

# **Contribution à l'évaluation des aménagements antiérosifs dans le bassin versant de l'Ourika, Haut Atlas.**

**Houndodé D.J., Sabir M. & Khattabi A.**

**Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs.**



# Plan

1

• INTRODUCTION

2

• PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

3

• METHODOLOGIE

4

• RESULTATS ET DISCUSSIONS

5

• CONCLUSION

6

• RECOMMANDATIONS



# INTRODUCTION

BV de  
l'Ourika

Phénomènes torrentiels

Aménagements  
antiérosifs

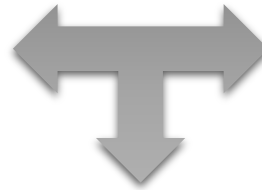
Fréquentes, dévastatrices et catastrophiques dont la dangerosité résulte de leur soudaineté et leur rapidité ne laissant pas beaucoup de temps pour réagir.

17 Août 1995 : **289 morts** et 15 millions de dollars US perdus

- **Correction torrentielle** : seuils en pierres sèches, en gabion et en maçonnerie cimentée;
- **Traitement biologique appliqué** : reboisement, amélioration sylvopastorale et régénération.



# INTRODUCTION



Evaluer l'efficacité des aménagements de lutte antiérosive réalisés sur le comportement hydrologique du BVO.

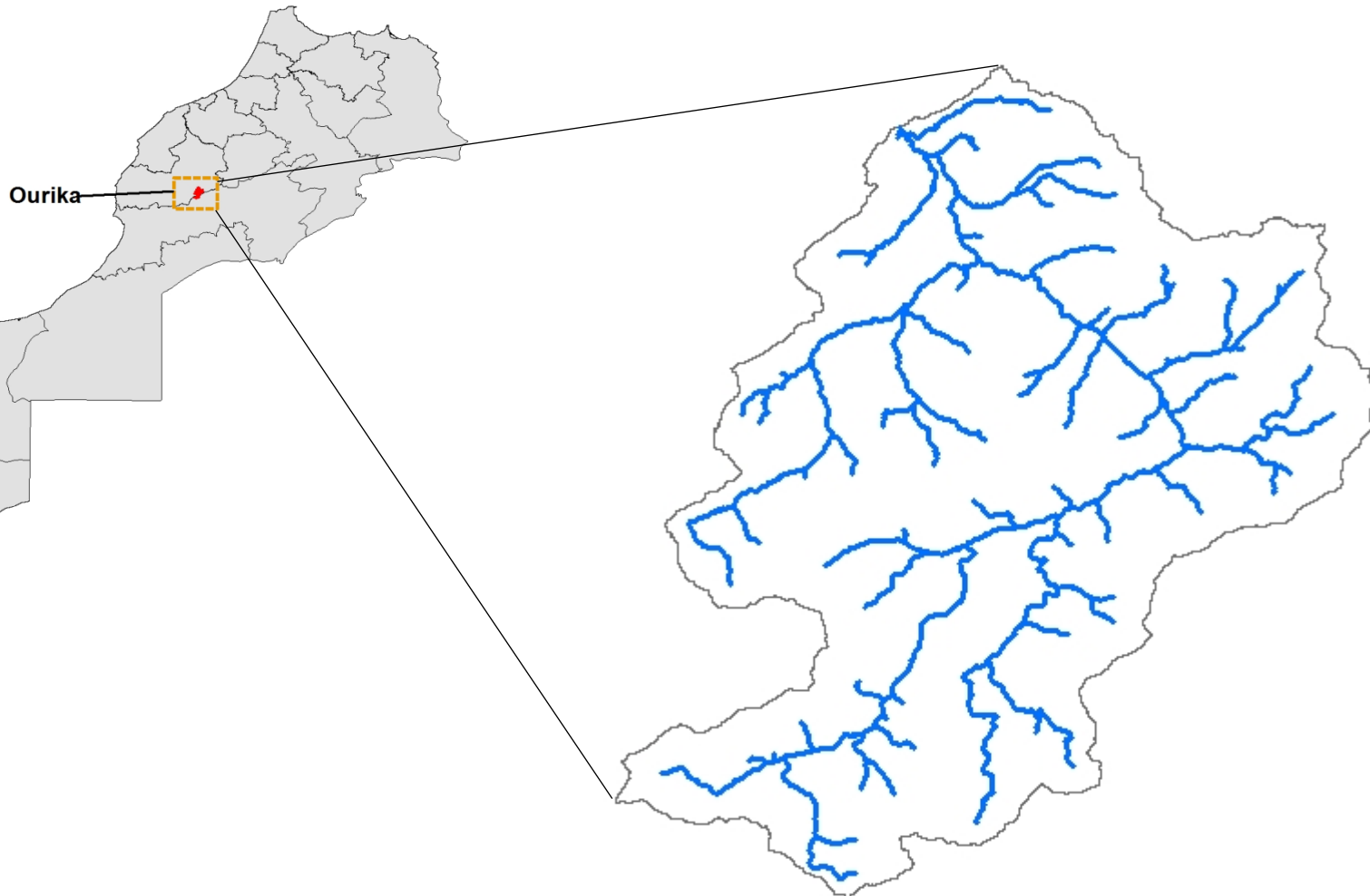
Objectifs spécifiques :

Déterminer l'effet de ces aménagements sur l'hydrologie du BVO;

Evaluer l'efficacité des ouvrages de protection contre les risques de crues.



# Présentation de la zone d'étude





# Présentation de la zone d'étude

Environnement propice au développement de fortes crues

Climat : semi-aride tempéré à subhumide frais

Pluviométrie : 500 mm/an avec orages très fréquents entre juillet et octobre

Relief très accidenté avec des variations brusques d'altitudes

Pentes fortes, avec une moyenne de 35%.

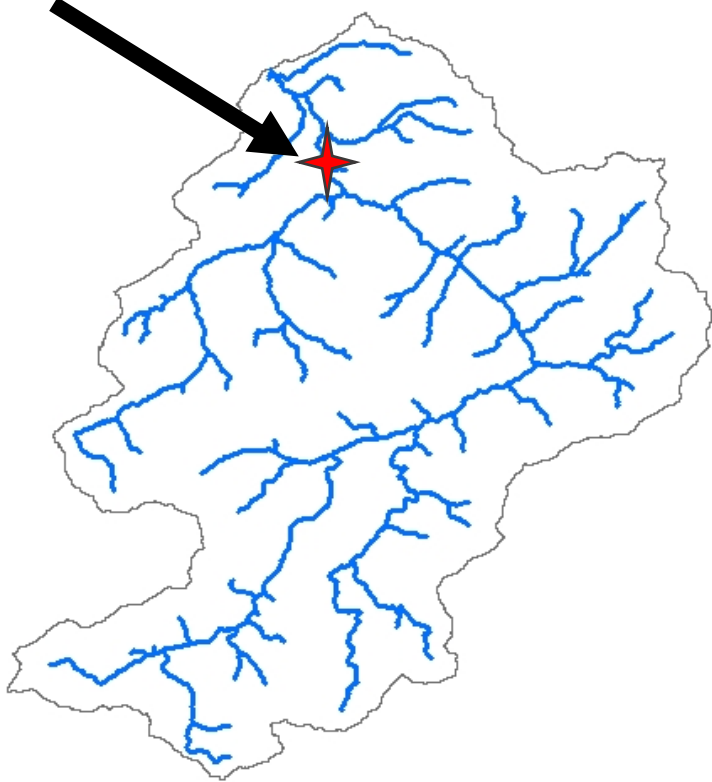
Faciès lithologiques:  
substrat rocheux dur : 65%, dépôts permotriasiques et quaternaires : 35%

Forêts : chêne vert, du genévrier rouge, du lentisque, du thuya, de l'oléastre, fortement dégradée



# Présentation de la zone d'étude

**Station hydrométrique  
d'Aghbalou : 1030 m<sup>3</sup>/s**



Climat : semi-aride tempéré à subhumide  
frais

Pluviométrie : 500 mm/an avec orages très  
fréquents entre juillet et octobre

Relief très accidenté avec des variations  
brusques d'altitudes

Pentes fortes, avec une moyenne de 35%.

Faciès lithologiques:  
substrat rocheux dur : 65%, dépôts permo-  
triasiques et quaternaires : 35%

Forêts : chêne vert, du genévrier rouge, du  
lentisque, du thuya, de l'oléastre, fortement  
dégradée



# METHODOLOGIE

## ❖ Impact des aménagements sur les écoulements du bassin versant de l'Ourika

Appréhender le comportement du bassin avant les aménagements par la modélisation de la pluie en débit.

Utiliser le modèle pour reconstituer les débits qu'on aurait mesuré à l'exutoire du bassin pendant la période après les aménagements si les aménagements n'avaient pas été réalisés.

Enfin faire une comparaison entre les débits simulés et les débits observés après les aménagement.



# METHODOLOGIE

## ❖ Impact des aménagements sur les écoulements du bassin versant de l'Ourika

Formule du modèle utilisé

$$Q_k = P_k \left\{ 1 - \frac{1}{\left[ 1 + \left( \frac{0.7P_k + 0.3P_{k-1}}{X.E_k} \right)^2 \right]^{0.5}} \right\}$$

### Modèle Génie rural:

- $Q_k$  : débit simulé de l'année  $k$
- $P_k$  : pluie observée de l'année  $k$
- $P_{k-1}$  : pluie observée de l'année  $k-1$
- $E_k$  : Evapotranspiration potentielle de l'année  $k$
- $X$  : paramètre du modèle à optimiser

$$\text{Nash - (\%)} = \left( 1 - \frac{\sum(Q_{\text{obs}} - Q_{\text{cal}})^2}{\sum(Q_{\text{obs}} - \overline{Q_{\text{obs}}})^2} \right) \times 100$$

où

$Q_{\text{obs}}$  : débits observés

$\overline{Q_{\text{obs}}}$  : moyenne des débits observés sur la période d'apprentissage

$Q_{\text{cal}}$  : débits calculés par le modèle

Le modèle ne peut être utilisé si le Nash calculé pour la période de calage est  $\geq 70\%$



# METHODOLOGIE

## ❖ Evaluation de l'efficacité des seuils

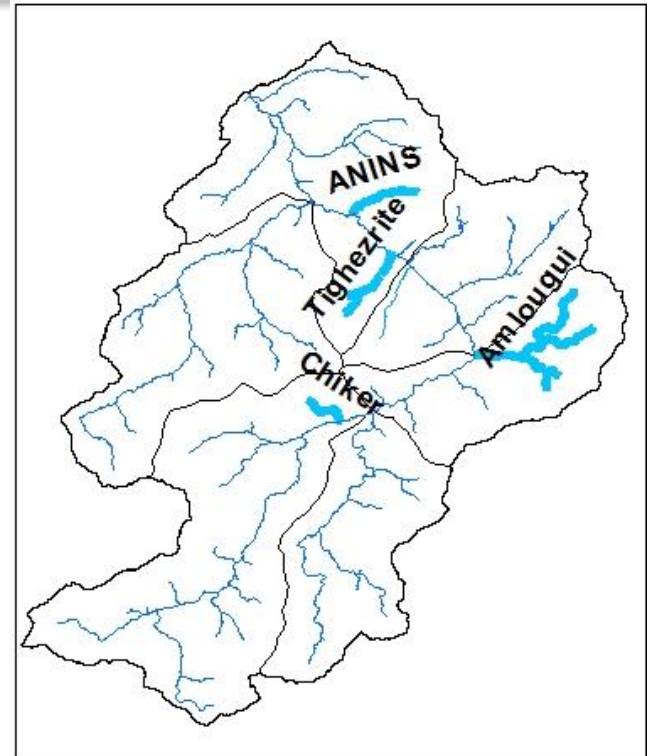
### Critère de choix des sous bassins

**Diversité des seuils** : seuils en maçonnerie, seuils en gabion et seuils en pierres sèches.

**Caractéristiques morphométriques** de l'ensemble des SBV traités.

Ravins choisis successivement de l'aval vers l'amont avec une alternance du rive gauche et du rive droit par rapport à l'Oued Ourika.

**101 seuils** de correction des ravines ont été prospectés et analysés.



**Répartition des ravins choisis dans le BV Ourika.**



# METHODOLOGIE

❖ **Etude de l'état actuel des seuils ( intensité et la nature des formes de dégradations de ces ouvrages) en relation avec les facteurs du milieu.**

## **- Etat des seuils :**

- seuil présent ou emporté,
- Ancrage des ailes du seuil dans la roche mère,
- Etat du déversoir,
- État du radier.

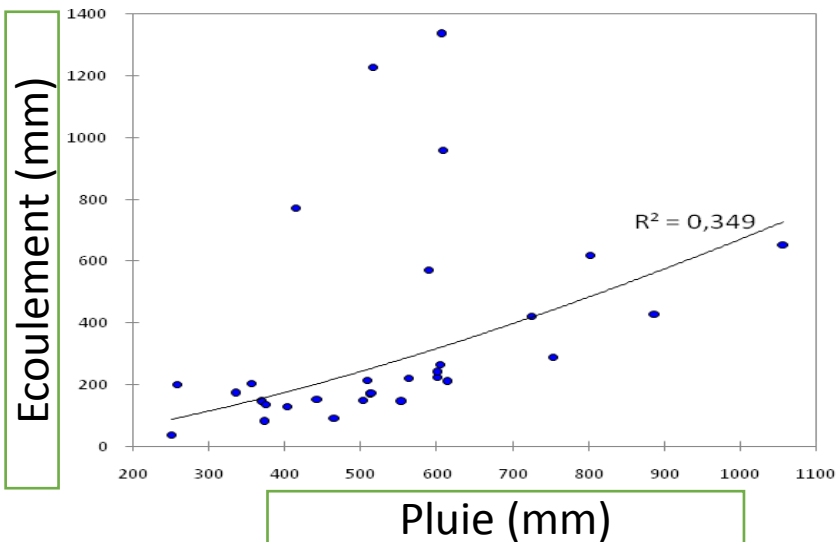
## **-Description du milieu:**

- Nature du substrat,
- Taille des dépôts sédimentaires,
- Passage préférentiel des écoulements,
- Position des arbres ou arbustes par rapport au seuil,
- etc.

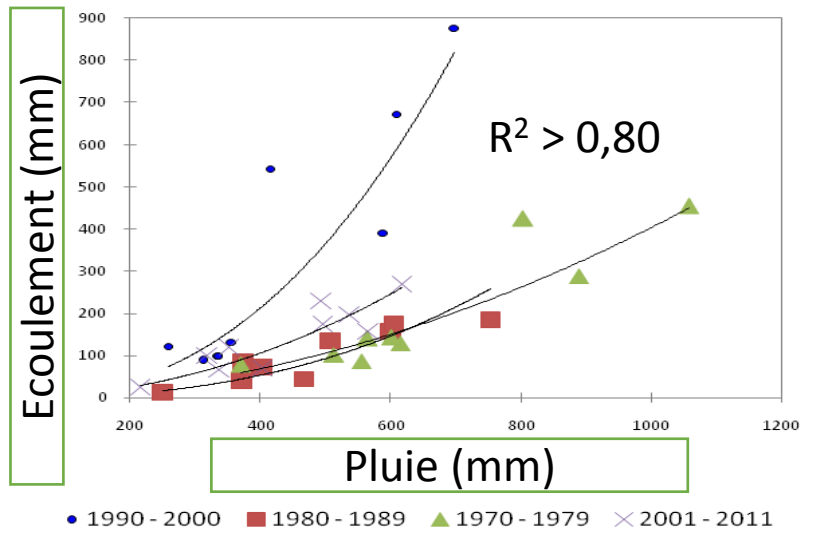


# Résultats et discussions

## ❖ Impact des aménagements sur l'hydrologie du bassin de l'Ourika



Distribution des lames d'eau ruisselées en fonction de la pluviométrie annuelle avant les aménagements (1970 – 2010).



Distribution des lames d'eau ruisselées en fonction de la pluviométrie. Superposition des courbes des différentes parties .



Le BV a connu deux périodes de changements importants: la première à partir de 1989 et la deuxième à partir de 2000.



# Résultats et discussions

## ❖ Impact des aménagements sur l'hydrologie du bassin de l'Ourika

Calage du modèle GR1A sur  
une période de 1970 - 1988



NASH = 85,6%  
 $R^2 = 0,91$



La simulation du modèle  
est acceptable.

Résultat des comparaisons entre les débits simulés et les débits  
observés des différentes périodes:

| Période                 | Em (mm) | EQM (mm) | Es (%) |
|-------------------------|---------|----------|--------|
| 1970 – 1988 (référence) | -0,8    | 2,8      | 3      |
| 1989 - 2000             | -103,71 | 126,85   | 27     |
| 2001 - 2010             | -65,67  | 77,98    | 15     |

Les modifications de 1989 – 2000 ont entraîné  
une augmentation des écoulements annuels  
d'environ 24% de la pluie annuelle.



Réduction de  
la forêt.

Les aménagements entrepris à partir de 2000  
ont réduit ces écoulements annuels de 12% de  
la pluie annuelle.



Amélioration du coefficient  
d'infiltration d'un bassin  
versant.



# Résultats et discussions

## ❖ Etat des ravins après les travaux de correction torrentielle.

Succession des seuils => profil du ravin en escalier



Réduction de la vitesse des écoulements  
↳ Atténuation des risques de crues

Seuil en maçonnerie rempli de sédiments



Stabilisation du pied des berges



# Résultats et discussions

## ❖ Etat des ravins après les travaux de correction torrentielle.

Mise en culture des sédiments piégés par le seuil



Amélioration de la situation économique des paysans

Revégétalisation des sédiments



Réduction de la mobilité des sédiments



# Résultats et discussions

## ❖ Etat actuel des ouvrages et capacité de gestion des risques de crues.



Fonctionnels  
Mais destruction du  
radier



46% de destruction  
partielle et 16% de  
destruction totalement



30% de destruction  
partielle

Tableau : Défaillances structurelles observées au niveau des différents types de seuils exprimées en pourcentage

| SBV        | Type de seuil | S** | S*** | D* | D** | D*** | R* | R** | R*** |
|------------|---------------|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|
| ANINS      | M             | 0   | 0    | 50 | 0   | 0    | 0  | 50  | 25   |
|            | G             | 45  | 20   | 0  | 20  | 80   |    | 10  | 90   |
|            | PS            | 0   | 0    | 0  | 0   | 0    | A  | A   | A    |
| TIGHZRITZE | M             | 0   | 0    | 30 | 0   | 0    | 0  | 46  | 39   |
|            | G             | 50  | 10   | 0  | 15  | 70   | 15 | 20  | 40   |
|            | PS            | 25  | 0    | 0  | 45  | 25   | A  | A   | A    |
| CHIKER     | M             | 0   | 0    | 0  | 40  | 0    | 0  | 25  | 50   |
|            | G             | 50  | 25   | 0  | 25  | 75   | 0  | 30  | 60   |
|            | PS            | 66  | 0    | 0  | 50  | 25   | A  | A   | A    |
| AMLOUGUI   | M             | 0   | 0    | 45 | 0   | 0    | 0  | 50  | 0    |
|            | G             | 40  | 10   | 0  | 40  | 20   | 0  | 50  | 20   |
|            | PS            | 25  | 0    | 40 | 0   | 0    | A  | A   | A    |

### Signification des symboles

M : seuil en maçonnerie, G : seuil en gabion, PS : seuil en pierre sèche, S : seuil, D : déversoir, R : radier, \* : destruction entamée, \*\* : partiellement détruit, \*\*\* : totalement détruit, A : absent

La vitesse de dégradation de ces ouvrages varie d'un SBV à un autre et le SBV Chiker qui a les pentes relativement les plus fortes est le plus touché



# Résultats et discussions

## ❖ Etat actuel des ouvrages et capacité de gestion des risques de crues.

Les chocs des blocs charriés et amplifiés par les écoulements de lave torrentielle.



Destruction des seuils du BV OURIKA.

Construits durant la même période que les seuils en maçonneries qui sont toujours fonctionnels, environ 60% des seuils en gabion ne jouent plus leur rôle.



On en déduit que les gabions ne sont pas adaptés à la zone.



# Résultats et discussions

## ❖ Etat actuel des ouvrages et capacité de gestion des risques de crues.

Présence des blocs, des masses de sédiments au niveau du déversoir.



Changement de la trajectoire normale des écoulements et création d'une nouvelle ravine et la mise à nu des ailes de l'ouvrage.

Présence des arbres au niveau du déversoir.



Risque de destruction du seuil par le système racinaire des arbres

Manque d'entretiens réguliers du système



# Conclusion

## Aménagements du BV Ourika



- Réduction des écoulements annuels de 12%;
- Amélioration du profil en long des ravins et de stabilisation des pieds des éboulements par leurs atterrissements.

## Les insuffisances du système de correction torrentielle



- Les seuils en gabion ont eu du mal à résister dans ses réseaux d'écoulement à charriages agressifs;
- Les moyens qui peuvent permettre la détection de l'état de dysfonctionnement partiel ou total du système de correction des ravins puis à le rétablir et le remettre en service n'ont pas été mis en place.



# Recommandations

Une attention particulière doit être portée à **l'entretien** permanent des ouvrages pour prolonger leur durée et assurer l'efficacité globale de dispositifs de protection;

**De nouvelles techniques** doivent être entreprises dans la construction des radiers et le chapeau des déversoirs des seuils sous peine de défaillance;

La gestion des risques de crues doit s'insérer dans une approche intégrée associant la dynamique torrentielle et la prise en compte de la qualité et la capacité des ouvrages à résister dans ses environnements particuliers.

Reconnaissance:  
Projet GIREPSE,  
ENFI,  
DREFLCD-HA,  
Autorités et population locales.



**MERCI POUR VOTRE ATTENTION**