A1, A2, A3, A4).

Le croisement de ces classifications avec celle du paramètre de rétention (P0) du bassin versant montre que :

- $100 \text{ mm} < P0 < 150 \text{ mm}$  correspond à des bassins versants sans banquettes ni réservoirs amont, où les roches dures couvrent une partie notable du bassin versant (plus de 20 % de la superficie) ;
- $150 \text{ mm} < P0 < 200 \text{ mm}$  correspond à des bassins versants sans banquettes ou peu de banquettes (couverture inférieure à 20 %) sur pentes fortes et sols argileux ou marneux peu affectés par les phénomènes de retrait et gonflement ;
- $200 \text{ mm} < P0 < 250 \text{ mm}$  correspond à des bassins versants avec banquettes sur pentes moyennes à faibles ou à des bassins versants sans banquettes sur sols argileux ou marneux moyennement affectés par le retrait (couverture inférieure à 20 %) ;
- $250 \text{ mm} < P0 < 300 \text{ mm}$  correspond à des bassins versants sur sols à argiles gonflantes couvrant 20 % à 40 % de la superficie du bassin-versant ;
- $P0 > 300 \text{ m}$  correspond à des bassins versants cultivés à plus de 75 % sur sols à argiles gonflantes (plus de 40 % de la superficie du bassin versant).

Le croisement des classifications physiques et anthropiques avec celle du coefficient de croissance du ruissellement (A) en fonction de la pluie montre que :

- $A < 0,05$  correspond à des bassins versants à pente moyenne à faible, moyennement à peu cultivés, où les roches dures couvrent une partie assez notable du bassin versant (plus de 20 % de la superficie) ;
- $0,06 < A < 0,10$  correspond à des bassins versants à moyenne à forte, où les sols, cultivés sur plus de 50 % de la superficie du bassin, possèdent une bonne capacité d'infiltration (teneur en argiles modérée pour les sols bruns calcaires) ;

- $0,11 < A < 0,15$  correspond à des bassins versants à forte pente, où les sols possèdent une assez bonne capacité d'infiltration, soit en raison de la bonne couverture végétale (forêts, garrigue dense), soit en raison d'une teneur en argiles modérée (sols bruns calcaires) ;
- $0,16 < A < 0,30$  correspond à des bassins à pente moyenne à forte sur marnes et argiles (plus de 60 % de la superficie du bassin), peu cultivés ou moyennement cultivés ;
- $A > 0,30$  correspond à des bassins versants à pente moyenne à forte, très cultivés (plus de 75 % de la superficie du bassin versant) sur argiles ou marnes (plus de 60 % de la superficie du bassin).

Le croisement des classifications physiques et anthropiques avec celle du coefficient B de turbidité moyenne des volumes ruisselés fournit les résultats suivants :

- $B < 0,008$  (10 g/l) correspond à des bassins versants à pente moyenne à faible, couverts dans une proportion notable de roches dures (plus de 20 % de la superficie du bassin), aménagés sur plus de 40 % de leurs superficies (banquettes ou forêts) ;
- $0,009 < B < 0,017$  (11 g/l à 20 g/l) correspond à des bassins versants à pente moyenne, couverts dans une proportion notable de roches dures (plus de 20 % de la superficie du bassin), peu ou pas aménagés ;
- $0,018 < B < 0,033$  (21 g/l à 40 g/l) correspond à des bassins à pente forte, couverts dans une proportion notable de roches dures (plus de 20 % de la superficie du bassin), peu ou pas aménagés ;
- $0,034 < B < 0,067$  (41 g/l à 80 g/l) correspond à des bassins à pente forte, sur marnes et argiles (plus de 70 % d la superficie du bassin-versant) ;
- $0,068 < B < 0,10$  (81 g/l à 120 g/l) correspond à des bassins à forte pente, sur marnes et argiles (plus de 70 % d la superficie du bassin-versant) et très cultivés (plus de 75 % de leurs superficies).

## CONCLUSION

La prédétermination des apports liquides et solides aux lacs collinaires est donc possible à partir des seules caractéristiques pluviométriques (pluie annuelle médiane), physiques (pente moyenne, lithologie) et anthropiques (mise en culture, aménagements forestiers, banquettes) des bassins versants. Cette prédétermination, malgré son imprécision, peut permettre aux projeteurs de fixer l'ordre de grandeur des apports liquides et solides d'un petit bassin de la Dorsale tunisienne ou du Cap Bon, et ainsi de déterminer le volume initial d'un réservoir, compte tenu non seulement des apports liquides prévisibles mais également des risques d'envasement de la retenue.

Il est possible d'améliorer la précision de ces estimations en réalisant des cartographies plus précises de la lithologie des bassins versants, de leurs aménagements en banquettes et des sols nus et, en augmentant le nombre des

critères, par l'analyse de la structure des formations géologiques relativement à la pente et aux axes de drainage, par la cartographie des ravines.

### **Références bibliographiques**

BOUFAROUA M., ALBERGEL J., PEPIN Y., 2000. Bilan de l'érosion sur les petits bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne. V<sup>th</sup> International Conference on the geology of the Arab World (GAW-5), Le Caire, 21 au 24 février 2000.

D CES-ORSTOM (1996, 1997), D CES-IRD (1999, 2000), DG ACTA-IRD (2001, 2002). *Annuaire hydrologiques des lacs collinaires. Réseau pilote de surveillance hydrologique*. Année 1994-1995, mars 1996, 140 pp. ; Année 1995-1996, février 1997, 184 pp. ; Année 1996-1997, décembre 1997, 200 pp. ; Année 1997-1998, mars 1999, 208 pp. ; Année 1998-1999, février 2000, 202 pp. ; Année 1999-2000, mars 2001, 201 pp. ; Année 2000-2001, avril 2002, 175 pp.

KSIBI F., 2002. *Étude quantitative de l'envasement des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne*. Projet de fin d'étude du cycle ingénieur de l'ESIER. Medjez El Bab, 71 pp.



## EFFICACITÉ DE LA GESTION DE L'EAU ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS EN MILIEUX SEMI-ARIDES

*Sous la direction de :*

**Eric ROOSE**

**Jean ALBERGEL**

**Georges DE NONI**

**Abdellah LAOUINA**

**Mohamed SABIR**

# EFFICACITÉ DE LA GESTION DE L'EAU ET DE LA FERTILITÉ DES SOLS EN MILIEUX SEMI-ARIDES

Actes de la session VII  
organisée par le Réseau E-GCES de l'AUF  
au sein de la conférence ISCO de Marrakech (Maroc),  
du 14 au 19 mai 2006

Sous la direction de

**Eric ROOSE, Jean ALBERGEL, Georges DE NONI  
Abdellah LAOUINA et Mohamed SABIR**



Copyright © 2008 Éditions des archives contemporaines et en partenariat avec l'Agence universitaire de la Francophonie (AUF).

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit (électronique, mécanique, photocopie, enregistrement, quelque système de stockage et de récupération d'information) des pages publiées dans le présent ouvrage faite sans autorisation écrite de l'éditeur, est interdite.

Éditions des archives contemporaines  
41, rue Barrault  
75013 Paris (France)  
Tél.-Fax : +33 (0)1 45 81 56 33  
Courriel : info@eacgb.com  
Catalogue : www.eacgb.com

---

ISBN : 978-2-914610-76-6

**Référence bibliographique :**

Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M., Laouina A., 2008., *Efficacité de la GCES en milieu semi-aride*, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris : 425 pages

**Crédit iconographique de la couverture :**

Oued Rhéraya, *Haut-Atlas : terrasses permettant de reconstituer des sols dans le lit majeur, d'irriguer des pentes fortes grâce aux seguias et fertiliser le sol en place autours d'un village.*

**Avertissement**

Les textes publiés dans ce volume n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs. Pour faciliter la lecture, la mise en pages a été harmonisée, mais la spécificité de chacun, dans le système des titres, le choix de transcriptions et des abréviations, l'emploi de majuscules, la présentation des références bibliographiques, etc. a été le plus souvent conservée.