

# OPTIMISATION DE LA GESTION DES EAUX DE SURFACE ET VALORISATION DU RUISSELLEMENT PAR LES TECHNIQUES TRADITIONNELLES EN CLIMAT ARIDE TUNISIEN

**Yadh ZAHAR**

Maître-assistant en Génie Hydraulique  
Faculté de La Manouba, département de Géographie 2010 La Manouba.

## RÉSUMÉ

Le bassin versant de Sebkhet Enoual (1725 km<sup>2</sup>) est un bassin endoréique de la Tunisie centrale, délimité au nord par Djebel Bouhedma (1164m) et au sud par la dépression de Sebkhet Enoual.

- A l'échelle du bassin versant, le coefficient de ruissellement moyen est assez faible (5,3% en moyenne), à cause de temps de transfert de l'eau assez importants. Le déficit d'écoulement (infiltration, évaporation...) est fort.

- A l'échelle des impluviums (bassins de réception des eaux de pluie de quelques hectares) les coefficients de ruissellement sont sensiblement plus élevés (entre 7 et 20%), étant donné des temps de transfert de l'eau nettement plus réduits.

La comparaison des ressources en eau à ces deux échelles de surface montre que la mobilisation de l'eau dès sa sortie de l'impluvium permet de multiplier les ressources potentielles par un coefficient compris entre 2 et 3. La maîtrise de cette ressource potentielle peut être obtenue en aménageant seulement une faible fraction de la surface du bassin versant (1 / 14ème environ), le reste servant d'impluvium. Un modèle de gestion optimale des eaux de surface en milieu aride est proposé à cet effet.

**Mots-clés :** Tunisie aride - Hydraulique traditionnelle - Ruissellement - Erosion - Facteurs d'échelle - Optimisation.

## INTRODUCTION

L'étude concerne le bassin versant de Sebkhet Enoual (1725 km<sup>2</sup>). Les bassins endoréiques de la Tunisie centrale et méridionale connaissent de multiples fléaux dont notamment le caractère aride du climat, la dégradation des sols, et les faibles potentialités en eau. Il fait partie des rares régions de la Tunisie aride, où les faibles quantités de pluies (160 mm/an) tombent fort heureusement sur des terres en pentes. Ainsi, malgré les difficultés du climat, la région présente des potentialités exploitées ancestralement : la chaîne de montagnes favorise la concentration des eaux et l'accumulation des matériaux en contrebas et il est possible d'exploiter la ressource en eau par des levées de terres appelées "tabia".

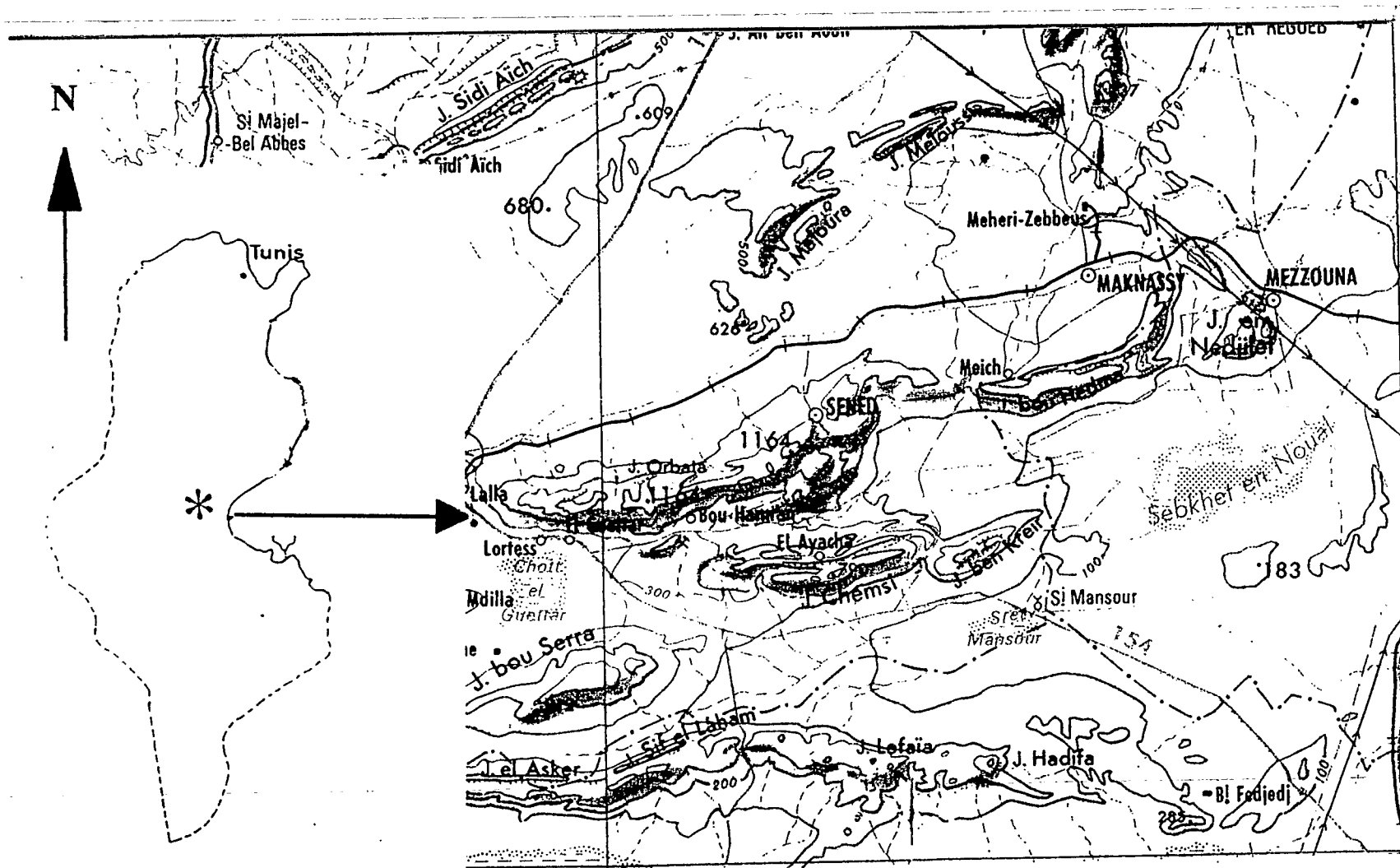


Figure 1 : Situation du bassin versant (Extrait de la carte d'état major 1 : 1 000 000).

Certes, l'efficacité dans la maîtrise du ruissellement et la lutte anti-érosive de cette technique traditionnelle, assimilée empiriquement par héritage de génération en génération, n'est plus à démontrer. Toutefois, l'amélioration proposée consiste à optimiser la surface aménageable compte tenu des besoins des cultures (oliviers), de la taille des impluviums qui doivent rester incultes pour collecter les eaux de ruissellement et des ressources en eau potentiellement mobilisables.

## I - LA PROBLÉMATIQUE DU MILIEU NATUREL

Du point de vue des disponibilités naturelles en eau, le bassin versant de Sebkhet Enoual (1725 km<sup>2</sup>) peut être caractérisé comme un milieu aride (figure 1). Il se situe dans l'étage climatique aride inférieur, avec des îlots dans l'aride moyen qui correspondent aux reliefs (Djebel Bouhedma). Ce bassin fait partie des rares régions de la Tunisie aride (exemple : la Djeffara, le bassin versant de Sidi Aïch...), où le peu d'eau qui tombe est exploité (L. HENIA, 1996). Le principe est le suivant : les impluviums arides concentrent l'eau et les matériaux transportés dans les bas-fonds cultivés qui sont aménagés pour piéger les sédiments et ralentir, sinon freiner, les eaux de ruissellement en favorisant leur infiltration rapide (figure 2).

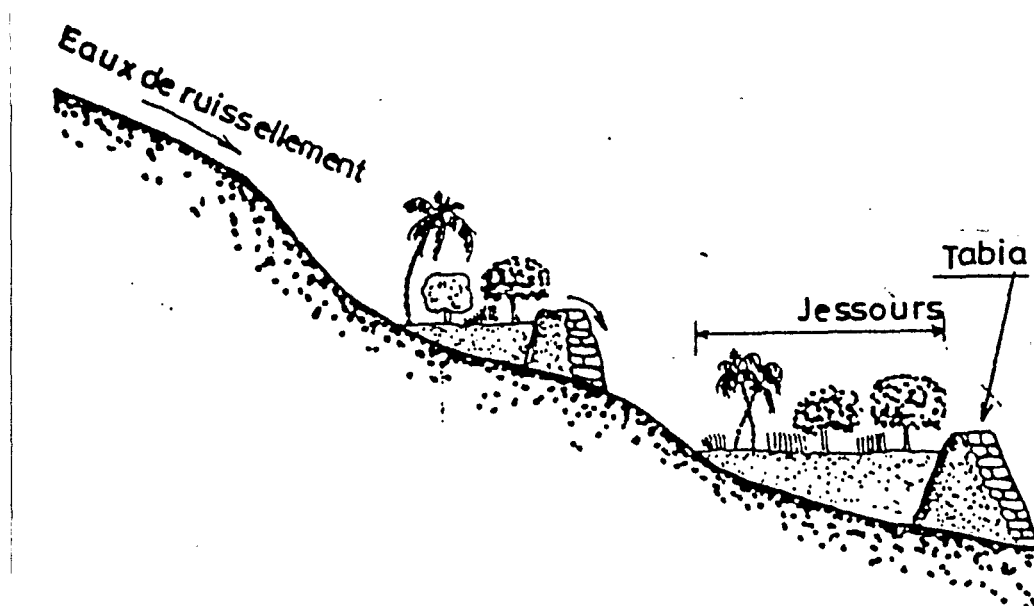


Figure 2 : Schéma type de l'impluvium

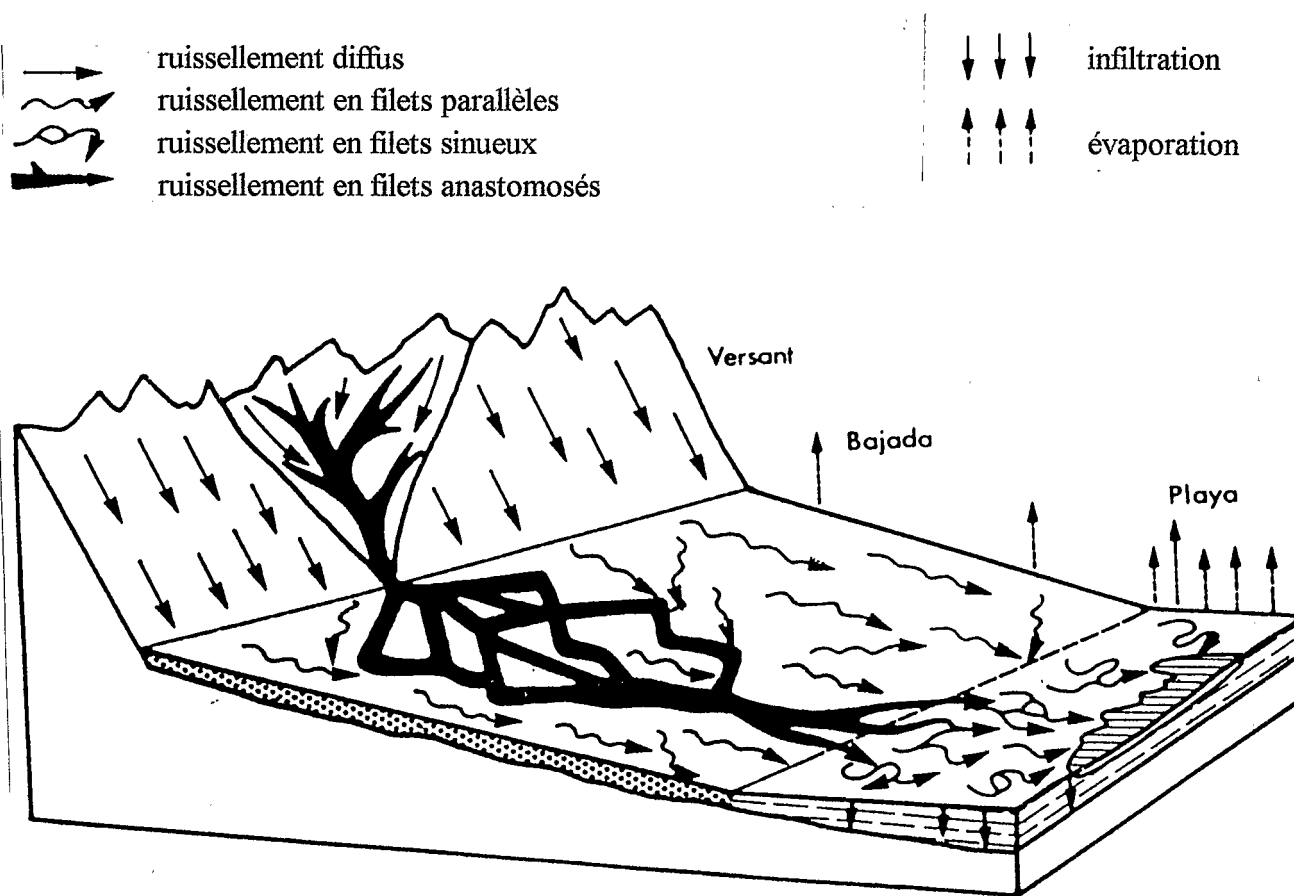
Sur le plan hydrographique, le bassin versant de Sebkhet Enoual est constitué de sous bassins versants qui ont leur source dans les djebels et qui convergent vers la sebkha, après avoir transité par le piémont et la plaine d'épandage. Du point de vue géomorphologique, ce type de réseau hydrographique correspond au contexte général des régions arides.

Sur le plan hydrologique, les cours d'eau sont à écoulement sporadique : l'absence d'écoulement durant la majeure partie de l'année contraste avec l'extrême abondance des crues

aussi soudaines que violentes (J. O. JOB et al., 1993). Si le module spécifique moyen annuel dépasse rarement  $1 \text{ l/s/km}^2$ , les années exceptionnelles la dépassent plusieurs fois :

-  $6,5 \text{ l/s/km}^2$  pendant l'année hydrologique 1969/70 pour l'oued Sidi Aïch, ( $1760 \text{ km}^2$ ), soit en quelques jours de crues dévastatrices l'équivalent de 19 années moyennes. Les écoulements en crue sont d'ailleurs encore plus spectaculaires :  $1\,905 \text{ l/s/km}^2$  pour la crue historique du 27 septembre 1969 de l'oued Zeroud ( $8950 \text{ km}^2$ ) (J. CRUETTE & J.A. RODIER, 1971).

Ces caractéristiques hydrologiques particulières : insuffisance des apports et crues sporadiques, produisent de rares écoulements torrentiels et turbides qui débouchent sur des systèmes généralement endoréiques, se perdent dans des dépressions souvent salées et finissent leur cycle par évaporation, particulièrement intense en zone aride : (figure 3).



**Figure 3 : Types de ruissellement en climat aride (D'après J. DEMANGEOT, 1981).**

Les oueds descendent des versants à faibles pentes, se perdent dans des lits collecteurs dont les délimitations sont imprécises et les écoulements hésitants. Ils sont très instables, avec une succession de creusements, de comblements et de changements de profil qui sont les conséquences d'un écoulement torrentiel. Ces oueds sont d'autant moins stables qu'en cas de forte crue les écoulements quittent facilement le lit mineur et débordent pour inonder de vastes zones. Ils sont donc difficiles à contrôler et à aménager.

## II - DONNÉES ET MÉTHODES

### 1 - Les précipitations

Les pluies donnant lieu à un ruissellement sont en général à caractère orageux : on a enregistré 220 mm en 5 heures lors des crues de 1969 et les intensités de 100mm/h ne sont pas rares. Elles sont amenées par des dépressions, poussées par des vents d'est ou sud-est, qui se chargent d'humidité au dessus de la Méditerranée orientale. Les orages sont souvent formés de noyaux à forte intensité limités en superficie, suivis d'une traîne qui peut intéresser une superficie beaucoup plus vaste.

Pour les dernières inondations de 1990, la zone d'étude a connu le record des pluies (308 mm le 21 et 22 janvier 1990). Les records journaliers des trois événements pluvieux extrêmes observés (1969, 1973, 1990) sont impressionnants, et dépassent souvent les moyennes annuelles (tableau 1).

Stations	1969	1973	1990
Bou Hedma	200	132	-
Mazouna	300	146	188
Meknassy	201	154	204

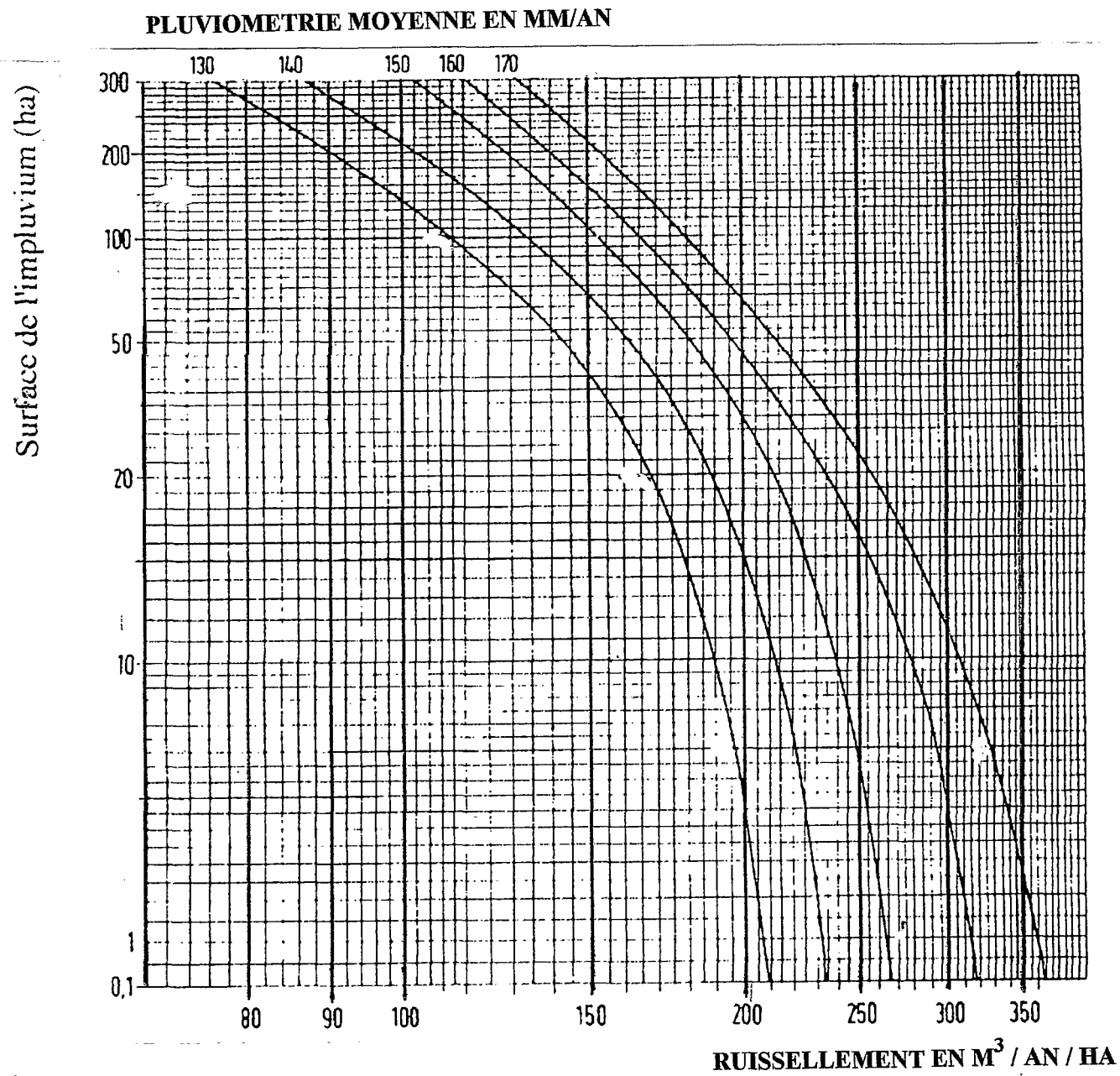
**Tableau 1 : Pluies journalières extrêmes enregistrées.**

Ces pluies diluviennes constituent un agent érosif intense et remplissent occasionnellement la dépression d'Enoual.

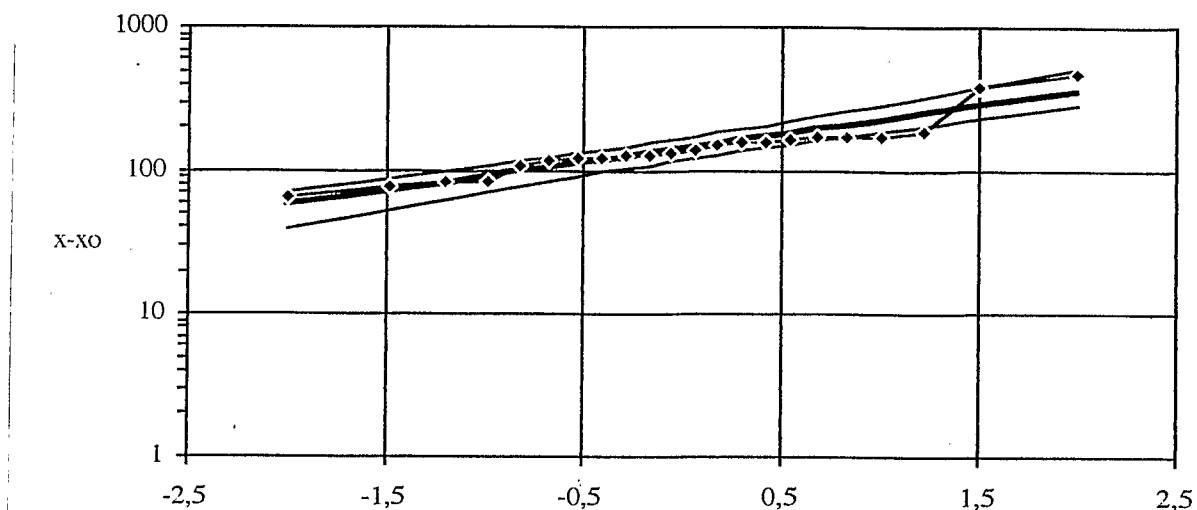
L'hiver est la saison la plus pluvieuse, mais on peut avoir une saison complètement sans pluies. On enregistre en moyenne 16 jours de pluie par an. Le minimum annuel de jours de pluies observés est de 5 jours. En revanche, l'année hydrologique 1995/96 a été l'année record en nombre de jours de pluies avec un total de 54 jours.

La moyenne annuelle des pluies est comprise entre 150 et 200 mm, avec un léger gradient altimétrique. Ces moyennes pluviométriques, assez faibles, cachent de grands écarts d'une année à l'autre : 83,3 mm en 1968/69 contre 475 mm en 1969/70 (station de Bou Hedma), qui se traduisent par une forte variance et par un fort coefficient de variation.

L'ajustement statistique de la loi log-normale à la série des pluies annuelles de Bou Hedma est présenté à la figure 4. Si on définit l'année sèche comme l'année où le déficit pluviométrique est de 40% par rapport à la moyenne, on observe qu'une année sur 5 est sèche, et plus d'une année sur 20 est très sèche (déficit de 60%). Par ailleurs, la probabilité d'avoir 2 années consécutives sèches est de l'ordre de une fois tous les 15 ans, et 3 années consécutives sèches de l'ordre de une fois tous les 50 ans ((N. SAKISS et al., : 1991). En revanche les besoins agricoles sont satisfaits moins d'une année sur 100 ans (besoins estimés à 450 mm au minimum). Autant dire que le développement de la zone serait compromis sans des moyens de développement des ressources en eau.



**Figure 5 : Ruissellement en fonction de la superficie de l'impluvium et de la pluie moyenne annuelle (130 à 170 mm). D'après K. KALAYA et al., 1993.**



Années sèches					Médiane	Années humides				
100	50	20	10	5	2 ans	5	10	20	50	100
48,5	54,9	66,3	78,4	95,9	141,2	207,9	254,5	300,8	363,0	414,4

**Fig. 4 : Ajustement de la loi Log-normale à la série des pluies annuelles de Bou Hedma.**

## 2 - Le ruissellement

Les cours d'eau qui convergent vers la sebkha étant instables, il est difficile de prévoir des stations hydrométriques pour mesurer les écoulements par sous bassin versant. Une estimation globale de l'écoulement moyen annuel pour l'ensemble du bassin versant, par M. FERSI (1979), donne une lame ruisselée moyenne annuelle égale à 8,4 mm pour une lame pluviométrique moyenne annuelle égale à 160 mm environ, soit un coefficient de ruissellement moyen égal à 5,3%. Annuellement, 14,5 Millions de m<sup>3</sup> d'eau se perdent dans la sebkha dans les conditions naturelles moyennes.

Il est de plus en plus établi que pour la zone aride, à l'échelle d'impluviums de quelques hectares la lame d'eau ruisselée est fonction principalement des quantités annuelles de pluie reçues et de la taille de l'impluvium. Tous les autres paramètres (sol, pente, végétations, etc ...) ayant une influence beaucoup moins importante que la pluie, sa variabilité spatio-temporelle pouvant être très forte (K. ALAYA et al., : 1993). Ces travaux ont permis d'élaborer l'abaque de la figure 5 pour les impluviums en zones arides. Ainsi, pour une pluie moyenne annuelle égale à 160 mm, les coefficients de ruissellement varient entre 6,8% et 19% et sont de plus en plus grands lorsque la taille du micro-bassin versant diminue. On remarque que le ruissellement à cette échelle est meilleur qu'à l'échelle du bassin versant : 3 fois plus important pour les superficies voisines de 0,1ha, 2 fois plus important pour les superficies voisines de 20 ha.

Contrairement aux écoulements le long des versants, des piémonts et des basses plaines, le temps de séjour des eaux de ruissellement à la surface du sol sur des impluviums de quelques hectares est en effet nettement plus réduit. Cela signifie que le potentiel hydraulique des eaux de ruissellement est d'autant meilleur que l'impluvium est d'extension limitée (1 à 10 ha).

La répartition (en pourcentage) de la taille des parcelles, réalisée à partir d'une enquête, donne les valeurs suivantes :

*Source : enquête régionale du découpage foncier.*

Taille	% des parcelles	Cr	r
< 10 ha	9 %	> 16,8 %	> 1 / 11
10 à 20 ha	28 %	16,8 à 14,1 %	1 / 11 à 1 / 13
20 à 50 ha	62 %	14,1 à 11,6 %	1 / 13 à 1 / 16
> 50 ha	1 %	< 11,6	< 1 / 16

**Tableau 2 : Rapport impluvium/espace cultivé.**

La taille des parcelles cultivées par rapport aux impluviums oscillerait entre 1/11 et 1/16 pour satisfaire un aménagement optimal du bassin versant, soit une optimisation raisonnée du rapport moyen de 1/14ème environ de la surface totale.

Donc, si on découpe les 1725 km<sup>2</sup> du bassin versant en impluviums dans les proportions dictées par le découpage foncier, on trouve qu'il est possible d'aménager environ 123 km<sup>2</sup> (tabia et cultures en amont).

### III - RÉSULTATS

Donc, compte tenu des conditions optimales d'aménagement de 123 km<sup>2</sup>, les ressources mobilisables sont au total 35 670 000 m<sup>3</sup>/an.

On constate que les ressources mobilisables sont supérieures aux écoulements. Ce constat, bien qu'il surprend, est tout de même la spécificité des régions arides. Cela est dû aux conditions de ruissellement et aux écarts d'échelle entre bassins versants et impluviums :

- A l'échelle des bassins versants, les coefficients de ruissellement sont plus faibles, étant donné des temps de séjour de l'eau bien plus importants (plusieurs heures à quelques jours) d'où un fort déficit d'écoulement (infiltration, évaporation etc ...).

- A l'échelle des impluviums, les coefficients de ruissellement sont plus élevés en raison de temps de séjour de l'eau en surface nettement plus réduits (quelques minutes à quelques dizaines de minutes) que sur les bassins versants. En cas d'aménagement, les volumes d'eau ruisselés sont rapidement infiltrés et conservés à l'abri de l'évaporation.

Ainsi, la mobilisation de l'eau par le fractionnement de l'impluvium permet de multiplier les ressources en eau potentielles, utilisables pour l'agriculture, par 2,5 environ (entre 2 et 3 plus globalement). A l'échelle du bassin, le gain réalisé dans le bilan hydrologique est un gain sur le déficit d'écoulement, essentiellement sur l'infiltration qui se produit le long des cours d'eau entre l'amont et l'aval du bassin versant.



## **IV - DISCUSSIONS**

### **1 - Les potentialités**

#### ***1 - 1 Une ressource mobilisable supérieure aux écoulements***

Dans les conditions d'aridité, les temps de séjour de l'eau à la surface du sol sont inversement proportionnels aux volumes mobilisables. Cette constatation, qui se déduit de l'étude des bilans sur bassins versants à différentes échelles croissantes, est en fait assimilée depuis bien longtemps par les exploitants agricoles de la région qui cherchent à maîtriser l'eau, à la mobiliser et à l'exploiter immédiatement après la pluie. Toute eau qui dévale la pente sans être utilisée immédiatement se perd dans la dépression.

#### ***1 - 2 L'exploitation des reliefs et des terres en pentes***

Dans la zone d'étude, par rapport à d'autres zones arides, l'aubaine est constituée par ses reliefs. En effet, l'exploitation des terres en pentes et la maîtrise du ruissellement, par l'aménagement de tabias ou autres levées de terres, permettent d'atténuer les conséquences de l'aridité climatique. Une bonne partie des eaux qui sont naturellement entraînées vers les bas-fonds et la sebkha sont retenues au niveau des ouvrages qui, en période de crue, sont rapidement alimentés en eau. En s'infiltrant, cette eau constitue une ressource en eau appréciable pour les populations locales, exploitable immédiatement en agriculture pluviale comme irrigation de complément ou de manière différée en agriculture irriguée par prélèvement dans les nappes.

#### ***1 - 3 L'accumulation des alluvions***

Outre la concentration des eaux dans les bas fonds, la topographie joue un rôle dans l'accumulation des sédiments et matériaux fins sur les terres situées en aval des versants les plus pentus. Ces alluvions commencent par se déposer dans les ravins et les lits d'oueds. Elles sont de nature et d'épaisseur variable selon les lois classiques de la sédimentation : grossières en amont et de plus en plus fines vers l'aval. Elles ont deux répercussions très intéressantes :

- elles fertilisent les terres cultivées par l'épaississement, au fil des ans, du limon et des matériaux fins ;
- elles constituent, dans les lits d'oueds, les premiers réservoirs d'eau à l'abri de l'évaporation, réservoirs qui alimentent des aquifères plus profonds.

#### ***1 - 4 Le régime couplé des eaux de surface et des eaux souterraines***

Coupler l'utilisation des eaux superficielles et des eaux souterraines pourrait être la solution pour l'agriculture de la région. En effet, une bonne partie des eaux qui s'écoulent naturellement vers les bas-fonds peuvent être mobilisées au niveau des nappes d'infléflux et des nappes phréatiques qui se rechargent rapidement en période de crue (au niveau des lits d'alluvions grossières) et constituent le reste du temps une ressource en eau appréciable (P. EBERENTZ : 1977). Cette eau est par ailleurs facilement exploitable par les populations locales, du moins dans des conditions moins aléatoires que la pluie. L'inertie du niveau piézométrique des nappes d'eaux souterraines, comparée à l'irrégularité des régimes pluviométriques, permettrait d'atténuer les conséquences de longues périodes de sécheresse.

### ***1 - 5 L'abondance des crues sporadiques***

Les crues sont généralement considérées comme un danger. Cependant, les potentialités en eau offertes en période de crues sont très importantes. En Tunisie aride, on estime les apports décennaux à 2,7 fois la moyenne des apports annuels et les volumes de récurrence cinquantennale équivalents à environ 12,5 années moyennes (A.GHORBEL : 1991). Ces potentialités, si elles étaient mobilisées en évitant de les laisser se perdre dans la dépression salée, constitueraient une véritable ressource, notamment pour la recharge de la nappe. Il pourrait être alors envisagé que les eaux de crues des années exceptionnellement pluvieuses constituent des stocks de réserve, susceptibles d'être exploités par puisage durant les années sèches.

## **2 - Les contraintes**

### ***2 - 1 Des ressources mobilisables mais non régularisables***

Toutefois, l'impact de l'apport additionnel des eaux de ruissellement de l'impluvium sur les terres cultivées doit être relativisé car cet apport additionnel occasionnel n'est pas régularisable dans le temps. En effet, s'il intervient lors d'une saison où les besoins en eau de la plante sont satisfaits, il ne peut dans ce cas être comptabilisé comme un supplément utile à la plante. Inversement, en année déficitaire, les apports additionnels des impluviums ne permettraient pas d'atteindre les 450 mm/an nécessaires à la satisfaction des besoins en eau de la culture.

Les volumes d'eau mobilisables par la technique utilisant les impluviums comme sources d'eaux superficielles ne sont donc pas régularisables. Autrement dit, ils ne peuvent être garantis à l'utilisation quelles que soient les conditions hydrologiques. La saison sèche ne profite pas des surplus d'eau mobilisés seulement en cas de pluies et les longues périodes sèches séparant deux épisodes pluvieux gênent toujours le développement des cultures. Ce supplément d'eau est donc ponctuel dans le temps ; son effet bénéfique aux cultures est conditionné par l'occurrence de pluies relativement abondantes pour permettre le développement des plantes cultivées et la maturation des grains.

### ***2 - 2 De grandes étendues inexploitées***

Sur les 1725 km<sup>2</sup> du bassin versant de Sebket Enoual, nous n'avons pu optimiser que l'aménagement de 123 km<sup>2</sup> environ (7% de la surface). Les 93% de la surface seraient théoriquement inexploités. En pratique, ils peuvent être valorisés en partie comme terre de parcours.

### ***2 - 3 Des crues dévastatrices***

De part leur fréquence et leur extrême violence les crues sont un véritable danger :

- Elles transforment radicalement le paysage en métamorphosant les lits d'oueds, par l'abandon de certains lits et l'ouverture de nouveaux chemins d'eau. Ce déplacement des lits rend difficile les conditions d'aménagement.
- Elles s'accompagnent d'un transfert important de matières solides et solubles des bassins versants vers la sebkha.
- Les ouvrages anciens ou mal entretenus, soumis aux crues violentes, constituent également un risque pour l'équilibre naturel particulièrement fragile. Si ces ouvrages présentent une certaine

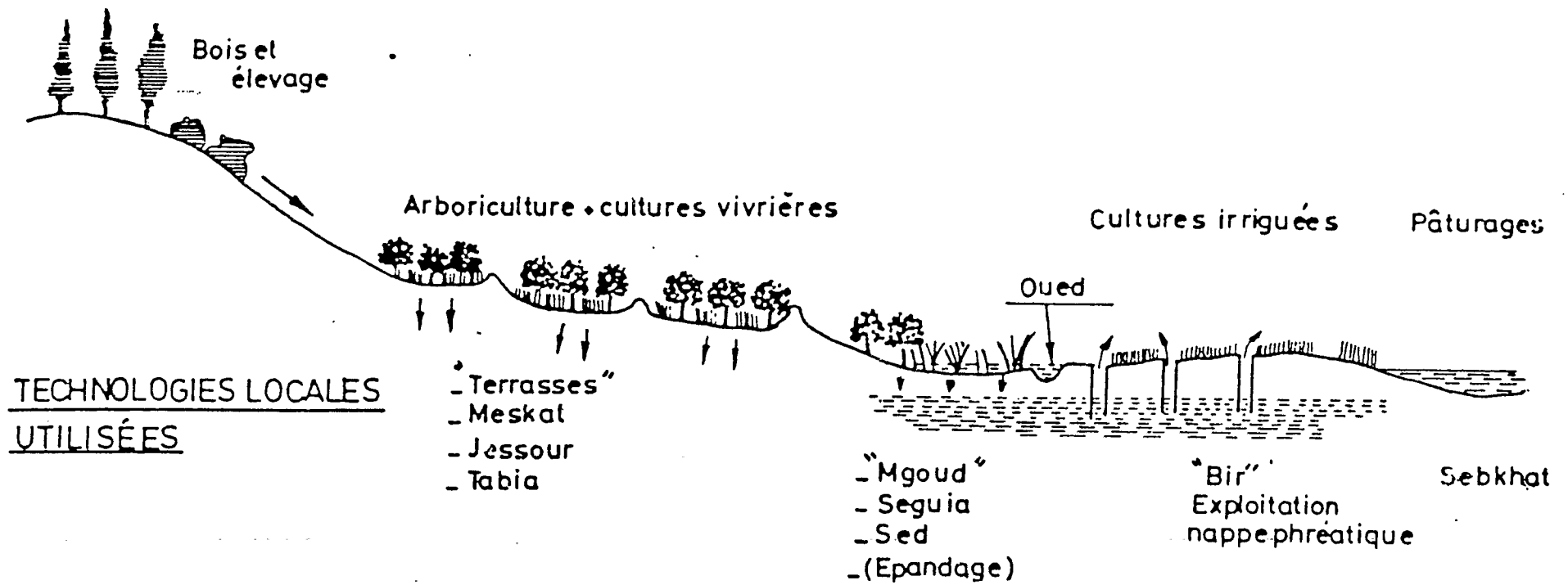


Figure 6 : Gradation amont-aval des aménagements et de l'occupation des terres (D'après El AMAMI, 1984)

vulnérabilité ou erreur dans le dimensionnement du déversoir de protection (pas de déversoir, surélévation du déversoir, insuffisance dans la consolidation de l'ouvrage, surdimensionnement de l'impluvium etc...), il y a un réel danger pour tous les ouvrages situés en aval. Les paysans de Matmata ont en mémoire les 220 mm de pluies enregistrés le 5 mars 1979 et les crues qui ont détruit en cascades 8 000 tabias (S. EL AMAMI : 1984).

### **3 - Modèle de gestion optimale de l'eau**

#### **3-1 L'utilisation actuelle de l'eau**

En milieu aride, l'utilisation de l'eau est, avant toute chose, créatrice d'activité agricole voire synonyme de vie. Elle s'oppose fortement à l'irrigation de complément d'autres régions plus arrosées. En effet, le milieu aride est un facteur très fortement limitant à la sédentarisation de la population. L'activité agricole des régions arides dépend des aléas de la pluie et la population n'hésite pas, si la sécheresse s'installe, à se déplacer vers d'autres régions à la recherche d'autres moyens de subsistance. Cependant, même dans les régions arides de Tunisie les problèmes d'inondation sont loin d'être négligeables.

Selon les années sèches ou humides, nous avons l'un ou l'autre des scénarios suivants :

- En année humide, l'activité agricole est intensifiée par l'utilisation des eaux de ruissellement et leur maîtrise à la parcelle par des techniques appropriées. Cette intensification permet à l'exploitant d'investir (achat d'un cheptel, plantations, etc...).
- En année sèche, l'utilisation de l'eau se limite à maintenir en vie les plantations, à sauver le cheptel (élevage extensif, transhumance) et à éviter toute situation irréversible (arrosage des arbres à l'aide de prélèvements dans les puits ou les citernes).

Dans tous les cas, l'utilisation actuelle de l'eau est étagée selon le schéma type de la figure 6 :

- plantations pastorales et parcours sur les versants abrupts des djebels,
- arboriculture et cultures vivrières sur les terres en pentes aménagées pour exploiter les eaux de ruissellement,
- cultures irriguées dans les plaines, à l'aide de quelques ouvrages d'épandage pour une utilisation complémentaire des eaux de crues,
- plantes pastorales hydrophiles profitant des eaux stagnantes sur le pourtour de la Sebkhah.

#### **3-2 Gestion optimale des eaux de surface**

L'exploitation et la gestion des eaux soulèvent de multiples problèmes : juridiques (partage de l'eau), techniques (systèmes d'exploitation), économiques (rentabilité) et financiers (coût de l'exploitation). En zone aride, les ressources en eau étant très réduites et très aléatoires, il est nécessaire de planifier l'exploitation de l'eau d'une manière durable afin de réduire les aléas de la ressource, notamment les pénuries occasionnelles ou permanentes.

Un modèle de gestion durable consisterait à raisonner sur la récurrence des apports. Le principe est le suivant :

- Les apports moyens et les apports de faible récurrence (inférieurs à 10 ans) seront destinés à l'irrigation des parcelles exploitées sur les versants.

- Les apports de récurrence plus rare (T=20 ans à 50 ans) seront destinés à la recharge des nappes.

Dans ce cas, il ne peut y avoir de compétition. Les eaux, entraînées gravitairement sur les versants pentus, rencontrent, dans leur progression vers l'aval, les premiers aménagements (tabia) dès que les pluies sont suffisamment fortes mais non exceptionnelles. En année à forte pluviométrie, les excédents rejoignent les zones aval de recharge et vont alimenter les nappes d'eaux souterraines. Les nappes ne sont donc rechargées qu'en année relativement exceptionnelle (10, 20, 50 ans etc...). Dans ce cas, les quantités infiltrées peuvent servir plusieurs années car les apports correspondant aux récurrences rares équivalent à plusieurs fois l'apport annuel moyen.

## CONCLUSION

Le développement des régions arides est étroitement lié aux ressources en eau. Ce milieu demande de l'ingéniosité, des efforts et des investissements. Il exige en particulier une bonne connaissance du climat local et la maîtrise des ruissellements pour en atténuer les aléas. Cette connaissance et cette maîtrise permettraient de réduire les conséquences des longues périodes de sécheresse et de mieux les fixer les populations de ces régions.

En effet, compte tenu de l'évolution démographique et de la saturation des grandes villes, la zone aride va jouer un rôle très important dans l'avenir immédiat de la Tunisie. Même si, traditionnellement, la population locale a toujours su s'adapter à ces conditions naturelles difficiles, il n'en demeure pas moins que cette adaptation s'est forgée sur l'expérience du vécu et qu'aujourd'hui il est possible de conforter et d'améliorer les techniques empiriques par des concepts scientifiques et techniques fondés sur l'observation et les mesures (pluie, infiltration, ruissellement, érosion).

Cet article est une tentative de démarche raisonnée pour une meilleure maîtrise des eaux de surface et pour définir une stratégie durable de leur exploitation. On retiendra que la conservation des eaux fournies est capitale, que ces eaux proviennent de courtes périodes humides, de pluies abondantes ou des crues torrentielles. Limiter les surfaces cultivées en fonction des ressources en eau disponible est la condition sine qua non du recouvrement d'un certain équilibre naturel et social dans les zones arides.

## BIBLIOGRAPHIE

ALAYA K., VIERTMANN W., WAIBEL T., 1993. Les Tabias. GTZ "GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT", Tunis. 192 p.

CRUETTE J. et RODIER J.A., 1971. Mesure de débits de l'oued Zeroud pendant les crues exceptionnelles de l'automne 1969. Cahier ORSTOM série hydrologie. Vol XIII n°1. pp 33-64.

DEMANGEOT J., 1981. Les milieux naturels désertiques. Ed. SEDES. 261 p.

EBERENTZ P., 1977. Synthèse des résultats obtenus lors de l'étude des nappes underflow du gouvernorat de Medenine. Note interne Bureau de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques. 9 p.

EL AMAMI S., 1984. Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. Centre de Recherche du Génie Rural. 69 p.

FERSI M., 1979. Estimation du ruissellement moyen annuel sur les bassins du sud-est, du sud-ouest et du Sahel-sud. Note interne Bureau de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques.

GHORBEL A., 1991. Guide Pratique des calculs hydrologiques. Rapport interne Bureau de l'Inventaire des Ressources Hydrauliques. 61 p.

HENIA L., 1996. Variabilité du climat et stratégies d'adaptation humaines en Tunisie. Edition des actes du colloque de la faculté des sciences humaines et Sociales de Tunis, 1984. 391 p.

JOB J.O., BEN MOUSSA H., BELGHITH A. et MTIMET A., 1993. Effet d'une crue d'oued sur une oasis de montagne. Revue sécheresse n°3, vol 4. pp 153-158.

SAKISS n., ENNABLI N. et SLIMANI M., 1991. La pluviométrie en Tunisie. Institut National de la Météorologie. 120 p.

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

Zahar, Y. - Optimisation de la gestion des eaux de surface et valorisation du ruissellement par les techniques traditionnelles en climat aride tunisien, pp. 119-132, Bulletin du RESEAU EROSION n° 18, 1998.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)