gtz

# Les Tabias DGF



# Les Tabias

Direction Générale des Forêts (DGF)
Ministère de l'Agriculture
Tunis 1993

**Editeurs :**

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
Postfach 5180
2636 Eschborn 1

**Auteurs :**

K. Alaya, W. Viertmann, T. Waibel
Tout droits réservés

**Conception et réalisation :**

Projet "Promotion de la protection des Ressources
Naturelles et de l'exploitation de la Faune Sauvage
dans les Régions arides"
PN : 82.2045.1-01.100

**Impression :**

Imprimerie Arabe de Tunisie

**ISBN :**

9973 - 9735 - 0 - X

# Les Tabias

par
Khlifa ALAYA, Werner VIERTMANN
Thorsten WAIBEL

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)
GmbH

Eschborn, République Fédérale d'Allemagne

Tunis, Juin 1993

# Sommaire

Préface..... 9

Remerciements.....13

Abréviations .....14

Utilisation du manuel .....15

Avant-propos .....17

1. Aperçu historique et introduction .....19

2. Les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement
en Tunisie aride .....23
2.1. Caractéristiques générales des systèmes de retenue d'eau.....23
2.2. Les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement
dans l'aride supérieur..... .....25

2.2.1. Les meskats.....25
2.2.2. Les ouvrages d'épandage des eaux de crues.....26
2.2.3. Les terrasses et banquettes.....27

2.3. Les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement
dans l'aride inférieur.....28

2.3.1. Les jessours.....28
2.3.2. Les tabias.....31

2.4. Les tabias par rapport aux autres systèmes de production
agricole dans les steppes du Sud.....37

3. Données pluviométriques de la Tunisie méridionale.....41

3.1. Quantité et variations interannuelles des précipitations.....42

3.2. Intensité des précipitations.....44

4. La technique des tabias.....47

5. Préparation de la planification.....51

5.1. Base Cartographique.....51
5.2. Identification du projet et contacts avec les responsables et les agriculteurs.....52
5.3. Délimitation des propriétés.....53

6. Planification.....57

6.1. Sélection du site de construction.....57
6.2. Limites des calculs exacts.....59
6.3. Estimation de l'apport de ruissellement.....61
6.4. Estimation des besoins en eau.....65
6.5. Débits de crues et évacuation des trop-pleins.....65

6.5.1. Calcul du débit de crues.....66
6.5.1.1. Calcul du coefficient Cd.....67
6.5.1.2. Calcul de l'intensité de pluie I.....68
6.5.1.3. Calcul de la superficie du bassin versant A.....69

6.5.2. Mode d'évacuation et dimensions des évacuateurs de trop-pleins.....69
6.5.2.1. Evacuation au niveau du sol.....70
6.5.2.2. Seuils-déversoirs.....71

6.5.3. Marche à suivre pour calculer le débit de pointe des crues et les dimensions des évacuateurs.....73

6.5.3.1. Calcul du débit de crues.....73
6.5.3.2. Calcul de la capacité et des dimensions des évacuateurs.....75

6.6. Spécification des tabias.....77

7. Levé topographique et piquetage.....85

8. La construction.....93

8.1. Travaux de construction.....93
8.2. Dossier et fiche technique.....101

9. Amélioration des tabias existantes.....103

9.1. Généralités.....103
9.2. Les principaux échecs et les améliorations possibles.....104

10. Entretien et exploitaton.....111

10.1. Entretien.....112
10.2. Arboriculture et cultures vivrières dans les tabias.....116
10.3. Cultures fourragères dans les tabias.....119
10.4. Aménagement sylvo-pastoral des tabias.....121

11. Aspects économiques des tabias.....125

11.1. Hypothèses de calcul.....125

11.2. Rentabilité des tabias.....126

12. Étude de cas : promotion des tabias améliorées
dans la région de Bou-Hedma.....129

12.1. Contexte prévalent dans la région de Bou-Hedma.....137
12.2. Stratégie adoptée pour la promotion de la technique
des tabias améliorées.....139
12.3. Démarche à suivre.....140

12.3.1. Niveau de la planification des tabias.....140

12.3.1.1. Information de la population concernée par le projet.....141
12.3.1.2. Contacts individuels.....143
12.3.1.3. Délimitation des propriétés et planification des tabias.....146

12.3.2. Niveau de la mise en œuvre des tabias.....147

12.4. Formation des techniciens.....149
12.5. Formation des tractoristes.....151

13. Détermination des normes unitaires des tabias.....153

13.1. Confection des banquettes de la tabia.....153
13.2. Construction des seuils-déversoirs.....154
13.3. Transport et extraction de pier es.....154
13.4. Coûts de construction des tabias.....155

Annexes.....157

Bibliographie.....191

Illustrations en couleurs.....129

# Préface

La Tunisie, pays de petite superficie (155.830 km²) mais d'ancienne civilisation, a toujours été le carrefour de l'Orient, de l'Europe et de l'Afrique, et a su tirer partie de l'apport des conquêtes phénicienne, romaine, byzantine, arabe, turque et française qui ont marqué de leurs empreintes le paysage tunisien et son patrimoine naturel et culturel.

Qu'elle s'appelât Africa, Carthage, Ifriquiya ou Tunisie cette contrée fût et resta un pays essentiellement agricole, depuis Magon le Carthaginois qui a écrit le premier traité agronomique jusqu'à nos jours où l'investissement agricole reste l'une des priorités du pays. Il est bon de rappeler que pendant trois à quatre siècles la terre tunisienne fût l'un des principaux greniers de Rome et sa réserve de faune sauvage (lions et léopards) qu'elle utilisa dans ses jeux de cirque.

Cependant les invasions qui se sont succédées sur la terre tunisienne ont été pour beaucoup dans le recul de sa couverture végétale naturelle et par suite à l'origine de l'érosion et de la désertification.

Ainsi la superficie des forêts est passée de trois (3) millions d'hectares au début de l'ère chrétienne à 368.000 hectares la veille de l'indépendance du pays, obtenue en 1956. De même la superficie agricole qui était de 1,2 millions d'hectares en 1922 pour une population évaluée à 2 millions de personnes, est passée à 5 millions d'hectares de nos jours pour une population évaluée à 9 millions de personnes. Cet accroissement des superficies cultivées s'est traduit par un défrichement important de la végétation naturelle, protectrice des sols et par une surexploitation des parcours, accélérant leur dégradation.

Consciente de la menace qui pèse sur ses ressources naturelles (eau, sol, forêts, faune et flore sauvages), la Tunisie s'est attelée depuis son indépendance à la mise en œuvre d'une stratégie de conservation, de développent et d'utilisation rationnelle et durable de ses richesses naturelles.

Cette stratégie est basée essentiellement sur la conservation des eaux et du sol (CES), la forestation et la lutte contre la désertification, la reconstitution et la protection des biotopes naturels avec leur faune et flore sauvages.

C'est ainsi que la Direction Générale des Forêts, relevant du Ministère de l'Agriculture, a pris, entre autres, des mesures de sauvegarde des espèces et des biotopes menacés par l'actualisation des textes législatifs en vigueur (révision du Code Forêstier) et la création d'aires protégées. De 1977 à 1990, six parcs nationaux, judicieusement répartis sur l'ensemble du pays, ont été créés. Ces parcs se caractérisent par la diversité de leurs biotopes et la limitation de leurs superficies qui sont comprises entre 391 Ha pour le parc national des îles Zembra et Zembretta, à 16.448 Ha pour le parc national de Bou-Hedma. Cependant leurs objectifs restent les mêmes, à savoir :

- La conservation des diversités biologiques du pays et notamment des espèces de la faune et de la flore sauvages qu'elles renferment, constituant ainsi des réserves de gènes ;
- La régénération des espèces végétales devenues rares et la réintroduction de certaines espèces animales disparues ;
- La recherche scientifique relative à la biologie et à l'écologie du milieu naturel ;
- L'éducation, l'information et la sensibilisation du public dans le domaine de la protection de la nature ;
- Le développement des actvités socio-économiques des régions environnantes des parcs ;
- La création de pôles d'attraction pour un tourisme écologique adapté aux possibilités du milieu naturel et de l'infrastructure existante.

L'aménagement des aires protégées doit tenir compte des besoins des populations existantes dans les régions concernées et déboucher sur des modèles d'utilisation durable des richesses naturelles renouvelables.

Pour atteindre ces objectifs une requête pour un projet de Coopération Technique a été présentée en 1982 par les autorités tunisiennes compétentes au Gouvernement de la République fédérale d'Allemagne et ce dans le cadre de la Coopération Tuniso-Allemande. Ce projet intitulé "Promotion de la Protection des Ressources Naturelles et de l'Exploitation de la Faune Sauvage dans les Régions Arides" a été accepté en 1983 par la Partie Allemande dont le Ministère de la Coopération Economique (BMZ) a chargé la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) d'apporter son assistance à la Direction Générale des Forêts, relevant du Ministère de l'Agriculture, pour la réalisation des objectifs du dit projet, à savoir :

- La régénération et la protection des ressources naturelles (faune, flore, eau et sol) du Parc National de Bou-Hedma, avec l'élaboration d'études et l'exécution des travaux, en tant qu'actions pilotes applicables à d'autres régions similaires ;

- L'intégration de la population de Bou-Hedma dans les actions entreprises dans le Parc et sa périphérie ;

- L'assistance aux petits agriculteurs de la région pour la construction de jessours, tabias et retenues d'eau ainsi que la plantation d'arbres fruitiers et d'autres cultures, dans le but d'améliorer leur condition de vie ;

- L'assistance à la création d'autres parcs nationaux et réserves naturelles ainsi qu'à la gestion de la faune sauvage.

Ces objectifs ont été atteints dans leur ensemble à la fin du projet en Septembre 1992, grâce à la bonne collaboration, à l'esprit d'équipe et à l'engagement dont ont fait preuve les responsables des deux Parties, Allemande et Tunisienne, durant l'exécution du projet.

Pour illustrer les multiples actions entreprises ainsi que l'expérience acquise et pour assurer une meilleure diffusion de leur réussite, 3 manuels sont édités. Ils concernent les domaines essentiels dans lesquels le projet a œuvré :

- "Les Tabias pour la conservation du sol et une utilisation rationnelle de l'eau de ruissellement".

- "Contribution à la régénération de la végétation dans les Parcs Nationaux en Tunisie aride".

- "Gestion de la faune sauvage et des Parcs Nationaux en Tunisie".

Ces manuels sont destinés à servir de base et à promouvoir les actions pour améliorer l'aménagement et la gestion de notre environnement naturel.

Hans Peter MULLER
*Conseiller GTZ*

Slaheddine BEL HADJ KACEM
*Directeur de la Conservation des Forêts, Directeur National du Projet.*

# Remerciements

Nos remerciements vont tout d'abord à tous les amis, collègues et commanditaires pour leur aide et collaboration à la réalisation de ce manuel.

Notre gratitude s'adresse en particulier à M. Mohamed Habib Hizem, Directeur de la CES pour l'intérêt motivant qu'il a manifesté à l'égard de ce travail, ainsi qu'à M. Hédi Lagili, Ingénieur en Chef à la Direction de la CES pour son importante contribution à l'élaboration de cet ouvrage.

Notre reconnaissance va également à M. Slaheddine Bel Hadj Kacem, Directeur de la Conservation des Forêts et à tous les responsables de la Direction Générale des Forêts sans la participation desquels, cet ouvrage n'aurait pas pu voir le jour.

Nous remercions tout particulièrement le Ministère fédéral de la Coopération Economique (BMZ) à Bonn et la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) à Eschborn grâce à qui cette idée de manuel a pu être matérialisée. Il convient de mentionner ici M. H.P. Müller, Chef de Projet, qui a encadré la préparation et la rédaction de ce manuel qu'il a fait bénéficier de son soutien critique.

Nos remerciements vont aussi à tous les responsables du Gouvernorat de Sidi-Bouzid ainsi qu'aux ingénieurs et techniciens du CRDA de la région pour leur participation à la réalisation des travaux sur le terrain, notamment MM. Taïeb Mansour, Néjib Chennoufi, Tijani Hedriche, Ahmed Zoghlami et Abdelmajid Laghouane. Il faut mentionner également les nombreux agriculteurs de la région de Bou-Hedma dont la compréhension et l'ouverture d'esprit nous ont été très profitables.

Enfin, nous remercions sincèrement Mme Skouri pour son engagement et pour la patience dont elle a fait preuve lors de l'écriture et de la traduction du texte.

## Abréviations

| | |
|---|---|
| *CES.* | Conservation des eaux et du sol |
| *Dj.* | Djebel |
| *Dt.* | Dinars tunisiens |
| *FIG.* | Figure |
| *FOSDA.* | Fonds Spécial de Développement Agricole |
| *h.* | heure |
| *Jt.* | Journées de travail de main-d'œuvre |
| *ml.* | mètre - linéaire |
| *P.* | Pluviométrie moyenne annuelle |
| *P. N.* | Parc National |
| *s.* | seconde |
| *TAB.* | Tableau |

# Utilisation du manuel

Le but de cet ouvrage est de transmettre aux techniciens et ingénieurs en CES du Sud de la Tunisie, les expériences de plusieurs années concernant la planification et la construction des tabias, afin de les motiver pour construire de tels systèmes et de les familliariser avec les techniques spécifiques de construction. Par ailleurs, il s'agit également d'intéresser les ingénieurs en CES des autres pays du Maghreb à ces systèmes et de les inciter à entreprendre des essais.

Nous essaierons donc, dans ce manuel, de répondre à la question "Comment concevoir et construire un système fonctionnel de tabias ?"

La PARTIE A décrit les différents systèmes de retenue d'eau de la Tunisie et leur dépendance des influences climatiques. Pour les lecteurs peu familiarisés avec ces techniques, elle servira d'introduction. Elle comporte aussi, dans la mesure de leur disponibilité, les données climatologiques, importantes au niveau de la planification.

La PARTIE B donne les aspects purement techniques de la planification, de la réalisation et de l'amélioration des tabias et constitue l'essentiel du manuel. Cette partie peut être considérée comme une entité individuelle et utilisée de façon indépendante. Les auteurs ont donc conservé sciemment les éventuels recoupements avec les autres parties qui comportent de plus amples informations et recommandations.

La PARTIE C expose les possibilités d'exploitation plus ou moins connues des tabias et leurs potentiels de rendement. Une analyse économique été tentée malgré les nombreuses variables. Cette

partie est destinée à assurer les ingénieurs agronomes et forestiers de la validité des tabias et de l'opportunité de tester d'autres possibilités d'exploitation.

La PARTIE D transcrit l'étude du cas de Bou-Hedma et donne les détails pratiques de la méthode suivie pour promouvoir ces techniques au niveau des petites exploitations agricoles des zones arides.

Les auteurs sont convaincus que ce manuel ne permettra pas d'effectuer d'emblée la planification et la construction d'un système de tabias. Certains aspects sont nettement plus complexes et souvent, on a préféré se limiter à l'essentiel. Il est donc impératif de présenter ce manuel dans le cadre d'un stage pratique, et d'associer, à la connaissance des bases théoriques, une participation active à la planification et la construction d'un système pilote.

# Avant-propos

Une contribution importante pour une meilleure gestion des eaux de surface en régions arides et semi-arides de la Tunisie peut être apportée par la réalisation d'ouvrages d'épandage et de collecte des eaux de ruissellement tels que les tabias, technique traditionnelle adaptée au contexte écologique et social de notre pays.

Pour pallier à l'effet de la sécheresse et à l'aridité du climat, les sociétés humaines de la Tunisie ont fourni des efforts considérables pour la maîtrise des eaux de ruissellement et la collecte des eaux de surface. En effet, le développement agricole dans les régions arides de notre pays est tributaire de cette technique traditionnelle dite "tabias" qui a pour objectif la mobilisation des eaux de ruissellement et la lutte contre l'aridité des terres ; elle constitue une pratique agricole courante et importante dans notre méthodologie d'intervention anti-érosive.

En effet, le programme de mobilisation des eaux de surface défini par l'implantation d'ouvrages de maîtrise et de collecte des eaux de ruissellement constitue une composante importante de notre stratégie de conservation des eaux et du sol.

Cette technique "tabias" quoique traditionnelle, permet non seulement une irrigation adaptée des terres en régions arides mais également une amélioration de l'équilibre du système hydrologique et de la qualité du sol.

Ce document présente une technique simple à réaliser, plus adaptée, moins coûteuse et qui s'intègre facilement dans notre programme décennal de mobilisation des eaux de surface par épandage. Il apporte une contribution à la nouvelle conception des actions de mobilisation des eaux de surface qui se développent, et

plus particulièrement dans les régions arides et semi-arides où le développement agricole est conditionné par :

- l'irrigation par épandage

- l'amélioration du bilan hydrique des sols

- la diminution des risques de sécheresse

Ce document porte également sur une technique d'aménagement de petite hydraulique, considérée comme une pratique de conservation des eaux et du sol et un outil efficace de protection des terres contre la désertification.

Cette technique de mobilisation des eaux de surface est un vecteur idéal pour le travail associatif où l'intérêt communautaire implique la participation des populations à la réalisation de ces aménagements de collecte des eaux de surface.

**MOHAMED HABIB HIZEM**
*Directeur de la Conservation*
*des Eaux et du Sol*

# 1. Aperçu historique et introduction

Dans l'Antiquité, on avait déjà mis au point, dans les zones limitrophes du désert, une agriculture d'irrigation intensive qui était basée sur l'interception, la déviation et l'épandage des eaux de ruissellement.

Les plus anciens de ces ouvrages hydrauliques ont été trouvés lors de fouilles en Jordanie et leur âge est estimé à environ 5000 ans. Les vestiges vieux de 3000 ans de la digue de Marib, capitale de la légendaire reine de Saba, au Yemen actuel, constituent un exemple impressionnant des aptitudes extraordinaires des techniciens de l'époque. La digue de ce système d'épandage des eaux d'un oued avait une longueur de 700 m, une hauteur de 15 m et une largeur de 80 m à la base. Elle servait à retenir l'eau du fleuve qui s'écoulait dans deux canaux de déviation situés plus haut. Ces canaux se ramifiaient en un vaste réseau de canaux secondaires et tertiaires et alimentaient ainsi un périmètre irrigué de 20.000 ha. Environ trois cent mille personnes trouvaient là leur subsistance[1].

À partir du Moyen-Orient (Syrie, Jordanie, Palestine, Yemen), ces techniques ont été divulguées jusqu'en Tunisie et en Algérie. Par différents auteurs Romains tels que Cicéron et Varron, on a su que la dérivation et l'utilisation des eaux de ruissellement donnaient lieu à une agriculture intensive qui faisait que la province "Africa proconsularis" fut le fournisseur de l'empire romain en céréales,

---

1. Avant la destruction définitive du système par les pluies catastrophiques en 575 de notre ère, il a fonctionné, avec de nombreuses petites réparations, pendant environ 1300 ans. Il est aussi cité dans le Coran (Sura 34, 16-17).

vins et olives, du 1er au 4ème siècle de notre ère. Déjà avant les Romains qui ont introduit et développé ces techniques à grande échelle, on prête au Phéniciens des connaissances en ce qui concerne la distribution et le captage des eaux de ruissellement. Il est possible qu'en Afrique du Nord, ces techniques trouvent leurs racines dans une époque plus lointaine encore.

Dans beaucoup de centres orientaux et nord-africains où cette technique avait atteint son apogée, son utilisation déclinait avec la disparition des tribus possédant une tradition agricole et avec l'arrivée des nomades et leur bétail. Dans les régions abandonnées et livrées à la désertification, il ne restait souvent que des ruines ou des traces d'une agriculture passée dont le rayonnement et la signification socio-économique ne peuvent être évalués sans examen approfondi.

En dehors du Yemen, la Tunisie est un des rares pays où, jusqu'à ce jour, on a conservé, dans l'agriculture des zones arides, les techniques traditionnelles d'interception des eaux de ruissellement et les petits aménagements hydrauliques datant de l'antiquité. Les systèmes de "Jessour" construits remarquablement dans la région de Matmata au Sud de la Tunisie et dans les montagnes de la chaine Djebel Bou-Hedma, Djebel Orbata font apparaître l'importance de cette technique dans l'arboriculture, même jusqu'à nos jours.

Même dans les régions fortement arrosées de la Tunisie, les techniques de rétention d'eau se sont conservées depuis des centaines d'années. El Amami* met en évidence la multitude des formes et l'interdépendance bioclimatique ainsi que géotopographique des techniques.

* L'historien arabe.

Après un bref aperçu des différentes techniques traditionnelles d'interception des eaux de ruissellement dans les régions arides et semi-arides de la Tunisie, ce sont les possibilités existantes dans les zones arides avec des précipitations entre 100-200 mm, qui représentent l'essentiel de cet exposé.

Dans de telles conditions climatiques, les cultures importantes comme celles de l'olivier, de l'amandier ou des céréales etc. ne peuvent plus être pratiquées ou être productives sur des sols non irrigués. On ne peut obtenir des rendements sûrs qu'avec un apport d'eau supplémentaire. Des procédés modernes d'agriculture irriguée, l'utilisation de l'eau de la nappe phréatique et l'emploi de moto-pompes ont assurément contribué au développement rural des régions arides. Mais en même temps, du fait d'une surexploitation, apparaissent aussi des limites qui se manifestent par des phénomènes comme l'abaissement de la nappe phréatique, l'augmentation de la salinité du sol et les suites que cela entraîne. Ainsi les bassins traditionnels de retenue d'eau qui ont fonctionné pendant des centaines d'années, se présentent sous un jour nouveau, du fait de la prise de conscience accrue de l'environnement, qui reconnaît la fragilité et la possibilité réduite de régénération des écosystèmes arides. Les systèmes modernes de retenue d'eau, construits mécaniquement, mais conçus selon les techniques traditionnelles pourraient être utilisés pour les besoins de l'agriculture s'ils étaient exploités d'une manière adéquate.

Ceci empêcherait d'énormes quantités d'eau pluviale de partir dans la mer sans avoir été utilisées.

Cette conviction a incité les auteurs à examiner, dans le cadre de leur exercice à la Direction de la Conservation des Eaux et du Sol, la Direction Générale des Forêts et la Coopération Tuniso-Allemande (GTZ), une forme connue des techniques traditionnelles bien acceptées par la population: la technique des "tabias".

# 2. Les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement en Tunisie aride

## 2.1. Caractéristiques générales des systèmes de retenue d'eau

Bien que les systèmes de retenue d'eau dans les diverses zones climatiques soient construits de manière très différente, on peut régulièrement les décomposer en ensembles fonctionnels dont les caractéristiques diffèrent selon le type et l'utilisation. Ces ensembles fonctionnels sont :

• Le bassin versant ou impluvium

L'impluvium formé de collines et de montagnes sert au captage des eaux de pluie. Sa superficie varie de quelques centaines de $m^2$ jusqu'à plusieurs $km^2$. Contrairement à ce qu'il faut pour les surfaces cultivées, il est souhaitable d'avoir ici une infiltration limitée et un ruissellement élevé. La part du ruissellement par rapport à la totalité des précipitations est donnée par le coefficient de ruissellement qui dépend de nombreux facteurs.

• L'ouvrage d'interception et le bassin de retenue

L'ouvrage d'interception en terre sert à collecter les eaux pluviales et à retenir les écoulements qui viennent de l'impluvium. Ici, il est souhaitable d'être en présence d'une infiltration importante pour approvisionner les différentes cultures. Les besoins en eau des cultures déterminent la hauteur d'eau qui doit être retenue. Pour assurer une distribution d'eau régulière, le bassin de retenue doit être nivelé.

• Le système de diversion

Lorsque l'impluvium ne se trouve pas directement en amont de l'ouvrage de retenue, il est très souvent nécessaire de construire des banquettes en terre et des canaux de dérivation qui drainent l'eau des oueds, des ravins à fond plat et des dépressions naturelles.

• Le système d'évacuation et de déviation

Le système d'évacuation de trop-pleins est constitué d'endroits renforcés dans ou aux extrémités de la banquette de retenue pour évacuer les eaux excédentaires et les envoyer, parfois par des banquettes de dérivation, vers les ouvrages situés en aval.

Le seuil du déversoir détermine la hauteur d'eau dans le bassin de retenue.

Entre les surfaces des bassins versants et un ou plusieurs ouvrages d'interception, s'établit une relation déterminée et empirique, désignée facteur K*. Cette relation dépend en premier lieu de la pluviométrie régionale et représente, en dehors de la construction, une des caractéristiques importantes des différents types de systèmes de retenue d'eau.

Au cours de leur histoire centenaire, ces relations sont apparues, pour les différents systèmes, en fonction des localisations climatiques. En pratique, le K de deux systèmes d'une même zone climatique peut être très différent en fonction des particularités des bassins versants correspondants. Le plus difficile, lors de la construction d'un système de retenue d'eau, est d'établir correctement dans chaque cas cette relation K pour éviter une sous-alimentation en eau ou des dégâts dûs au surdimensionnement de l'impluvium.

---

* Facteur K : superficie bassin versant/superficie de la retenue.

## 2.2. Les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement dans l'aride supérieur

Selon le partage bioclimatique de la Tunisie préconisé par Emberger, la zone de l'aride supérieur avec des précipitations entre 200-350 mm comporte de larges parties des hautes et basses plaines méridionales. Au Nord, la limite est formée par la Dorsale et au Sud par la ligne entre Feriana et Sfax. Le tracé exact de l'isohyète de 200 mm est donné en Fig. 4 (p.43).

Parmi les principaux systèmes utilisés dans cette zone, on peut distinguer :

### 2.2.1. Les meskats

Les meskats représentent la technique traditionnelle de captage d'eau pour l'arboriculture du Centre de la Tunisie. Ils ont eu leur apogée et leur plus grande diffusion géographique au temps des Romains. Mais jusqu'à nos jours les meskats sont conservés dans les plantations d'oliviers du Sahel, bien qu'actuellement, on ait tendance à les abandonner à cause du développement important de la population.

Un impluvium apporte de l'eau supplémentaire aux parcelles en aval. Les parcelles sont limitées par de petites banquettes et reliées entre elles par des déversoirs. Elles ne sont pas toujours nivelées. Le rapport entre la superficie de l'impluvium et la superficie cultivée (K) avait à peu près le facteur 2 dans l'agriculture traditionnelle, c'est-à-dire la superficie de l'impluvium était le double de la superficie cultivée.

Récemment, on a établi un lien entre les différentes perturbations du cycle naturel et l'abandon de l'exploitation des meskats, à savoir : détérioration plus importante du fait de l'érosion, tendance plus forte à l'inondation du fait d'un ruissellement non freiné, abaissement du niveau de la nappe phréatique, baisse de la productivité et perte des arbres pendant les périodes de sécheresse.

### 2.2.2. Les ouvrages d'épandage des eaux de crues

L'utilisation de cette méthode comportant déjà une technique élaborée a ses racines dans un passé lointain. Vu la ressemblance de fonctionnement avec la digue de Marib décrite ci-dessus, on suppose que son origine se situe au Yemen. Les ouvrages d'épandage étaient très répandus dans les plaines des grands oueds du Centre de la Tunisie et ils alimentaient souvent de grands périmètres d'arboriculture, de céréales et de cultures maraîchères.

Grâce à la construction de digues solides ou comme le montre la photo 1, la construction d'un canal latéral avec une pente minime (mgoud), les eaux de crue étaient amenées au niveau des banquettes latérales d'un oued et distribuées ensuite par un réseau étendu de canalisations dans le périmètre irrigué. Une implantation appropriée de points de rupture permettait d'éviter, lors de crues exceptionnelles, la destruction irréversible de l'ensemble de l'ouvrage. Étant donné qu'il n'y avait qu'une partie de l'eau du fleuve qui était déviée, ce type de système ne comportait pas de rapport caractéristique entre superficie de l'impluvium et superficie cultivée.

Les systèmes d'épandage construits par les anciens hydrotechniciens étaient sans doute endommagés de temps en temps, en cas de très fortes pluies. Mais le mode de construction, en terre et en pierres sèches, et l'existence de points de rupture facilitaient, dans la plupart des cas, la réparation de ces ouvrages vitaux. Plus au Sud, dans la région de Bou-Hedma par exemple, on peut trouver également des restes de tels systèmes (voir photo 1).

Plus récemment, on a introduit avec plus ou moins de succès, des systèmes modernes en ciment. La confiance dans la construction en dur et l'abandon des points de rupture sont considérés par El Amami comme les causes de la destruction irréversible, lors des crues exceptionnelles, de la plupart des ouvrages modernes. Une autre cause pourrait être la mauvaise gestion de l'exploitation communautaire de ces ouvrages. Ces considérations soulignent la nécessité d'encourager le développement de systèmes plutôt

petits dont la gestion peut être assurée par le propriétaire ou par une famille.

### 2.2.3. Les terrasses et banquettes

La culture en terrasses qui était très répandue dans le temps, s'étend, indépendamment des zones climatiques, des collines humides jusqu'aux collines arides de la Tunisie. Dans le Nord humide, un apport supplémentaire en eau n'était pas nécessaire et la construction de murets servait avant tout à la protection contre l'érosion. Les terrasses sur les petites collines dans les régions du Sud servaient à retenir l'eau de ruissellement et préfigurent les systèmes actuels de tabias.

Aujourd'hui, la culture en terrasses n'existe pratiquement plus en Tunisie. Les programmes étatiques de protection contre l'érosion au Centre et au Sud de la Tunisie sont basés actuellement sur les banquettes de terre qui sont levées mécaniquement le long des courbes de niveau dans les terrains en pente. Pour les systèmes de banquettes datant des années soixante, il n'y a pratiquement pas de sécurité de fonctionnement car, dans la plupart des cas, ils ne comportaient pas de déversoirs. Par contre, les systèmes plus récents en comportent. L'objectif premier de ces banquettes est la lutte contre l'érosion en freinant le ruissellement et en augmentant l'infiltration.

Dans les zones arides avec une pluviométrie inférieure à 200 mm, là où l'utilisation des superficies entre les banquettes à des fins d'arboriculture a été testée, les limites d'application de cette technique ont été mises à jour.

L'ameublissement du sol et la plantation effectuée sur la totalité de la superficie entre les banquettes ne respectent pas la séparation obligatoire entre retenue cultivée et impluvium à sol compacté. Et comme souvent, lors de la planification, il n'a pas été tenu compte de la relation entre le site et l'étendue du bassin versant d'un côté et les besoins en eau des cultures de l'autre côté, le développement des arbres reste en général problématique.

De plus, l'aménagement rationnel et étendu des banquettes se heurte très souvent à des problèmes d'acceptation de la part de la population, car la construction d'un système de banquettes se fait sans tenir compte des limites des propriétés et crée ainsi des relations de dépendance entre voisins.

## 2.3. Les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement dans l'aride inférieur

L'aride inférieur avec des précipitations moyennes annuelles entre 100-200 mm est séparé de la zone climatique saharienne au Sud par les chotts Jerid et El Fedjaj et les hauteurs des Dahars.

Dans cette zone, les cultures ne peuvent plus se développer sans apport d'eau supplémentaire. Ici, les systèmes de captage d'eau de ruissellement ont été conservés jusqu'à nos jours et ont été développés, contrairement à ce qui s'est passé dans les régions du Centre de la Tunisie. Les foyers de développement de cette technique sont les montagnes autour des Djebel Bou-Hedma, Djebel Orbata et Djebel Chemsi et les zones montagneuses autour de Moulares et Matmata.

On distingue deux types de systèmes : les jessours et les tabias.

### 2.3.1. Les jessours

La forme la plus connue des systèmes tunisiens de retenue d'eau, les jessours, se trouve aujourd'hui surtout dans les montagnes de Matmata et la région du Djebel Chemsi où elle a été pratiquée pendant des siècles. Cette forme très ancienne et laborieuse de terrassement des ravins sert à la culture des oliviers, amandiers, figuiers et dattiers. Des céréales et des cultures maraîchères sont cultivées partiellement en culture intercalaire sur de petites surfaces irriguées.

La construction de digues en terre ou de murs solides en pierres dans les thalwegs et les dépressions permet de retenir les eaux de ruissellement et les matériaux de charriage. Du fait de la sédimentation après chaque crue, de nouvelles couches de terre se dépo-

sent derrière les digues. Avec le temps, elles nivellent la pente initiale des thalwegs[3].

Après quelques couches de sédimentation, il faut surélever la digue en terre. Il n'est donc pas rare de trouver des digues d'une hauteur de cinq m dans les anciens jessours. L'eau en excès est évacuée par un déversoir renforcé, en pierres sèches, dont le seuil se trouve environ 30-80 cm au-dessus du niveau du jessour.

On distingue les déversoirs latéraux (menfess) et les déversoirs centraux (masraf) dans la digue. Un aperçu du système de jessour est donné en Fig. 1.

Dans ce système, le thalweg est entièrement aménagé d'amont en aval et les jessours en aval profitent du déversement de ceux situés en amont. Le facteur K dans ce type d'aménagement hydraulique est environ de 5-6. L'impluvium des petites vallées est formé par les pentes latérales et les croupes en amont.

Les sols squelettiques des versants pauvres en végétation et la proximité de l'impluvium par rapport au jessour donnent lieu, en cas de pluies intensives, à des quantités et des vitesses de ruissellement élevées.

Ici aussi apparaissent depuis quelques années des signes évidents d'abandon et de dégradation des systèmes, bien qu'il n'existe pas d'alternatives de culture dans les régions montagneuses. Cette évolution a été renforcée d'une part par les précipitations excessives des années 1969 et 1979 pendant lesquelles une grande partie des systèmes a été détruite ou endommagée et d'autre part du fait de l'absence de réparations.

3. Les surfaces formées par la sédimentation constituent les jessours au sens restreint du terme et sont mises en culture. Dans les petits jessours, on ne trouve souvent qu'un olivier, mais de taille respectable.

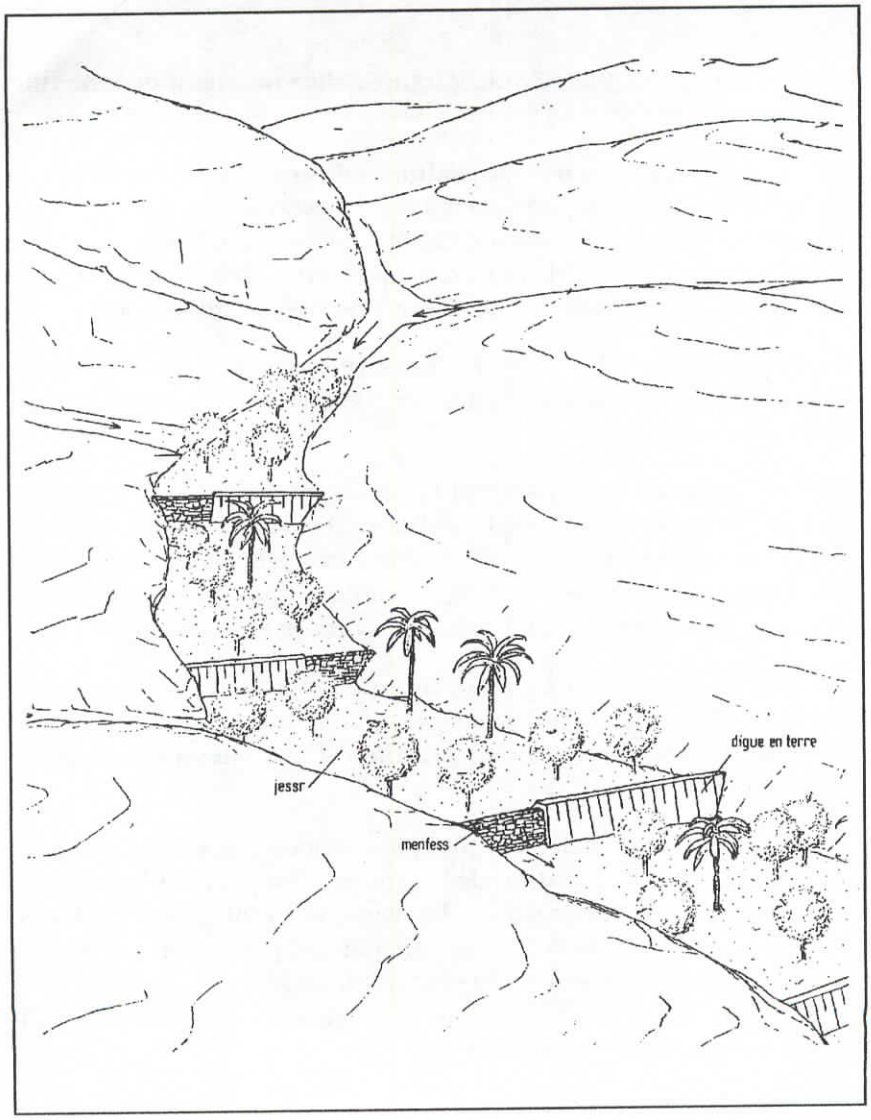



Fig. 1 : *Les jessours.*

A cela s'ajoutent depuis un certain temps des facteurs sociologiques comme l'exode rural des jeunes et l'établissement des montagnards dans les plaines. Une autre raison très importante est probablement aussi la recherche des techniques mécanisées, d'application plus facile.

### 2.3.2. Les tabias

Les tabias représentent le système typique de retenue d'eau de ruissellement des sites plats à sol profond dans l'aride inférieur. Elles sont construites en terre et se trouvent dans les zones de piémont des différentes chaînes de montages.

Elles ont été reconstituées à une époque relativement récente à partir des expériences des jessours que les paysans montagnards ont transposées lors de leur migration dans la plaine et le piémont. Cette hypothèse est confirmée par les récits des paysans de la région de Bou-Hedma et aussi par le contraste frappant entre les jessours délabrés dans les vallées difficilement accessibles de la région du Djebel Chemsi et les tabias parfaitement construites et entièrement exploitées dans la plaine en contre-bas. Des restes d'anciens systèmes présentant certaines analogies avec les terrasses, laissent supposer l'usage des systèmes du genre tabias à des époques plus lointaines. Des menaces de brigandage ou de luttes tribales, du moins dans la région du Djebel Chemsi, avaient probablement contraint les paysans à vivre pendant des siècles dans les régions montagneuses d'accès difficile et à employer la technique des jessours.

La tabia est formée d'une longue banquette principale en courbe de niveau avec, à chaque extrémité, à angle droit, une banquette latérale. Le bassin de retenue d'eau est donc entouré sur trois côtés et ouvert sur le côté amont pour capter l'eau de ruissellement destinée à l'alimentation des cultures effectuées dans la retenue. Cette superficie cultivée a en général une largeur d'environ 30 m et une longueur de 50-150 m selon le site. Elle est plantée de trois rangées d'arbres (10 x 10 m). Les banquettes ont une hauteur d'environ 1-1,5 m et sont formées avec le déblai du bas-

sin de retenue. Sur la surface nivelée du bassin de retenue, l'eau de ruissellement est captée et retenue d'une manière régulière jusqu'à une hauteur de 20-30 cm avant de se déverser par l'intermédiaire de déversoirs latéraux ou centraux dans une tabia située en aval. En fonction de la superficie de l'impluvium, on superpose plusieurs ouvrages.

En ce qui concerne l'alimentation en eau, on peut distinguer deux formes :

• Alimentation directe

Le système est desservi par un impluvium situé directement en amont. Il peut s'agir de ruissellements en lame d'une surface régulière ou d'écoulements concentrés dans une ou plusieurs dépressions. En fonction de l'état du sol, de la végétation etc., on trouve un facteur K d'environ 6-20.

Les impluviums qui se trouvent directement en amont des bassins de retenue d'eau, ont l'avantage, à cause du chemin d'écoulement très court, de produire déjà un ruissellement d'eau en cas de faibles précipitations. En plus, lors de précipitations excessives, les tabias encourent moins de risques d'être endommagées par de trop grandes quantités d'eau. Il y a donc peu de réparations et le bassin reste rarement complètement à sec.

Mais en cas d'années sèches avec seulement quelques faibles pluies, il y a le risque de ne pas pouvoir recueillir suffisamment d'eau pour assurer une alimentation correcte des cultures. Si l'on se trouve en présence d'ouvrages superposés, les différences d'alimentation en eau sont alors nettement visibles. Si les tabias supérieures sont encore suffisamment approvisionnées, les ouvrages situés en aval restent à sec. Ceci est important pour le choix des cultures.

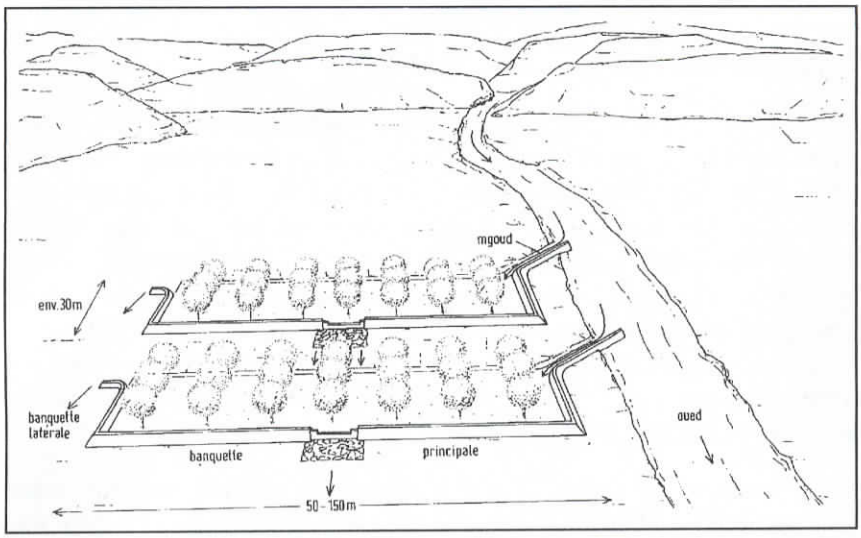



Fig. 2 : *Tabias alimentées par un oued.*

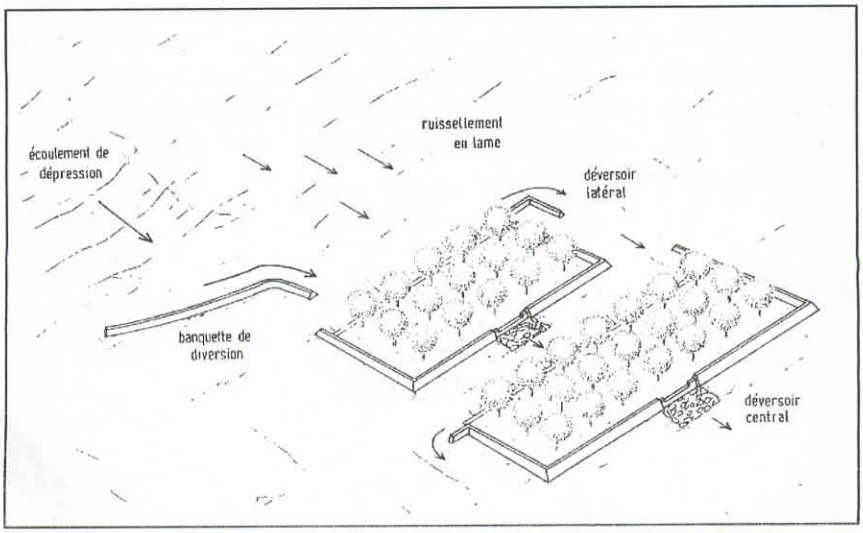



Fig. 3 : *Tabias à alimentation directe.*

• Alimentation par "mgoud"

Le système est situé au bord d'une importante dépression, d'un ravin ou d'un oued et y prélève l'eau par l'intermédiaire de petits canaux ou banquettes de diversion (mgouds). Ici les tabias édifiées par des constructeurs chevronnés se situent toujours en dehors des cours aquifères. Il n'y a que les banquettes de diversion relativement faciles à faire, qui sont souvent construites quelques mètres à l'intérieur de la zone aquifère de l'oued. Ce faisant, on prévoit qu'elles cassent lors d'une crue exceptionnelle pour protéger ainsi tout le système. Ces banquettes sont par la suite reconstruites à peu de frais.

Pour ce type de tabia, il n'y a pas de relation concrète entre l'importance de l'impluvium et la superficie cultivée. En général, le facteur K se situe largement au-dessus de 20. Cela entraîne des différences prononcées d'alimentation. À cause du grand bassin versant qui a souvent une superficie de plus de 100 ha, il n'y a que les précipitations importantes qui provoquent un ruissellement dans les cours aquifères. Une seule pluie qui réactive l'oued peut remplir la retenue et fournir les réserves d'eau pour toute une période de végétation, alors que de faibles précipitations ne produisent pas d'écoulement dans les ravins ou oueds et les ouvrages restent complètement secs.

Tableau 1

**Caractéristiques et différences des systèmes de jessours et tabias**

| | Jessours | Tabias |
|---|---|---|
| Principe de fonctionnement | Captage et stockage des eaux de ruissellement<br>Retenue et sédimentation des apports solides | Captage et stockage des eaux de ruissellement<br>Apport de sédiments indésirables |
| Emplacement | Thalwegs des montages à pente moyenne et forte (> 5%) | Bas de versants à sol profond et pente faible (0-3%) |
| Dimensions | Longueur : 15-50 m<br>Largeur en fonction du thalweg<br>Hauteur de la banquette principale : 2-5 m | Longueur : 50-150 m<br>Largeur env. 30 m<br><br>Hauteur de la banquette principale : 1-1,5 m |
| Mode de construction et d'entretien | Travaux mécaniques difficiles dans la plupart des cas | Travaux mécaniques faciles avec tracteur ou bulldozer |
| Emplacement et structure des parcelles | Souvent parcellés et dispersés | Grandes parcelles souvent rassemblées |

Caractérisé par un risque élevé de dégâts lors d'orages importants, ce type d'ouvrage demande plus d'entretien.

Pour les ouvrages superposés, la différence d'alimentation en eau entre les différents niveaux n'est pas aussi nette ici que dans le cas d'une alimentation directe.

Les Fig. 2 et 3 montrent les caractéristiques générales du système de tabias, les deux possibilités des emplacements des déversoirs et les deux modes d'alimentation en eau. Comme dans tous les systèmes d'exploitation des eaux de ruissellement décrits ci-dessus, il existe également ici de nombreuses combinaisons. La technique des tabias est de plus en plus pratiquée par la population rurale du Sud tunisien à cause de la construction mécanique facile, de la surface cultivable relativement grande du bassin de retenue et des rapports avantageux entre les investissements et les rendements. Les expériences de la région de Bou-Hedma montrent que les tabias sont probablement à l'heure actuelle le seul système de captage des eaux de ruissellement avec une superficie cultivable en expansion. Une comparaison sous forme de résumé des jessours et des systèmes de tabias est donnée dans le Tab. 1.

Cependant, c'est uniquement là où la construction repose sur une tradition (basée sur une connaissance détaillée du comportement des eaux et de leur maîtrise), que la tabia est une réussite complète. La plupart des ouvrages sont des mauvaises copies faites par les agriculteurs qui ignorent cette tradition. Beaucoup d'entre-eux étaient des éleveurs nomades et ne sont devenus sédentaires que récemment.

Résultat : d'innombrables tabias mal construites, qui ne sont pas en courbe de niveau, qui n'ont pas ou peu de capacité de retenue, sans aménagement adéquat pour l'évacuation des trop-pleins, avec des impluviums soit trop larges, soit trop petits, le plus souvent en mauvais état.

La plupart des agriculteurs ne possède évidemment ni le savoir-faire pour déterminer les bons emplacements des ouvrages, ni les techniques de construction. Il y a presque toujours aussi un

manque de moyens financiers qui conditionne l'application de techniques rudimentaires afin de diminuer les dépenses à engager. Ces gens ont besoin d'urgence, avant tout, d'une assistance technique. Les autres, qui sont au courant des traditions, tiennent lieu de référence : ils constituent un trésor très important d'expériences et d'exemples à retenir.

## 2.4. Les tabias par rapport aux autres systèmes de production agricole dans les steppes du Sud

La comparaison simplifiée des différents systèmes de production agricole dans les steppes du Sud - en excluant l'exploitation des oasis - montre un déséquilibre dans la plupart des systèmes (voir Tab. 2). A cause de la forte densité de population, la majorité des procédés minent leur base de production naturelle. Les anciens procédés qui, à l'époque, étaient utilisés sur des grandes superficies - ce qui correspondait à la vie nomade-, n'offrent plus aujourd'hui de perspectives durables à la population sédentaire. Une enquête dans la région de Bou-Hedma en 1987 a fait ressortir que pratiquement toutes les familles sont obligées de travailler en dehors de l'agriculture pour assurer leur subsistance.

Les procédés extensifs comme la céréaliculture en sec ressemblent à un jeu de hasard et ne donnent une bonne récolte que tous les cinq ans dans les zones climatiques avec des précipitations annuelles inférieures à 200 mm. L'élevage de moutons et de chèvres dépend d'un apport de fourrage supplémentaire très cher, car les pâturages sont maigres et surexploités. Les deux procédés endommagent la couverture végétale, mais l'effet érosif de l'exploitation mécanique entraîne une dégradation plus importante.

Dans les régions où l'eau de la nappe phréatique est accessible et n'est pas saumâtre, des puits avec pompe et des périmètres irrigués se développent de plus en plus. La culture maraîchère intensive, à cause de son rendement et sa capacité marchande, fait naître de plus en plus d'espérances chez de nombreux agriculteurs même dans les endroits très peu appropriés. Ce procédé qu'on

peut juger en soi positif, lorsqu'il y a une exploitation contrôlée de l'eau, entraîne des phénomènes de surexploitation, si le creusement des puits n'est pas limité et si l'eau est prélevée sans tenir compte de la possibilité de régénération de la nappe phréatique. Il en résulte un abaissement du niveau de la nappe et de la qualité de l'eau, une augmentation du coût d'extraction de l'eau, une salinité du sol plus élevée et un manque d'eau au niveau des racines dans l'arboriculture environnante.

Tableau 2

**Comparaison des procédés de production agricole appliqués dans les steppes du Sud**

| | Céréales en sec | Pastoralisme à supplém. aliment. | Cult.mar. à irrigation mécanique | Tabias |
|---|---|---|---|---|
| Effets sur l'équilibre écologique | - | - | +- | + |
| Niveau de rendement | - | +- | + | + |
| Compensation du risque climatologique | - | +- | + | + |
| Peu de coûts d'investissements | + | + | -+<br>- | -<br>+- |
| Peu de coûts de fonctionnement | + | - | - | + |
| Indépendance des subventions et de la promotion étatique | + | - | + | + |

+ bon +- différent ou moyen - mauvais

L'exploitation des tabias et l'utilisation judicieuse des eaux de ruissellement représentent comparativement un procédé nettement plus équilibré. Un bon rendement, un risque climatique moindre, des frais réduits et surtout une capacité de tolérance écologique élevée caractérisent cette technique si elle est utilisée de façon correcte. À la longue, on ne peut qu'apprécier la portée considérable d'une telle méthode d'exploitation agricole qui a des effets anti-érosion et une répercussion positive sur la régénération de la nappe phréatique.

## 3. Données pluviométriques de la Tunisie méridionale

Une condition principale pour la planification d'une ou plusieurs tabias, est la connaissance des données pluviométriques de base du site choisi. La quantité moyenne, les variations interannuelles et l'intensité maximale possible des précipitations permettent de prévoir, avec les caractéristiques des bassins versants, la taille possible de la superficie de la tabia, le nombre et les dimensions des déversoirs ainsi que la forme et la stabilité des systèmes de déviations.

Les agriculteurs des jessours des époques antérieures ne pouvant disposer, comme aujourd'hui, de données systématiques, basaient leur planification sur des valeurs empiriques concernant la relation impluvium - superficie de la retenue, que leur avaient transmis leurs pères et grand-pères. A partir de là, ils adaptaient aux conditions locales les déversoirs et banquettes de diversion en faisant constamment des essais. Aujourd'hui, l'accès aux données des précipitations sur plusieurs années et de nombreuses régions collectées par les Services de la Météo, peut simplifier cette procédure.

Vu l'alternance caractéristique dans les régions arides de périodes ou années sèches et humides, il n'est pas possible d'établir des dimensions idéales pour les superficies des tabias, déversoirs et systèmes de déviation par rapport au bassin versant. Le choix des données des précipitations déterminant la planification reste toujours un compromis[4].

---

4. Quelle est la superficie d'une tabia donnée, alimentée par un bassin versant recevant les précipitations suivantes, enregistrées dans la région de Bou-Hedma : 1987 : 90 mm, 1988 : 120 mm, 1989 : 50 mm, 1990 : 500 mm ?

## 3.1. Quantité et variations interannuelles des précipitations

Les précipitations moyennes annuelles de quelques centres du Sud tunisien sont indiquées dans le Tab. 3. Elles sont enregistrées sur une période dépassant cinquante ans. Les chiffres concernant les précipitations annuelles les plus élevées et les plus basses pendant la période d'observation, font ressortir que les valeurs

Tableau 3

**Pluviométrie annuelle en Tunisie aride**

| Lieu | Pluviométrie annuelle (1) | | | Pluviométrie des années sèches avec une fréquence de retour de 5 ans |
|---|---|---|---|---|
| | moy.(mm) | max. (mm) | min. (mm) | |
| Sfax | 200 | 357 | 37 | 105 |
| Meknassy | 188 | 546 | 41 | 126 |
| Gafsa | 163 | 327 | 36 | 96 |
| Metlaoui | 130 | 269 | 17 | inc. |
| Tozeur | 90 | 198 | 6 | inc. |
| Gabès | 187 | 534 | 39 | 100 |
| Kebili | 89 | 217 | 11 | 43 |
| Matmata | 231 | 692 | 38 | 110 |
| Medenine | 144 | 385 | 40 | 105 |
| Ben Gardane | 186 | 377 | 42 | 95 |
| Tatahouine | 123 | 294 | 26 | inc. |

(1) Données complétées d'après Floret et Pontanier, 1982.

moyennes ne sont atteintes que dans quelques rares cas. Une classification grossière et une interpolation des précipitations annuelles locales sont aussi possibles à l'aide de la carte de pluviométrie de la Fig. 4.

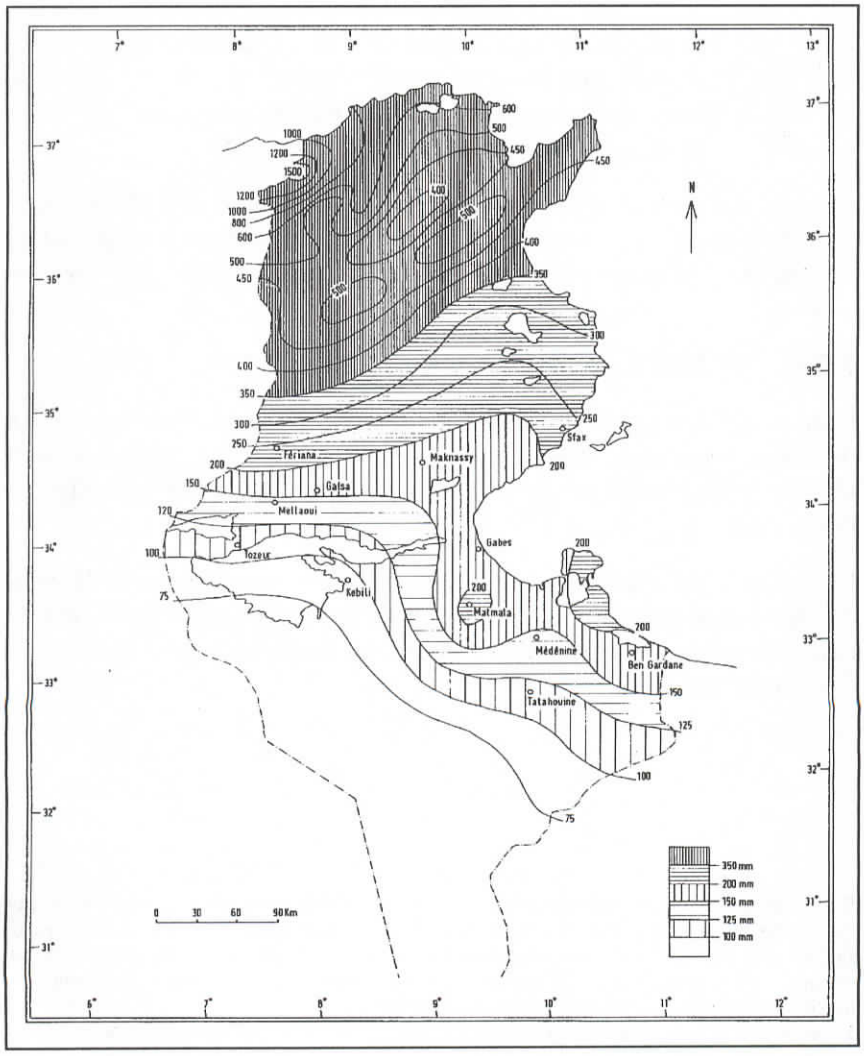



Fig. 4 : *Les étages pluviométriques en Tunisie.*

Pour contrer le risque des années sèches, il est préférable dans certains cas, mentionnés plus tard, de ne pas prendre les valeurs moyennes annuelles, mais la pluviométrie annuelle des années sèches avec une fréquence de retour de cinq ans comme base de calcul.

Cette valeur qui est indiquée dans le Tab. 3 pour les centres les plus importants du Sud tunisien, tient compte du fait que souvent, suivant la nature du bassin versant, des petites précipitations inférieures à 5-10 mm n'entrainent pas d'écoulement.

Lorsqu'il existe dans les Subdivisions agricoles des relevés des précipitations sur vingt ans ou davantage, on peut calculer la valeur des précipitations atteinte ou dépassée dans 80% des années[5].

## 3.2. Intensité des précipitations

L'intensité des précipitations dans les régions arides est soumise à de fortes variations. La connaissance des intensités maximales et leur fréquence rend possible le calcul du nombre et de la taille des déversoirs.

Les orages de l'automne peuvent atteindre une intensité de plus de 100 mm/h pendant cinq minutes et développer des quantités de ruissellement destructrices[6]. Avec la durée des précipitations, l'intensité diminue.

5. Les valeurs des précipitations annuelles sont listées en fonction de leur importance. Les valeurs les plus élevées sont placées en haut. Ensuite on compte 80% des valeurs à partir du haut. Par ex. sur 20 valeurs annuelles, la valeur recherchée est la 16ème (80% de 20 valeurs = 16 valeurs). Lorsqu'il y a un nombre d'années impair, la valeur recherchée est située entre deux valeurs dont il faut faire la moyenne.

6. De ce fait, il faut veiller spécialement en cette saison à ce que les travaux de construction des tabias et de leurs déservoirs soient terminés rapidement pour éviter que les systèmes à moitié construits ne soient endommagés.

Les enregistrements météorologiques des intensités des précipitations sur une longue période permettent d'établir la fréquence, même à l'avenir, de tels événements extrêmes. Par exemple, pour Maknassy, il faut s'attendre tous les dix ans à une intensité d'environ 70 mm/h avec une durée de cinq minutes. Tous les deux ans, il y a des intensités de 35 mm/h avec la même durée.

Les diagrammes donnant l'intensité pour différents endroits sont présentés dans les annexes 7-10.

D'autres données climatiques telles que la distribution saisonnière des précipitations, les courbes de température, l'évaporation etc. ont plutôt un intérêt agronomique et ne sont pas mentionnées ici.

# 4. La technique des Tabias

En résumé, qu'est-ce donc qu'une tabia ?

C'est essentiellement un ouvrage de terre visant l'interception, la retenue et l'infiltration d'eau de ruissellement. Un tel ouvrage consiste en une banquette principale alignée en courbe de niveau, aux extrémités de laquelle sont reliées, à angle plus ou moins droit, deux banquettes latérales, de manière à former un U. Le terrassement pour lever les banquettes se fait à partir de l'intérieur de la configuration en U. En procédant de la sorte, on crée un bassin de 20 à 30 cm de profondeur pour retenir l'eau de ruissellement (voir Fig. 5).

Pour réaliser les tabias, il faut:

- Un terrain agricole avec des sols assez profonds et fertiles, ayant un bon taux d'infiltration et une bonne capacité de retenue.
- Une zone de captage (bassin versant, impluvium) d'où provient l'eau de ruissellement.

La principale différence entre les jessours et les tabias réside dans le fait que, pour le fonctionnement des jessours, l'apport de sédiments est essentiel (les jessours sont toujours localisés dans les thalwegs plus ou moins raides), alors qu'il est nuisible pour les tabias (qui sont placées de préférence en dehors des talwegs, sur les terrains en pente douce).

Il y a deux façons principales d'alimenter le bassin de retenue :

- en interceptant directement des ruissellements provenant d'un impluvium immédiatement en amont (il peut s'agir de ruissellements en lame d'une surface régulière ou d'écoulements

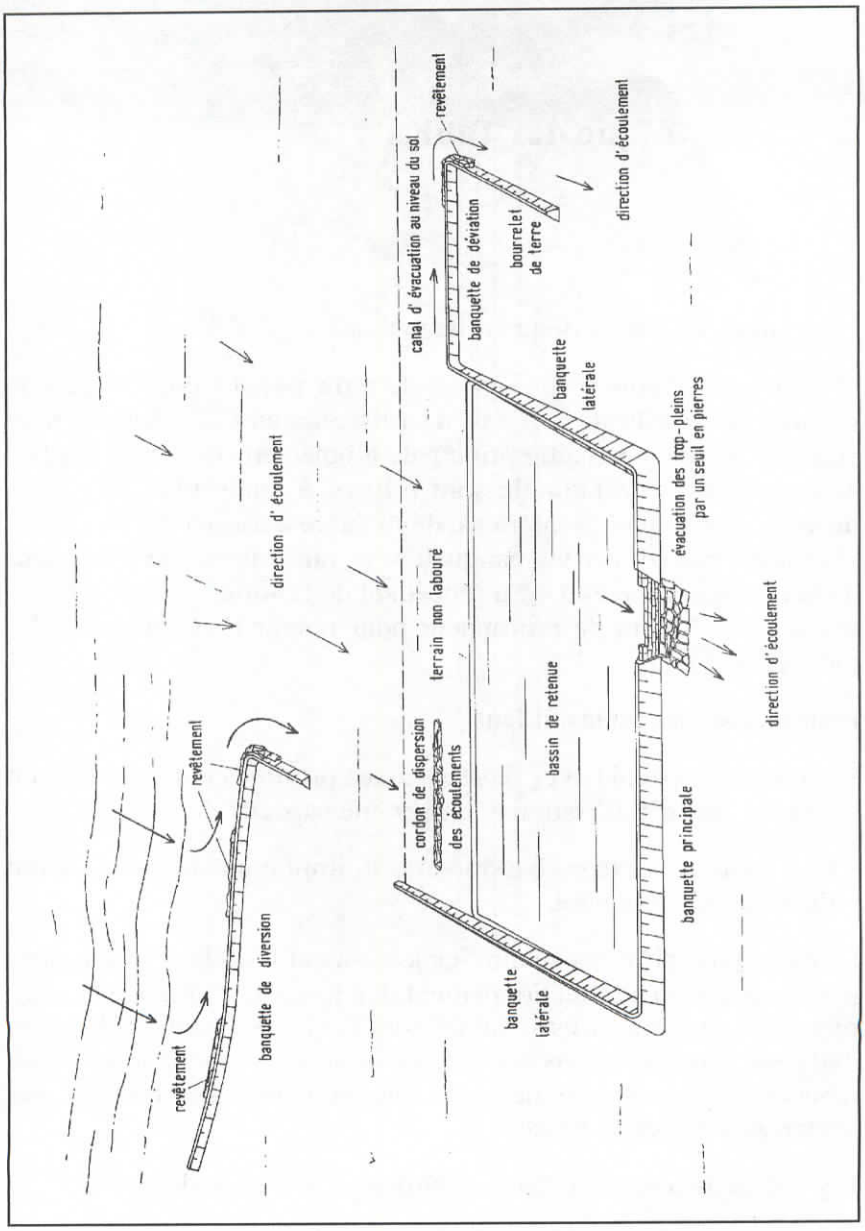



Fig. 5 : *Caractéristiques essentielles d'une tabia et les deux modes d'évacuation des trop-pleins.*

concentrés dans une ou plusieurs petites dépressions (voir Fig. 13)

- en déviant les ruissellements à partir d'une dépression plus importante ou même d'un ravin ou oued principal (voir Fig. 6 et 14).

Il y a toutes sortes de combinaisons et de variations possibles et chaque situation a sa propre dynamique. Etablir des règles ou généraliser est difficile.

Les tabias immédiatement en aval d'une zone de captage dont le volume de ruissellement correspond plus ou moins aux besoins, sont les moins menacées par les extrêmes pluviométriques. Il y a peu d'entretien, mais la probabilité d'une alimentation suffisante et régulière y est faible.

Les tabias "off stream", c'est-à-dire en dehors du réseau de drainage, et alimentées par la déviation partielle d'un ravin ou oued plus ou moins important, demandent parfois plus d'entretien, mais l'alimentation qui correspond aux besoins, même dans les années de déficit pluviométrique, est mieux assurée. Les écoulements trop importants peuvent être régularisés par un système "à fusible" pour évacuer l'excès d'eau[7] ou par la capacité donnée à un canal de déviation (voir Fig 6).

Là où les tabias bloquent totalement tous les bras d'un réseau de drainage, les gros dégâts comme ceux des années 1969 et 1979 sont inévitables.

---

7. Dans une installation électrique, le fusible représente un maillon plus faible du circuit et sa fonction est de se rompre en cas de surcharge. Ceci évite des dégâts au niveau des appareils fragiles et coûteux. Dans un système de dérivation des eaux, on est en présence du même phénomène.
*En Fig. 6, la banquette de dérivation (4) qui traverse un des deux oueds principaux (3) sert à orienter les écoulements vers les canaux d'arrivée (7) d'une série de tabias (6). En période de fortes crues dépassant la capacité de dérivation des canaux d'arrivée et risquant d'endommager les tabias, l'essentiel des écoulements passe tout d'abord au-dessus du sommet de la banquette de dérivation pour la rompre ensuite et permettre à l'ensemble des écoulements de reprendre leur cours d'origine. La banquette agit alors comme fusible pour éviter les dégâts au niveau des canaux d'arrivée et des tabias situées en aval.*

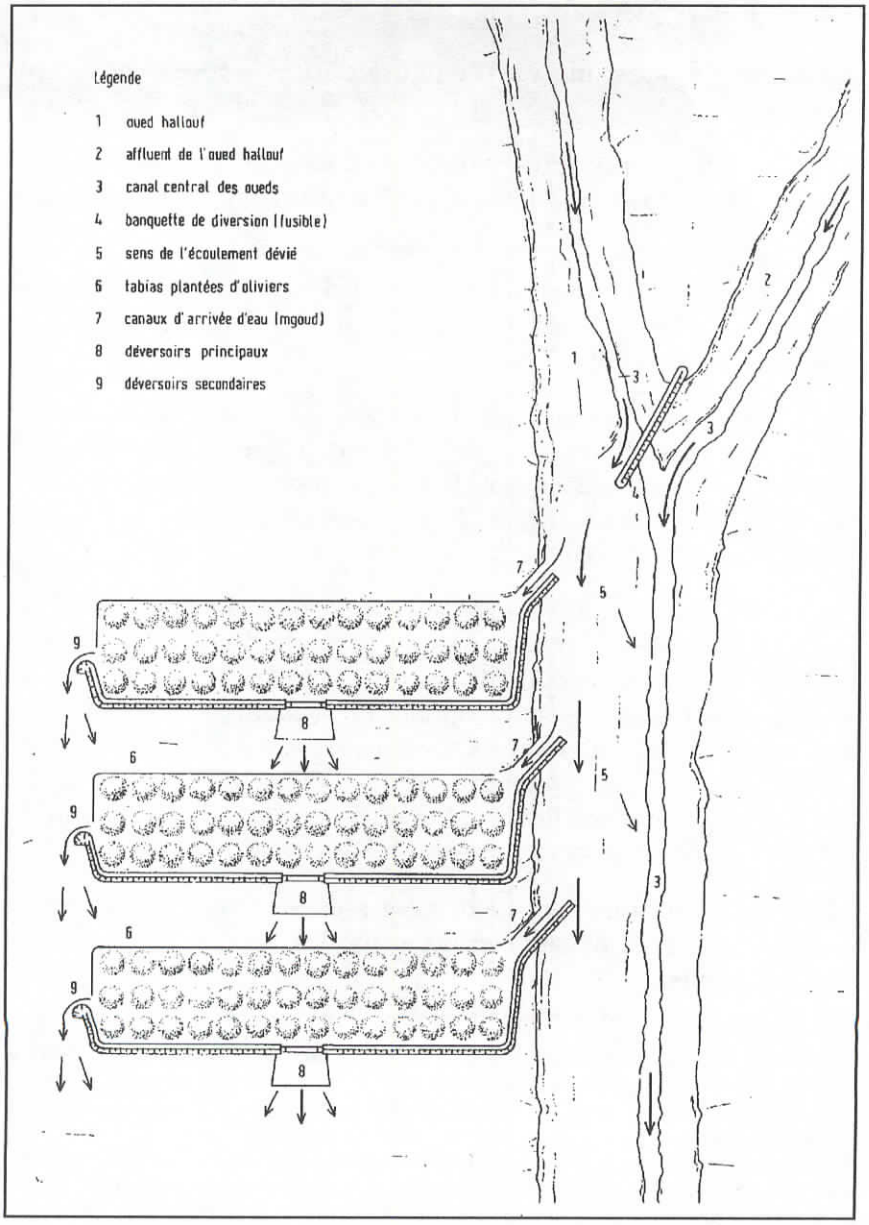



Fig.6 : *Tabias en dehors du réseau de drainage, alimentées par l'Oued Hallouf.*
Note : La banquette de diversion (4) agit comme "fusible"; lorsque les crues sont excessives, on prévoit sa cassure.

# 5. Préparation de la planification

## 5.1. Base cartographique

Les cartes d'état-major et les photos aériennes peuvent être utilisées pour la planification des tabias ou des systèmes de tabias.

Les cartes d'état-major à 1 : 50.000 [8], sur lesquelles les zones d'intérêt sont délimitées, servent de base de calcul pour les grandes superficies en utilisant soit un planimètre, soit un cliché transparent[9].

Plus importantes encore que les cartes d'état-major sont les photos aériennes.

La sélection de la mission de couverture aérienne et des photos individuelles (souvent à l'échelle de 1 : 20.000 ou 1 : 25.000) est faite sur la base de plans d'assemblage.

Plus les photos sont récentes, plus l'orientation sur le terrain est facile. On peut se contenter de photos alternées. Elles donnent assez de recouvrement pour ne pas avoir vraiment besoin des paires stéréo.

La nécessité d'agrandissements dépend de la densité de l'ensemble des travaux prévus (tabias, déviations, etc.)[10].

---

8. Ou les photocopies de ces cartes.
9. Matériau plastique transparent imprimé comportant des carrés et des points représentant des cm $^2$ et leurs fractions.
10. Normalement à l'échelle 1:5.000.

Les photos originales peuvent être reproduites par photocopieur afin de préparer les cartes thématiques[11].

Les cartes et les photos aériennes constituent les moyens d'orientation sur le terrain, permettent de faire la délimitation des propriétés et des sous-bassins, de localiser les lieux d'intervention, etc.

## 5.2. Identification du projet et contacts avec les responsables et les agriculteurs

L'identification d'un projet et un diagnostic initial de la situation physique constituent la deuxième action préparatoire après l'acquisition de la base cartographique.

Toute planification d'intervention dans une région quelconque doit être précédée de contacts avec les autorités et les responsables locaux. Un premier contact sert à expliquer la nature, l'objet et le bénéfice des interventions prévues et également à s'assurer l'appui des autorités.

Comme pour tous les travaux de développement, il est préférable de concentrer les efforts dans une zone bien délimitée et de travailler avec un groupe d'agriculteurs plutôt qu'avec des agriculteurs individuels. Ceci est d'autant plus important s'il s'agit de petits travaux hydrauliques qui dépendent souvent d'une même ressource, en l'occurence l'eau de ruissellement.

Ce premier contact doit être suivi d'une réunion organisée par le responsable local regroupant tous les agriculteurs concernés.

11. Les photos originales sont à conserver de préférence au bureau pour servir de référence. Sur le terrain, on utilise des copies. Une alternative consiste à recouvrir les originaux d'un film plastique pour les protéger avant d'écrire dessus.

## 5.3. Délimitation des propriétés

La phase préparatoire de planification de tabias se termine par la délimitation des propriétés, de préférence avec deux propriétaires voisins. Souvent, la seule bonne méthode pour parvenir à cette délimitation est de parcourir la zone à pied, même si cela peut être assez long et laborieux.

La connaissance des limites exactes des propriétés est essentielle, non seulement pour la localisation des tabias et des évacuations de trop-pleins, mais aussi pour la répartition des eaux de ruissellement et leur déviation éventuelle.

La délimitation permet également un premier survol des caractéristiques physiques du milieu et des possibilités de réalisation des tabias ainsi qu'un sondage plus profond des opinions des propriétaires. Dans la mesure du possible, il faut tenir compte de leurs idées sans pourtant faire trop de compromis au niveau des possibilités techniques.




Photo N° 17 : *Délimitation des bassins versants - base des estimations des apports de ruissellement et des spécifications des tabias.*

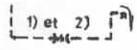
*A voir : les limites du bassin versant et des sous-bassins, l'ancienne tabia avec des plantations fruitières, les nouvelles tabias et les travaux auxiliaires de CES proposés.*

***Légende :***

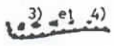


*Limites des bassins versants et des sous-bassins et désignation des sous-bassins*


*Terres de culture*



*Emplacements proposés des tabias avec seuils déversoirs et évacuateurs au niveau du sol*



*Ancienne tabia avec plantation d'arbres fruitiers*


*Cordons en pierres pour la déviation et la dispersion des crues*


*Mur de déviation (en pierres sèches)*


*Seuil/canal de déviation des trop-pleins de la tabia 3*


*Seuil déversoir d'un ancien système d'épandage*




Photo N° 18 : *Délimitation des propriétés sur photo aérienne.*
*Echelle env. 1 : 25.000.*

# 6. Planification

Une première impression positive concernant les possibilités de réalisation doit ensuite être confirmée par un examen détaillé du site.

## 6.1. Sélection du site de construction

Il y a plusieurs facteurs qui interviennent dans la sélection des sites et la localisation des ouvrages.

- la profondeur du sol
- la raideur de la pente
- la régularité de la pente
- la disponibilité du terrain
- et d'autres facteurs divers.

Pour connaître la profondeur du sol, il est rarement nécessaire de faire un sondage. Les agriculteurs la connaissent bien, parce qu'ils ont déjà creusé des trous pour planter des arbres. Parfois aussi, le profil du sol est mis à nu par un ravin se trouvant à proximité.

La profondeur du sol est évidemment un facteur très limitatif. Une lame d'eau de 300 mm ne peut être retenue par un sol profond de 50 cm, étant donné qu'il y a un terrassement à faire. Il faut donc une profondeur d'au moins 80 cm et de préférence davantage.

L'importance et l'influence de la pente du terrain sur la construction des tabias sont expliquées en détail au chapitre 6.6.

La régularité de la pente et de la surface du terrain intervient en tant que facteur facilitant : plus la pente et la surface du terrain sont régulières, plus la réalisation des tabias est aisée. Lorsque les irrégularités sont très prononcées, il est difficile d'obtenir un niveau uniforme du bassin de retenue.

Disponibilité du terrain convenant à la construction : c'est là que les limites de la propriété sont particulièrement importantes. Pour bien aligner une tabia et permettre l'évacuation des trop-pleins, la distance entre les limites d'une parcelle dans le sens de la courbe de niveau doit être d'au moins 60 m. Si l'alimentation en eau d'une tabia doit être complétée par une déviation d'un écoulement, il faut parfois bien plus que 60 m.

C'est la théorie !

En pratique ceci n'est pas toujours faisable, étant donné que souvent, la largeur des parcelles dans le sens de la courbe de niveau ne dépasse pas le minimum nécessaire à une construction convenable.

Pour exploiter le maximum de terrain lui appartenant, le propriétaire insistera pour que les banquettes latérales soient installées sur les limites de sa parcelle. Il est parfois difficile de refuser une telle demande. Une alternative à la banquette de déviation devra donc être trouvée. La solution la plus pratique est souvent la mise en place d'un revêtement de pierres pour protéger le talus menacé de la banquette latérale, revêtement renforcé par de petits épis, également en pierres, à quelques mètres d'intervalle.

Les meilleures caractéristiques physiques d'un site ne suffisent pourtant pas, à elles seules, à assurer la réussite des tabias. D'autres facteurs comme l'importance du ruissellement et la posssibilité d'évacuation des trop-pleins interviennent également. Ceux-ci doivent être pris en compte pour la décision définitive.

## 6.2. Limites des calculs exacts

Les chapitres suivants (6.3, 6.4, et 6.5) sont consacrés aux calculs, parfois laborieux, des apports de ruissellement, du débit de crues et des dimensions des évacuateurs.

Le premier permet la détermination de la surface qui peut être mise en tabia, le deuxième est nécessaire pour connaître la capacité qu'il faut donner aux évacuateurs des trop-pleins, condition préalable pour déterminer les dimensions de ces évacuateurs.

Les explications suivantes visent à mettre en évidence les divergences qui peuvent exister entre la théorie et la pratique, ceci par la description de quelques contraintes qui peuvent limiter la validité des calculs.

Pour les deux premiers calculs, les conditions préalables sont :

- un bassin versant dont les limites peuvent être calculées avec une certaine précision,
- un point bien défini d'arrivée des écoulements,

conditions qui, souvent, ne peuvent pas être remplies.

La délimitation d'un bassin versant n'est pas toujours facile. Les limites sont parfois très floues, le réseau naturel de drainage peut être interrompu par diverses interventions humaines (construction de pistes, creusement de drains, déviation des crues, etc.).

La définition du point d'arrivée des écoulements est encore plus aléatoire :

Les meilleurs emplacements pour les tabias se trouvent, le plus souvent, dans les plaines situées à côté et en aval des cônes de déjection des grands ravins.

C'est uniquement là que la pente du terrain devient suffisamment douce pour permettre leur installation et qu'une interception partielle des écoulements est réalisable.

C'est avec la formation d'un cône que le calcul des rendements et des débits devient progressivement plus difficile à cause de l'épandage irrégulier des écoulements concentrés plus haut dans le lit du ravin.

Ces calculs ne peuvent fournir, de ce fait, fournir que les sommes des rendements et des débits de crues. Ils ne sont guère valables ni pour les filets individuels d'écoulement, ni pour les tabias situées en aval d'un cône de déjection et ne profitant que d'une partie de l'écoulement global presque impossible à quantifier.

La situation se complique encore du fait que les accumulations de sédiments par endroits entraînent des modifications répétées du mode de distribution de l'eau, c'est-à-dire la direction des filets individuels et le volume d'eau qu'ils transportent, changent après chaque forte crue.

Il en résulte que le calcul de rendement ne peut indiquer que les limites absolues de la superficie qu'on peut mettre en tabia.

Cependant, ce calcul est toujours important pour connaître ces limites et pour éviter la surexploitation de la ressource totale en eau de ruissellement.

Même le calcul du débit des crues garde son importance. Les indications concernant la totalité de ce débit permettront par la suite une meilleure estimation de la partie du volume qui peut être évacuée par un seul ouvrage.

Pour qu'une telle estimation soit valable, une analyse du mode de distribution est nécessaire : il faut suivre les filets d'écoulement individuels à partir de la sortie du ravin, puis estimer le pourcentage du volume total qui est transporté par le filet qui nous intéresse. Le calcul devient alors une estimation basée sur les observations. En l'effectuant, il faut se rappeler ce qui a été dit ci-dessus sur les modifications continuelles de la distribution des écoulements.

Il en est de même pour le calcul des débits de crues et des dimen-

sions des évacuateurs qui en dépendent.

Les estimations des rendements et des débits sont un peu plus faciles pour les ouvrages situés à côté du cône de déjection et alimentés par la diversion partielle de l'écoulement d'un seul filet. Ici, rendement et débit sont plutôt fonction de la capacité qu'on donne au canal de déviation (canal d'une banquette, fossé, etc.). Cependant, il s'agit toujours d'estimations plus ou moins vagues, plutôt que de calculs précis.

Pour éviter l'échec de tabias dû aux données imprécises sur les rendements en eau et les débits de crues, les précautions suivantes peuvent être envisagées :

- sous-estimer les rendements,
- surestimer le débit de crues,
- incorporer les éléments "fusibles".

En pratique, pour le rendement, il s'agit d'intercepter une tranche d'écoulement suffisante ou même excédentaire par rapport au besoin. Là où les écoulements sont déviés par une banquette ou un cordon en pierres, ces ouvrages de déviation doivent avoir une fonction secondaire de "fusible" pour éviter l'endommagement de la tabia au moment des fortes crues.

Surestimer le débit de crues implique des prévisions très généreuses pour l'évacuation des trop-pleins : des seuils-déversoirs larges, complétés par des évacuateurs secondaires au niveau du sol.

## 6.3. Estimation de l'apport de ruissellement

Afin de déterminer la quantité globale des eaux de ruissellement, il faut d'abord calculer la superficie du bassin versant (sur la base de la carte d'état-major ou des photos aériennes).

Le cœfficient de ruissellement (expression en % de l'eau de pluie qui ruisselle) peut varier de 2 à 40%. Les variations sont surtout

fonction de la superficie du bassin versant et de la pluviométrie moyenne annuelle. En règle générale, plus le bassin versant est grand, plus le cœfficient de ruissellement est petit et vice versa. Le ruissellement augmente avec l'augmentation de la pluviométrie moyenne annuelle.

L'influence d'autres facteurs du milieu environnant sur le volume de ruissellement est difficile à évaluer. Les variations d'une année à l'autre, dues à des variations pluviométriques, sont généralement beaucoup plus importantes que les variations qui pourraient résulter de la modification des facteurs tels que :

- la raideur des pentes qui a une influence beaucoup plus faible que supposée. D'autres facteurs interviennent, comme par ex. la nature du sol et de la surface du terrain. Un sol très perméable et profond peut réduire sensiblement le ruissellement, une croûte calcaire ou roche-mère dure et lisse en surface peut l'augmenter.
- la couverture végétale désertique qui est normalement clairsemée, n'a qu'une influence négligeable sur le ruissellement, mais les tapis denses de végétation le long des dépressions dans les zones mises en défense, peuvent le réduire considérablement.
- la présence et la fréquence des travaux de CES peuvent aussi réduire sensiblement le ruissellement par l'augmentation des possibilités de rétention en surface[12].
- l'intensité de pluie est un autre facteur qui peut influencer le volume de ruissellement.

12. La densité des banquettes, la capacité de rétention de leurs canaux et l'état des réparations, tous ces éléments ainsi que d'autres facteurs interviennent pour déterminer l'efficacité réelle de la réduction du ruissellement par les travaux de CES. En réalité, les bassins versants traités dans les régions concernées par la technique des tabias, sont assez rares.

Les données sur ces variations sont généralement insuffisantes pour être prises en compte dans le calcul de l'apport de ruissellement.

Le tableau 4 permet de déterminer les volumes de ruissellement pour les petits bassins versants dans les zones arides[13].

Ceci à partir de deux paramètres qui peuvent en outre être facilement évalués : la pluviométrie moyenne annuelle et la superficie du bassin versant. L'utilisation des abaques de l'annexe 1 évite l'extrapolation des valeurs intermédiaires.

Lorsque les tabias sont prévues pour l'arboriculture, l'auteur propose de baser le calcul des volumes de ruissellement (à l'aide du tableau ou des abaques) sur la pluviométrie annuelle des années sèches avec une période de retour de cinq ans plutôt que sur la pluviométrie moyenne annuelle[14]. Les pluviométries annuelles des années sèches avec une période de retour de cinq ans figurent dans le Tab. 3 (p. 42).

---

13. Lorsque le cœfficient de ruissellement est connu, son volume peut être caculée par la formule :

$$V = Cr \times S$$

V = l'apport de ruissellement en $m^3$/sec.
Cr = le cœfficient de ruissellement exprimé en hauteur d'eau en m.
S = la superficie du bassin versant en $m^2$

Exemple :
Pour un cœfficient de 12, une pluviométrie moyenne annuelle de 150 mm et un bassin versant de 9 ha, l'apport total annuel de ruissellement est de : 0,018 m (12% de 150 mm) x 90.000 (9 h en $m^2$) = 1620 $m^3$.

14. La proposition vise l'augmentation de la marge de sécurité pour les arbres fruitiers en tenant compte de l'importance des investissements que les plantations représentent pour les agriculteurs et de la variabilité de la pluviométrie annuelle (base de calcul du tableau 4). Les éventuelles sous-estimations du ruissellement qui peuvent en résulter sont considérées comme moins néfastes que des surestimations, avis partagé par les agriculteurs expérimentés.

Tableau 4

**Volume de ruissellement en fonction de la superficie du bassin versant et de la pluviométrie moyenne annuelle**

| Pluviométrie moyenne annuelle | Ruissellement m3/ha et % | Bassin versant en ha | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 300 | 200 | 100 | 50 | 20 | 10 | < 0,1 |
| 80 mm | 26 | 36 | 46 | 56 | 66 | 76 | 86 | |
| | % | 3,3 | 4,5 | 5,8 | 7,0 | 8,3 | 9,5 | 10,8 |
| 90 mm | $m^3$/ha | 36 | 46 | 56 | 68 | 80 | 90 | 108 |
| | % | 4,0 | 5,1 | 6,2 | 7,6 | 8,9 | 10,0 | 12,0 |
| 100 mm | $m^3$/ha | 46 | 58 | 70 | 84 | 96 | 110 | 124 |
| | % | 4,6 | 5,8 | 7,0 | 8,4 | 9,6 | 11,0 | 12,4 |
| 110 mm | $m^3$/ha | 54 | 70 | 84 | 100 | 114 | 130 | 146 |
| | % | 4,9 | 6,4 | 7,6 | 9,1 | 10,4 | 11,8 | 13,3 |
| 120 mm | $m^3$/ha | 68 | 80 | 100 | 114 | 134 | 150 | 168 |
| | % | 5,6 | 6,7 | 8,3 | 9,5 | 11,2 | 12,5 | 14,0 |
| 130 mm | $m^3$/ha | 76 | 88 | 108 | 130 | 156 | 176 | 196 |
| | % | 5,8 | 6,8 | 8,3 | 9,7 | 11,5 | 13,0 | 14,4 |
| 140 mm | $m^3$/ha | 86 | 104 | 124 | 148 | 178 | 200 | 224 |
| | % | 6,1 | 7,4 | 8,9 | 10,6 | 12,7 | 14,3 | 16,0 |
| 150 mm | $m^3$/ha | 100 | 118 | 136 | 168 | 204 | 228 | 256 |
| | % | 6,7 | 7,9 | 9,1 | 11,2 | 13,6 | 15,2 | 17,1 |
| 160 mm | $m^3$/ha | 108 | 128 | 150 | 186 | 226 | 268 | 304 |
| | % | 6,8 | 8,0 | 9,4 | 11,6 | 14,1 | 16,8 | 19,0 |
| 170 mm | m3/ha | 120 | 140 | 160 | 200 | 254 | 296 | 348 |
| | % | 7,1 | 8,2 | 9,4 | 11,8 | 14,9 | 17,4 | 20,5 |

*Note : Pour les valeurs intermédiaires de pluviométrie et lorsque les valeurs sont en dessous ou au-dessus de celles du tableau, les extrapolations sont possibles (voir les abaques de l'annexe 1).*

L'équation suivante a été retenue pour calculer les débits de crues :

$$Q = \frac{Cd \times I \times A}{3,6} \text{ où}$$

Q = débit de point des crues en $m^3$/sec
Cd = cœfficient du débit en fonction des facteurs :

- **pente**
- **perméabilité du sol**
- **couverture végétale**
- **rétention d'eau en surface.**

I = intensité de pluie basée sur le temps de concentration (Tc) et la période de retour.
A = superficie en $km^2$.

*6.5.1.1. Calcul du cœfficient Cd*

On obtient le cœfficient du débit (Cd) en additionnant les valeurs attribuées aux facteurs qui le déterminent (en utilisant les abaques des annexes 3 et 4). Le cœfficient correspondant à cette somme est établi en se référant à l'abaque de l'annexe 5.

Les facteurs suivants sont à considérer :

- le facteur pente (Annexe 3)

Il s'agit ici de la pente moyenne (entre le point le plus haut et le point le plus bas du bassin versant). Elle peut être calculée à l'aide de la carte d'état-major (rapport entre la dénivelée indiquée par le nombre de courbes de niveau et la distance horizontale) avec la formule P = H/L x 100 ou mesurée avec un clinomètre.

• le facteur perméabilité (Annexe 3)

La perméabilité du sol des bassins versants du Sud tunisien est le plus souvent très réduite : ce facteur se situera donc entre 15 et 20 dans la plupart des cas.

• le facteur végétation (Annexe 4)

La couverture végétale dans les régions montagneuses du Sud est souvent très clairsemée; elle correspond aux descriptions de l'abaque, rubriques "très peu" ou "sans végétation" avec un facteur entre 18 et 20.

• le facteur rétention (Annexe 4)

La rétention d'eau de pluie en surface, fonction des irrégularités du terrain, peut être assez élevée. Un facteur aux environs de 10 est donc probable pour les versants des montagnes du Sud tunisien.

*6.5.1.2. Calcul de l'intensité de pluie "I"*

Ce calcul est basé sur le temps de concentration du ruissellement (Tc) et la période de retour des averses. Les Tc pour les petits bassins versants de 5 à 20 ha et pour les pentes moyennes de 1 à 20% figurent dans le tableau de l'annexe 6 [18].

La période de retour est choisie en fonction de l'importance de l'ouvrage à réaliser. Pour les évacuateurs des tabias, une période de retour de 10 ans a été adoptée.

18. Calculs avec la formule :

$$Tc = \left(1{,}27 \sqrt{\frac{A \text{ (en km}^2\text{)}}{P \text{ (en \%)}}}\right) \times 60$$

L'intensité de pluie "I" peut être déterminée à l'aide des graphiques des annexes 9 à 13 qui représentent les principales régions du Sud tunisien (Gabès, Gafsa, Médenine, Maknassi et Sfax) [19].

*6.5.1.3. Calcul de la superficie du bassin versant "A"*

Il s'agit de la superficie exprimée en km². Elle peut être calculée à partir de la carte d'état-major ou des photos aériennes.

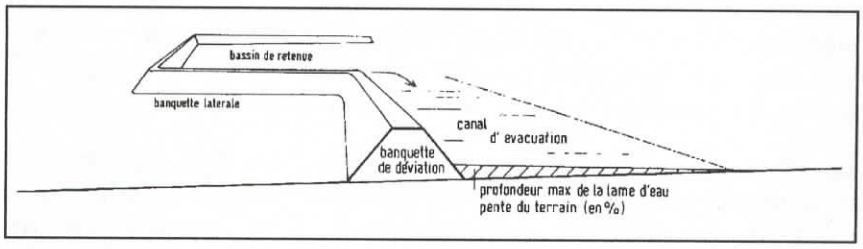



Fig. 7 : *Section transversale d'un évacuateur au niveau du sol.*

## 6.5.2. Mode d'évacuation et dimensions des évacuateurs de trop-pleins

Le mode d'évacuation dépend des caractéristiques physiques des sites et aussi des contraintes imposées par les limites de la propriété. L'utilisation ultérieure de l'excès d'eau doit également être prise en compte ainsi que l'érodibilité du sol.

Il y a deux possibilités d'évacuation des trop-pleins :

- au niveau du sol, à l'extrémité des banquettes latérales
- à travers une brèche renforcée par un seuil-déversoir à n'importe quel endroit dans les banquettes d'une tabia.

On peut également combiner ces deux possibilités.

19. Le Tc correspond à la durée de l'averse indiquée en abscisse. Les courbes représentent les différentes fréquences de retour.

### *6.5.2.1. Évacuation au niveau du sol*

L'évacuation des trop-pleins aux extrémités des banquettes est la solution la plus simple et la moins coûteuse (voir fig. 7). Malheureusement, elle n'est pas toujours réalisable. Lorsque les tabias sont situées dans des dépressions encaissées aux pentes raides et/ou rocheuses, la potentialité d'évacuation au niveau du sol est souvent insuffisante ou même non-existante.

En évacuant des deux côtés de la tabia plutôt que d'un seul, on augmente non seulement la capacité d'évacuation, mais ceci permet aussi une meilleure répartition des écoulements et une diminution des risques d'érosion, de débordements et de cassures.

La construction d'une banquette de dérivation, prolongement des banquettes latérales à angle plus ou moins droit avec elles, augmente la sécurité d'évacuation des trop-pleins au niveau du sol. Ces prolongements doivent être suffisamment longs pour éviter l'érosion des banquettes de la tabia par les eaux libérées (Fig. 5, 12 et 13).

La capacité d'un évacuateur au niveau du sol est fonction de sa section transversale (qui, à son tour, dépend à la fois de la hauteur de la banquette et de la pente du terrain) et de sa pente longitudinale[20]. Elle peut être déterminée à l'aide des tableaux de l'annexe 2.

Ces tableaux montrent les rapports entre la pente du terrain et la capacité d'évacuation en $m^3$/sec pour les pentes longitudinales de 0, 0,2 et 0,4% et pour des profondeurs maximales d'écoulement de 0,1 m à 0,5 m.

Sur les terrains en forte pente, une capacité trop faible du canal d'évacuation peut être compensée en creusant le long de son côté aval.

---

20. La hauteur de la banquette détermine la profondeur maximale admissible de la lame d'eau dans le canal d'évacuation. Pour les banquettes principales, un franc-bord de 0,60 m est à prévoir.

### 6.5.2.2. *Seuils-déversoirs*

Lorsque les conditions physiques ne se prêtent pas à l'évacuation des trop-pleins au niveau du sol ou lorsque la capacité d'évacuation est insuffisante par rapport au débit ou encore, lorsque l'alimentation d'autres tabias en aval l'exige, une partie du débit ou le débit entier devra être évacué à travers un seuil-déversoir incorporé dans l'une des banquettes, soit principale, soit latérale.

Les seuils des déversoirs peuvent être en pierres sèches, en pierres jointes par mortier ou en pierres amalgamées avec des branches d'arbustes (Ziziphus l., Astragalus a.) ou d'alfa.

Les ouvrages doivent être bien ancrés dans les banquettes (compactées par les roues de tracteur) sur les deux côtés et dans le sol.

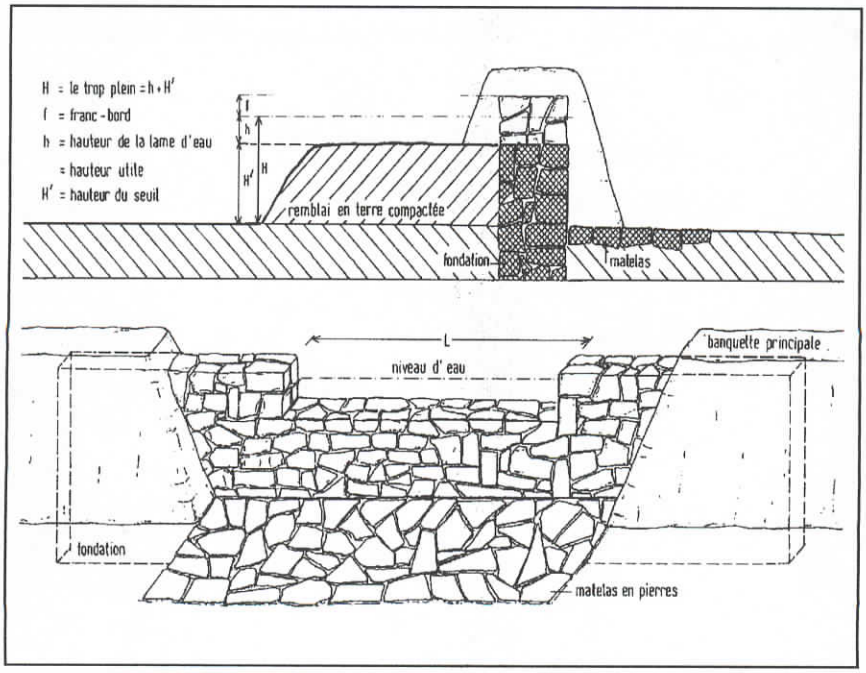



Fig. 8 : *Seuil-déversoir. Section transversale et perspective extérieure.*

La largeur (capacité) d'un seuil-déversoir est fonction du débit des crues ou de la tranche résiduelle du débit en $m^3/sec$[21] ainsi que de la hauteur maximale admissible de l'écoulement par le seuil et de sa vitesse en $m^3/sec$.

Les dimensions de l'ouverture (rapport entre largeur et hauteur) dépendent de la hauteur de la banquette principale et de son franc-bord (> 0,6 m) ainsi que du franc-bord du déversoir lui-même (> 0,2 m) et également de la hauteur maximale admissible de la lame d'eau dans le canal de l'évacuateur au niveau du sol, là où les deux évacuateurs se rejoignent. Une ouverture plus large que haute est préférable à une ouverture moins large et plus haute.

Ceci permet de mieux répartir les écoulements, d'atténuer leurs effets érosifs et aussi de réduire les risques de débordements et de cassures de banquettes.

La largeur des seuils peut se calculer à l'aide de la formule suivante :

$$L = \left(\frac{Q}{V}\right) : h$$

L = largeur du déversoir en m
Q = débit de crues en $m^3/sec$ (ou débit résiduel)
V = vitesse d'écoulement en surface
h = hauteur de la lame d'eau

21. La fraction du débit "Q" qui ne peut pas être évacuée au niveau du sol.

La vitesse d'écoulement par le seuil du déversoir peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$V = C\sqrt{2\,g\,H} \quad \text{où}$$

V = vitesse d'écoulement
C = cœfficient de vitesse (valeur donnée : 0,6)
g = accélération de la pesanteur (9,81)
H = H' + h où
H' = hauteur de la chute d'eau en m
h = hauteur de la lame d'eau traversant le déversoir (voir Fig. 8).

L'abaque de l'annexe 12 évite ce calcul.

### 6.5.3. Marche à suivre pour calculer le débit de pointe des crues et les dimensions des évacuateurs

#### *6.5.3.1. Calcul du débit de crues*

Description des paramètres :

- Région : Gabès
- Largeur du bassin versant : 25 ha
- Pente moyenne : 8%
- Perméabilité : fortement réduite
- Végétation : très clairsemée
- Rétention : assez élevée

• Calcul du cœfficient du débit "Cd"

- Facteur pente (abaque, Annexe 3).
Pour une pente de 8%, l'abaque donne le chiffre 27.

- Facteur perméabilité (abaque, Annexe 3). Pour une perméabilité fortement réduite (roche mère ou croûte calcaire en surface), la valeur donnée est 16.

- Facteur végétation (abaque, Annexe 4).Pour une couverture végétale très clairsemée, l'abaque donne la valeur 18.

- Facteur rétention (abaque, Annexe 4).
Pour une rétention moyenne, la valeur donnée est 10.

Le Coefficient "Cd" (abaque, Annexe 5).

Pour trouver le cœfficient "Cd", on fait la somme des quatre facteurs ci-dessus : 27 + 16 + 18 + 10 = 71. Pour une valeur de 71, l'abaque de l'annexe 5 donne un cœfficient correspondant "Cd"= 0,63.

• Calcul de l'intensité de pluie "I" en fonction du temps de concentration.

Temps de concentration "Tc" (Annexe 6).

Pour un bassin versant de 25 ha avec une pente moyenne de 8%, le tableau de l'annexe 6 donne un Tc de 13,4 min.

L'intensité de pluie "I" pour les régions du Sud tunisien est donnée par les abaques des annexes 7 à 11. Pour la région de Gabès, l'annexe E 10 donne pour un Tc de 13,5 (chiffre arrondi) et une fréquence de retour de 10 ans, une intensité I = 65 mm/heure.

• Calcul de la surface "A"

Elle est calculée par planimétrage des limites du bassin versant tracées sur la copie d'une photo aérienne de 1/25.000. "A"= 25 ha ou 0,25 km².

• Calcul du débit de crues "Q"

$$Q = \frac{Cd \times I \text{ (en mm/h)} \times A \text{ (en km}^2\text{)}}{3,6}$$

$Q = (0,63 \times 65 \times 0,25) : 3.6 = 2,84$ m³/sec

### 6.5.3.2. *Calcul de la capacité et des dimensions des évacuateurs*

Pour les besoins de l'exemple, on propose une évacuation des trop-pleins au niveau du sol uniquement sur un côté, étant donné que l'autre côté est trop raide et rocheux. La construction d'un seuil déversoir comme évacuateur secondaire devra être envisagée si la capacité de l'évacuateur au niveau du sol est insuffisante par rapport au débit.

Description des paramètres :

- Pente du terrain : 1,5%

- Pente longitudinale du canal d'évacuation : 0,2% [22].

- Hauteur maximale admissible de la lame d'eau dans le canal : 0,20 m[23].

A. Calcul de la capacité de l'évacuateur au niveau du sol et du débit résiduel Qr

22. Choisi en fonction du site et de la nature (érodibilité) du sol.
23. Fonction de la hauteur de la banquette principale de la tabia et de son franc-bord.

A l'aide du tableau de l'annexe 2, on trouve une capacité du canal d'évacuation correspondant aux paramètres ci-dessus de 1,88 m³/sec, ce qui est insuffisant pour évacuer un débit de 2,84 m³/sec. La différence entre les deux volumes correspond au débit résiduel :

Qr est donc de : 2,84 - 1,88 = 0,96 m³/sec. La construction d'un seuil déversoir comme évacuateur secondaire sera alors nécessaire.

B. Calcul des dimensions du seuil déversoir

Le calcul se fait en deux étapes :

1. Calcul de la vitesse d'écoulement "V" par le seuil (abaque, Annexe 12).

Description des paramètres : (voir Fig. 8).

- Hauteur de la chute d'eau H' = 0,40 m [24].

- Hauteur de la lame d'eau h passant par le seuil = 0,20 m [25].

- Hauteur totale H = H' + h = 0,60 m.

Pour une hauteur totale H de 0,60 m, l'abaque, de l'annexe 12, donne une vitesse d'écoulement V = 2,1 m/sec.

2. Calcul de la largeur "L" du seuil déversoir avec la formule :

$$L = \left( \frac{Qr}{V} \right) : h$$

24. Imposée par la hauteur de la lame d'eau retenue par la tabia (0,30 m) et par la pente du terrain qui, à son tour, détermine la hauteur du remblai (voir Fig. 11) et aussi par d'autres caractéristiques physiques du site.
25. La hauteur de la lame d'eau dans l'exemple est imposée par la hauteur max. admissible de la lame d'eau dans le canal d'évacuation au niveau du sol.

Description des paramètres :

- Débit résiduel "Qr" : 0,96 m³/sec
- Vitesse d'écoulement "V" : 2,1 m/sec
- Hauteur de la lame d'eau "h" : 0,20 m

La largeur du seuil correspondant aux paramètres ci-dessus sera donc :

L = (0,96 / 2,1) : 0,20 = 2,3 m (chiffre arrondi) pour une hauteur totale du déversoir de 0,40 m [26].

## 6.6. Spécification des tabias

LA LARGEUR des tabias varie peu. Elle est imposée par le mode de construction qui consiste à effectuer la levée d'une banquette principale par un terrassement à travers le bassin de retenue suivi de passages longitudinaux pour lever les banquettes latérales et niveler le fond du bassin de retenue.

A chaque trajet "productif" de creusement correspond donc un retour à vide "non productif".

Pour des considérations économiques, un retour de 30 m semble optimal. La largeur du bassin creusé est par conséquent le plus souvent de 30 m. Ceci permet la plantation de trois rangées d'arbres espacées de 10 m.

LA LONGUEUR d'une tabia est souvent imposée par les irrégularités du terrain ou la limite de la propriété ou par d'autres obstacles. Les longueurs de 80 à 120 m sont idéales. On peut admettre exceptionnellement une longueur de 150 m lorsque les pentes sont uniformes et le ruissellement abondant. Les tabias plus longues sont difficiles à niveler et à alimenter, elles doivent être partagées en deux par des banquettes latérales.

---

26. Pour déterminer la hauteur réelle du déversoir, un franc-bord de 0,20 m doit être ajouté à la hauteur utile (hauteur de la lame d'eau).

LA HAUTEUR de la banquette principale et la profondeur du terrassement et du comblement sont fonction de la pente du terrain.

La hauteur habituelle des banquettes principales est de 1,30 m (avant compactage) lorsqu'on est en présence de pentes de terrain de 1% ou moins. Lorsque la pente est > 1%, ce qui nécessite un remblayage partiel de la retenue, il faut prévoir une surélévation de la banquette principale correspondant à la profondeur du remblai.

Une pente de terrain de 1% est à peu près idéale pour la construction, mais toutes les pentes comprises entre 0,5 et 2% ne posent que peu de problèmes. En-dessous ou au-dessus de cette fourchette, la construction est plus difficile. Une pente de 3% correspond à la limite supérieure absolue. Les Fig. 9 et 10 montrent comment la pente peut influencer le volume de déblai et la profondeur du terrassement.

Le besoin en remblai dépend aussi de la longueur de la tabia, car le volume requis pour construire les banquettes latérales (relatif au volume de la banquette principale) décroît avec l'augmentation de sa longueur.

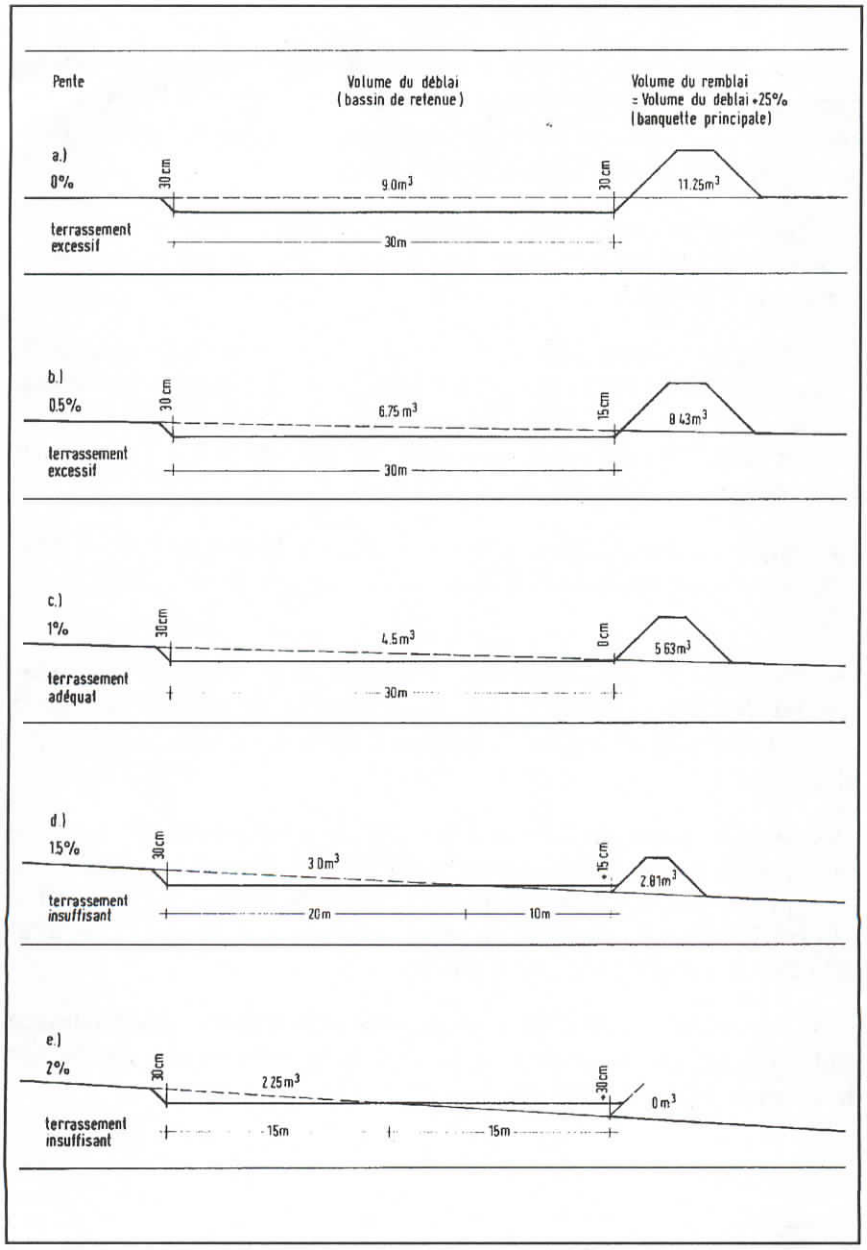



Fig. 9: *Section transversale d'une tabia : Les volumes du déblai et du remblai en fonction de la pente du terrain.*

Le besoin en rembai et la profondeur de terrassement correspondante pour construire l'ensemble des banquettes (principale et latérales) peuvent être calculés en utilisant les formules élaborées par T. Waibel, GTZ, (voir Annexe 13).

La Fig. 9 montre comment la pente du terrain influence la quantité de déblai lorsque la profondeur maximale de terrassement reste constante à 30 cm :

- Pour une pente de 1%, il n'y a ni à creuser ni à remblayer le long de la base de la banquette principale. Le volume de déblai d'un total de 4,5 $m^3$/ml (mètre linéaire) sera réutilisé entièrement : 3 à 3,5 $m^3$ pour la banquette principale et 1 à 1,5 $m^3$ pour les banquettes latérales (Fig. 9 c).
- Lorsque la pente est < 1% ou > 1% [27], le volume de déblai devient soit excessif (Fig. 9 a et b), soit insuffisant (Fig. 9 e et f).

Les Fig. 10-1 et 10-2 montrent comment la profondeur de terrassement doit être modifiée pour tenir compte des variations de la pente du terrain, afin d'avoir toujours un volume adéquat de remblai.

- Lorsque la pente du terrain est < 1%, la profondeur de terrassement doit être réduite pour obtenir un même volume de déblai. Le prolongement des banquettes latérales permet de maintenir la profondeur de retenue en stockant l'eau en dehors et en aval du bassin creusé (Fig .10-1 a et b).

Pour les terrains plats, une profondeur de retenue adéquate est réalisable uniquement dans le cas où le terrain en amont du site de construction est en pente (cas de la Fig . 10-1 a).

27. < = en-dessous.
> = au-dessus.

- Lorsque la pente du terrain est > 1%[27], il faut creuser plus profondément pour obtenir les volumes adéquats de déblai et de remblai. L'importance des remblayages partiels du bassin de retenue augmente avec l'accroissement de la pente (Fig. 10 c à f).

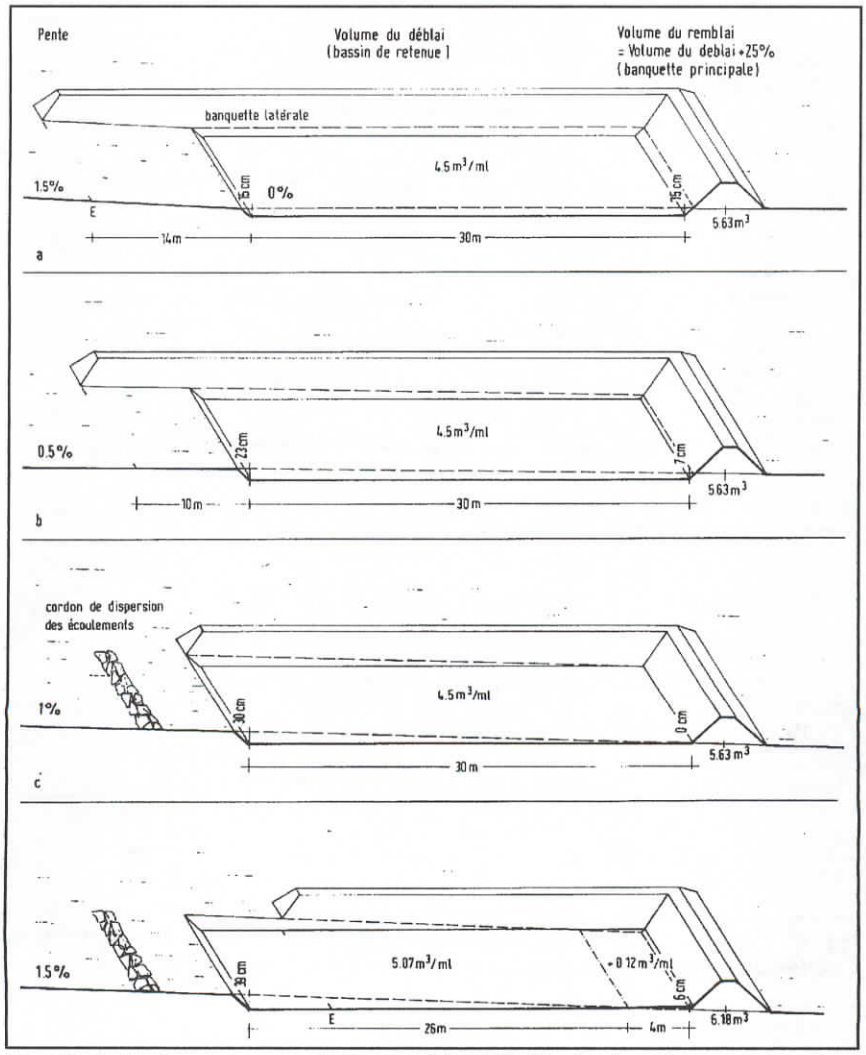



Fig. 10-1: *Section transversale d'une tabia, 3-D. Profondeur de terrassement en fonction de la pente du terrain (0-1,5%).*

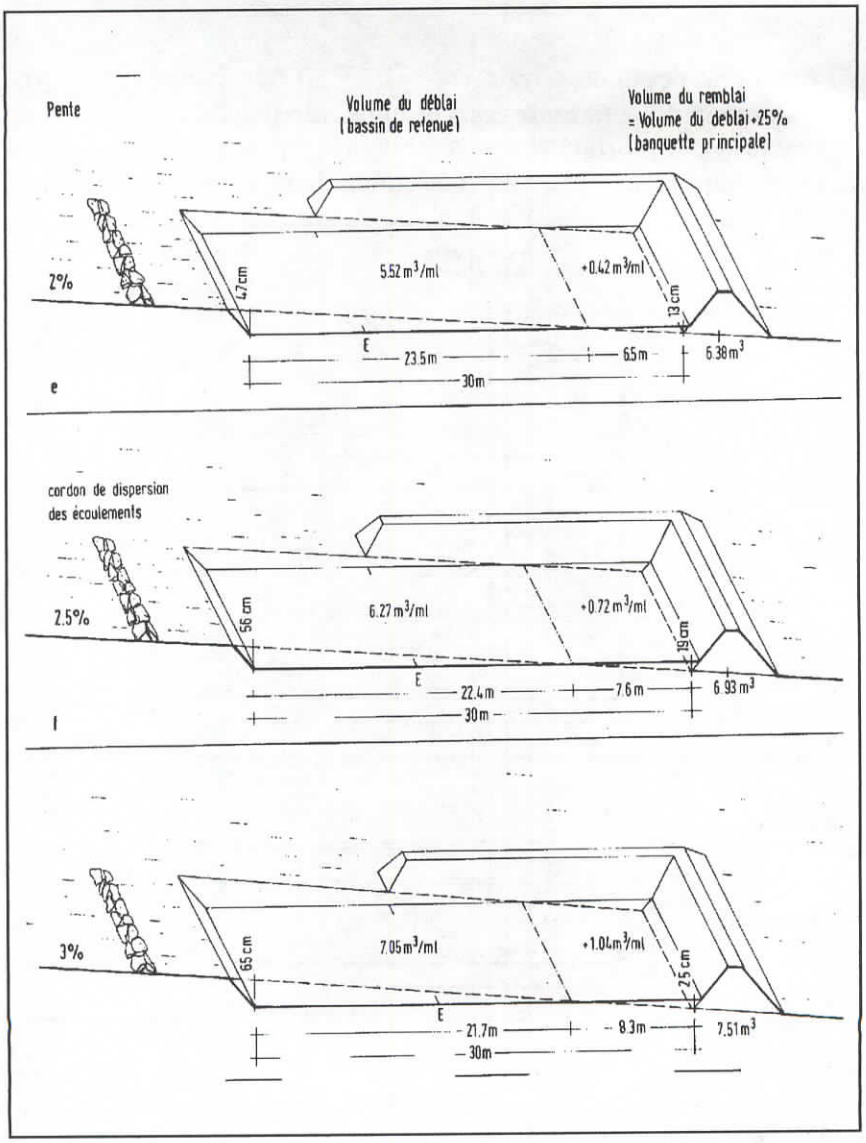



Fig. 10-2: *Section transversale d'une tabia, 3-D. Profondeur de terrassement en fonction de la pente du terrain (2-3%).*

La réalisation des tabias sur les pentes > 1% demande des précautions spéciales afin d'éviter l'érosion le long de la limite supérieure de la retenue. Ces précautions peuvent être matérialisées par des cordons (ou segments de cordons) en pierres pour briser et répartir le ruissellement, complétés par la plantation d'arbustes et/ou de graminées et, dans les cas extrêmes (pentes de 3% et sols érodibles), la réalisation de revêtements (Fig. 10-2 e et f). Les éventuels travaux pour la protection des retenues ont été indiqués sur les Fig. 10 c à f).

Les tableaux des annexes 14 à 17 évitent les calculs pour le terrassement et le remblayage. Pour les pentes de terrain de 0 à 3%, ils indiquent le volume et la largeur des sections creusées et comblées du bassin de retenue ainsi que la hauteur et le volume des banquettes principales.

Pour les pentes de terrain inférieures à 1%, les profondeurs de terrassement indiquées dans les tableaux correspondent au volume constant de déblai de 4,5 $m^3$/ml.

Le volume des déblais augmente lorsque les pentes sont supérieures à 1% pour permettre le remblaiement partiel de la retenue et la surélévation correspondante des banquettes.

Pour les banquettes de longueurs différentes de celles des tableaux, il est possible de faire des extrapolations. Les références dans les en-têtes des tableaux sont expliquées en Fig. 11.

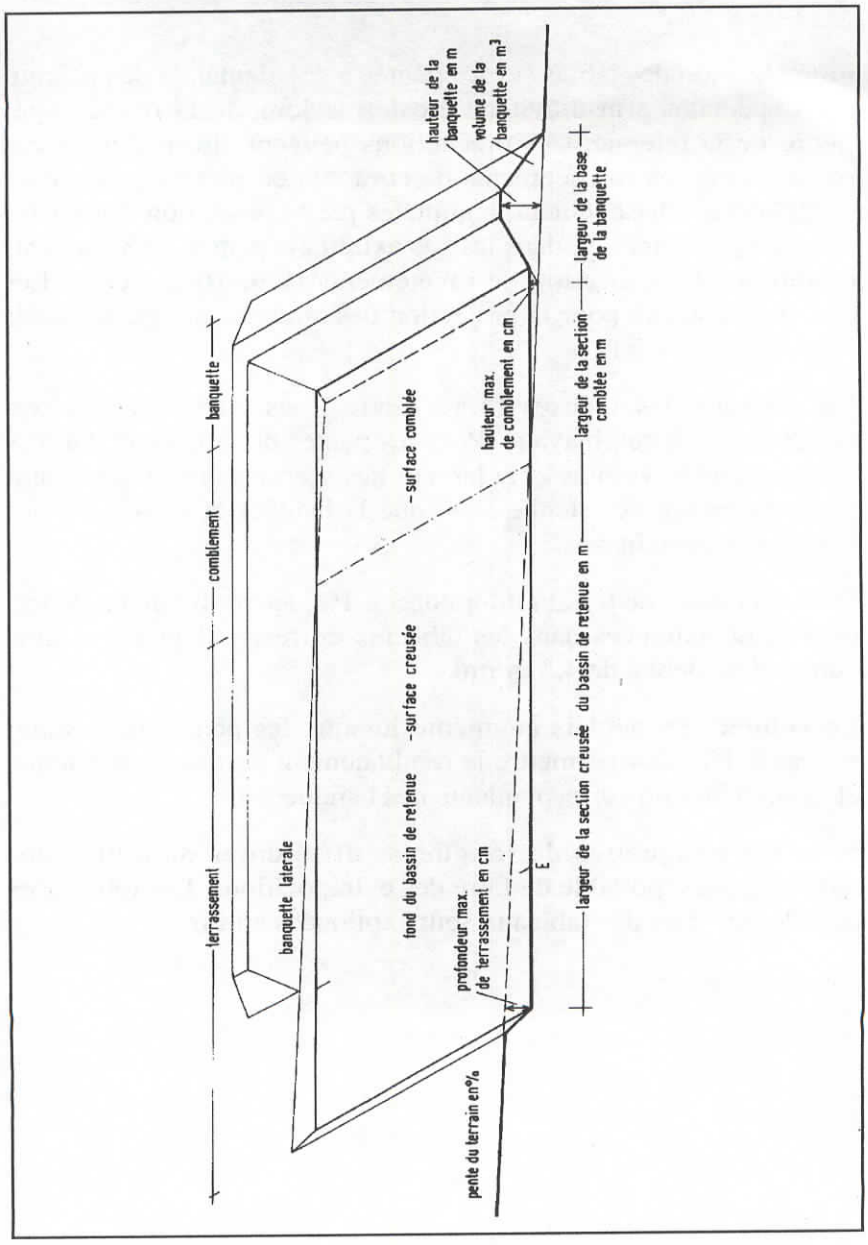



Fig. 11: *Section transversale d'une tabia, 3-D.*
Note: Section transversale d'une tabia où la pente dépasse 1%, nécessitant le ter rassement et le comblement du bassin.

# 7. Levé topographique et piquetage

La réalisation des tabias nécessite un levé topographique et le piquetage des extrémités de l'ouvrage.

La marche à suivre décrite ci-dessous peut être modifiée pour tenir compte des contraintes de temps. Les ingénieurs et techniciens qui n'ont pas ou peu d'expérience de ce type de travaux, sont tenus de s'y conformer.

Le levé topographique commence habituellement par l'établissement d'un point de repère qu'il faut situer bien en dehors du terrain prévu pour la construction de la tabia (proéminence d'un affleurement de la roche-mère ou piquet enfoncé au ras du sol et repéré par un deuxième piquet (Fig. 12). Le point de repère sera obligatoirement le point de départ de tous les levés, avant, pendant et après la construction. Il permet de retrouver et de vérifier à n'importe quel moment le niveau du fond de la retenue et d'autres points importants comme celui de l'évacuateur de trop-plein.

Le piquetage de la tabia commence à l'une des extrémités de la banquette principale. C'est donc le deuxième point à repérer (Fig. 12, III). Ensuite, la longueur souhaitée pour la banquette principale est portée le long de la courbe de niveau. L'emplacement exact de la seconde extrémité de la banquette doit être déterminé à l'aide d'un niveau car elle doit se situer à la même hauteur que la première. Ce point est alors piqueté de manière définitive (Fig. 12, IV)[28].

28. Les relevés intermédiaires à intervalles de 20 m sont avantageux lorsque la surface du terrain est très irrégulière. Ceci permet de connaître les variations de la profondeur de terrassement et de remblayage à travers la retenue. Par ailleurs, quelques piquets intermédiaires facilitent plus tard le traçage rectiligne des banquettes par l'engin de construction (Fig. 12).

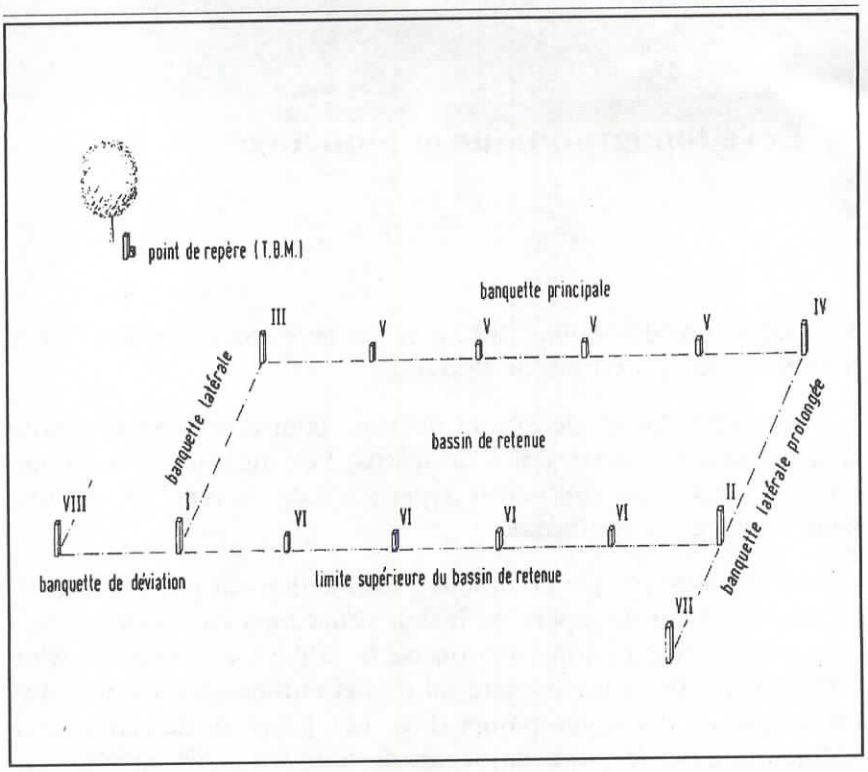



Fig. 12: *Le piquetage d'une tabia* .

Puis les banquettes latérales perpendiculaires à la banquette principale, sont alignées (et leurs extrémités piquetées (fig. 12, I et VII). Pour établir les angles droits, soit une équerre optique, soit un mètre ruban peuvent être utilisés, ce dernier avec l'application du théorème de Pythagore. La procédure est expliquée par le croquis commenté de l'Annexe 18.

La longueur des banquettes latérales dépend de la pente du terrain et du mode prévu pour l'évacuation des trop-pleins. En règle générale, plus la pente est raide, plus les banquettes latérales peuvent être raccourcies et vice-versa (Fig. 10)[29]. Le mode d'évacuation du trop-plein peut intervenir de la manière suivante :

29.Lorsque la pente du terrain dépasse 1%, les banquettes latérales peuvent être plus courtes que la largeur de la retenue.

- lorsque la totalité de l'évacuation doit avoir lieu au niveau du sol, les extrémités des banquettes latérales doivent être au niveau de la retenue pleine, c'est-à-dire 30 cm au-dessus du fond[30].

- si la totalité du trop-plein doit passer par un seuil déversoir en pierres, les banquettes latérales doivent être prolongées au moins jusque 20 cm au-dessus du niveau plein du déversoir.

Parfois l'une ou les deux extrémités des banquettes peuvent être aménagées pour servir d'évacuateur d'urgence qui entre en fonction lorsque la capacité limite du déversoir est atteinte.

- lorsque les deux modes d'évacuation sont employés, le niveau des extrémités des banquettes latérales doit se situer au niveau de la retenue pleine ou légèrement au-dessus. Le niveau réel dépendra de la répartition souhaitée des eaux de trop-plein entre les évacuateurs.

Les extrémités du bord supérieur du bassin de retenue doivent également être marquées par deux piquets, lorsqu'elles ne correspondent pas aux extrémités supérieures des banquettes latérales (Fig. 12, I et II)[31].

Les prolongements des banquettes latérales, qui servent à la déviation des trop-pleins et les éventuelles banquettes de diversion doivent aussi être piquetés (Fig. 12, VIII)[32].

---

30. Là où uniquement un des deux côtés de la tabia convient à l'évacuation, l'autre côté doit être fermé, c'est-à-dire la banquette doit être prolongée davantage pour éviter tout débordement.

31. Comme pour la banquette principale et pour les mêmes raisons, les relevés intermédiaires à intervalles de 20 m sont avantageux lorsque la surface du terrain est très irrégulière.

32. La pente longitudinale de la banquette de déviation ne doit pas dépasser 0,4%, celle de la banquette de diversion est limitée à 0,6%.

## Deux exemples de levé

Les Fig. 13 et 14 comportent les croquis de deux tabias avec tous les relevés topographiques importants ainsi que les profondeurs de terrassement et de remblayage.

L'élaboration d'un croquis comportant la position des piquets et les relevés de tous les points importants n'est pas obligatoire. Mais elle facilite énormément la supervision et les vérifications topographiques pendant et après la construction. Le croquis permet également de donner des explications plus claires au technicien, à l'agriculteur et au conducteur de tracteur. Il est à conserver dans le dossier avec la fiche technique (Annexe 19).

A. La tabia 2 (Fig. 13) intercepte un volume de ruissellement qui correspond plus ou moins aux besoins et qui provient d'une zone de captage bien déterminée. L'alimentation en eau est complétée par la diversion de ruissellements "étrangers".

   Le croquis de la Fig. 13 indique tous les éléments essentiels d'une tabia: la banquette principale, les banquettes latérales et les banquettes de déviation et de diversion, le point de repère, la limite de la propriété, le chemin d'accès et le changement de pente (pied d'escarpement). Il donne aussi quelques renseignements concernant la localisation et la propriété elle-même.

   L'alimentation en eau se fait par ruissellement direct. Elle est complétée par la déviation des écoulements en surface.

   La pente du terrain d'environ 1% est assez faible avec des irrégularités peu importantes.

   Compte-tenu de cette pente faible et régulière et d'un ruissellement plus ou moins égal aux besoins (donc peu de trop-pleins à évacuer), l'évacuation ne se fera qu'au niveau du sol. Pour mieux répartir les écoulements du trop-plein et aussi pour les faire infiltrer autant que possible dans le sol

de la propriété dont la limite se trouve légèrement en aval de l'ouvrage, une évacuation sur les deux côtés a été préférée.

En plus des caractéristiques essentielles de l'ouvrage et de son environnement, le croquis comporte des données topographiques importantes : le niveau du point de repère et le rapport entre celui-ci et chacun des autres point relevés.

Les niveaux le long des banquettes et de la limite supérieure du bassin de retenue sont indiqués par les chiffres immédiatement au-dessus de leur alignement.

Une deuxième série de chiffres au-dessus de la première indique les profondeurs maximales des remblais (en amont de la banquette principale) et des déblais (le long de la limite supérieure du bassin de retenue).

Une troisième série de chiffres (en-dessous de l'alignement de la banquette principale) donne la distance entre le point de départ et chaque point relevé le long de la banquette.

Les chiffres des remblais et des déblais représentent la différence de niveau entre les points indiqués et le fond du bassin de retenue (après terrassement et nivellement) : par exemple, le chiffre - 38 cm indique qu'il faut creuser 38 cm à ce point pour atteindre le fond du bassin de retenue, le chiffre + 5 cm indique qu'il faut remblayer de 5 cm.

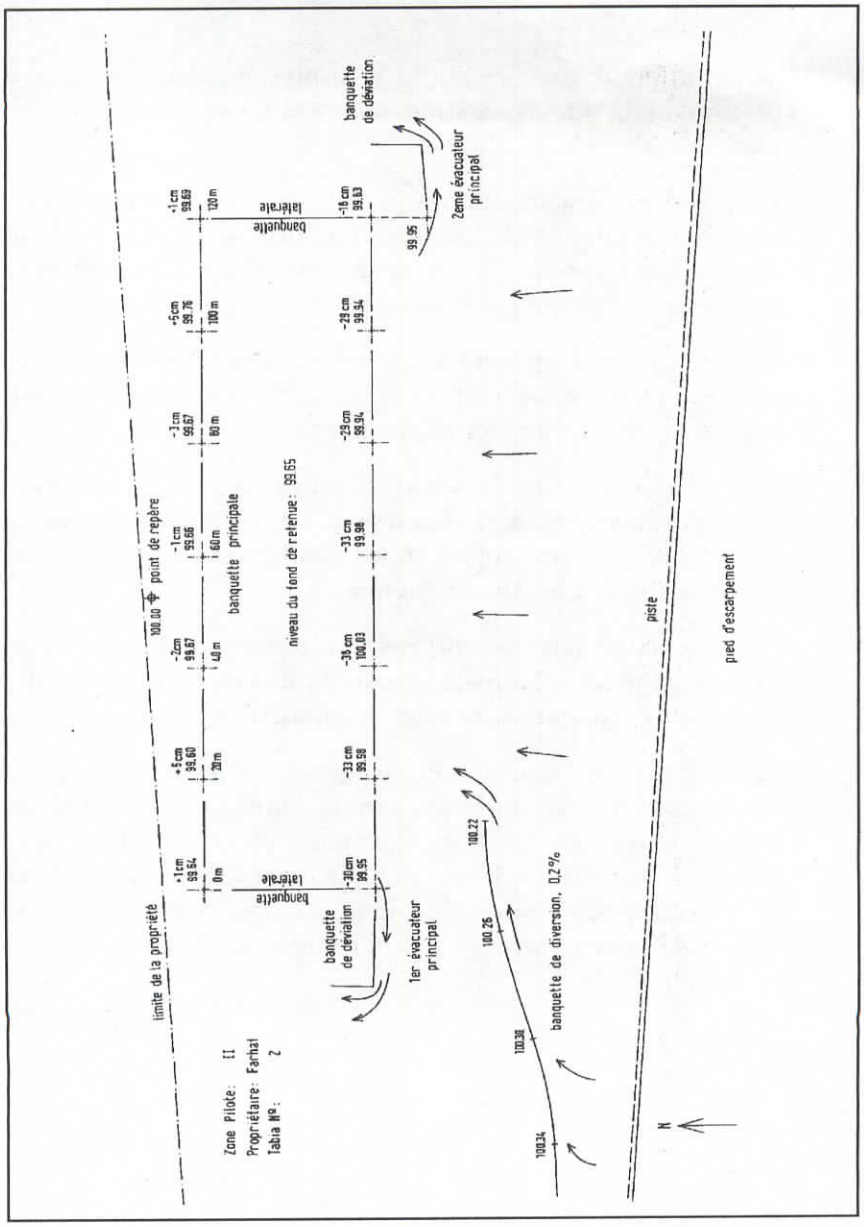



Fig. 13. : *Levé topographique d'une tabia alimentée par ruissellement direct.*

B. La tabia 4 (Fig. 14) est située sur le cône de déjection d'un oued dont le bassin versant est de 950 ha. La retenue est alimentée par la déviation partielle des écoulements de l'oued et par le trop-plein d'une autre tabia située en amont.

Le croquis de la Fig. 14 est celui d'une tabia représentant un maillon de toute une chaîne d'ouvrages du même genre.

En raison d'une pente faible (0,7%), des contraintes d'évacuation des trop-pleins et de la faible distance entre les tabias (imposée par les limites des propriétés), la profondeur de la lame d'eau retenue est de 0,25 m au lieu de 0,30 m.

La retenue est alimentée par les trop-pleins d'un ouvrage en amont. Cette alimentation est complétée par des écoulements très variables provenant d'un bras d'un oued important à proximité.

Le volume total du débit de crues est difficile à chiffrer. Les mesures prises pour l'évacuation des trop-pleins tiennent compte de ce phénomène.

Il y a trois évacuateurs : deux au niveau du sol à l'extrémité des banquettes latérales et un troisième dans la banquette principale (seuil déversoir). Ce déversoir agit comme évacuateur principal alimentant une autre tabia en aval. Il entre en fonction en même temps que l'évacuateur au niveau du sol, côté Est de la tabia. Le troisième évacuateur, également au niveau du sol, est situé 5 cm au-dessus du niveau des deux autres. Il joue ainsi le rôle d'évacuateur d'urgence en période de grandes crues.

Comme sur le croquis précédent et de la même façon, tous les niveaux importants sont indiqués ainsi que les différentes profondeurs de déblai et de remblai.

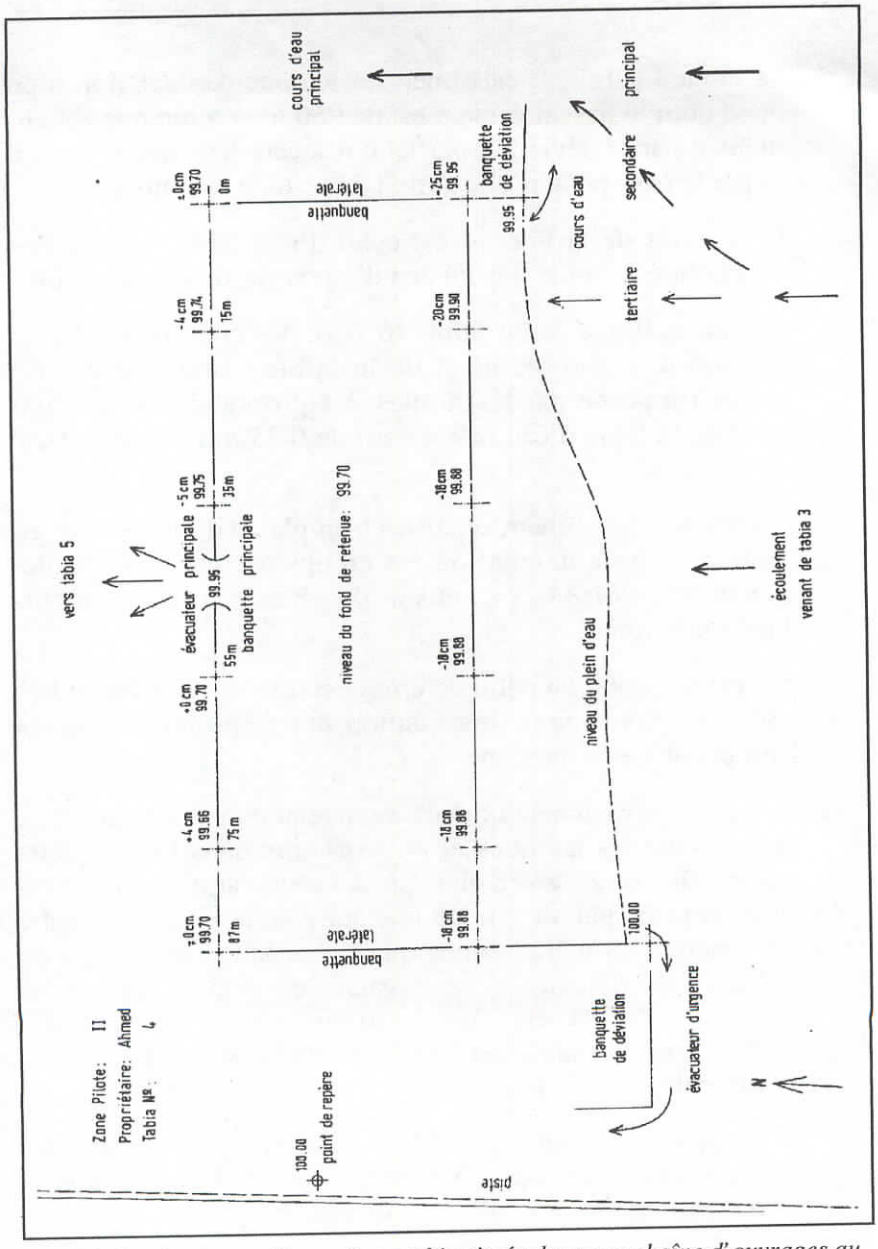



Fig. 14 : *Levé topographique d'une tabia située dans une chaîne d'ouvrages au bord d'un cours d'eau important.*

# 8. La construction

## 8.1 Travaux de construction

La construction mécanique des tabias comporte les étapes suivantes :

- Démarcation des extrémités des ouvrages (avec l'outil habituel d'ameublissement du sol).
- Premier ameublissement du sol.
- Premier terrassement en travers de la retenue avec remblayage de sa partie inférieure[33] et levée de la banquette principale.
- Vérification des niveaux et création des bandes de référence[34].
- Deuxième ameublissement du sol (si nécessaire).
- Deuxième terrassement en travers de la retenue (si nécessaire)[35].
- Terrassement longitudinal pour lever les banquettes latérales et nivellement du fond de la retenue.
- Construction des banquettes auxiliaires de déviation et de diversion.

---

33. Lorsque la pente du terrain dépasse 1% (voir Fig. 10).
34. Le meilleur moment pour les vérifications intermédiaires des niveaux dépend du nombre requis de passages de terrassement. La nature et le rôle des bandes de référence sont expliqués ultérieurement.
35. Deux terrassements sont parfois suffisants pour terminer la levée de la banquette principale. Ce sont la profondeur prévue pour le bassin de retenue et la puissance de l'engin qui déterminent un éventuel 3e terrassement.

- Vérification de tous les niveaux, nivellement définitif et compactage des remblais.
- Dernier ameublissement de toutes surfaces concernées par la construction.
- Piquetage et construction du seuil déversoir.

À la lumière de ce programme des travaux, on constate que la réalisation des tabias consiste à faire des ameublissements de sol suivis de terrassements. Il faut donc un outil pour ameublir le sol et un tracteur ou bulldozer équipé d'une lame ou pelle frontale.

L'outil le plus souvent employé pour l'ameublissement du sol est la charrue. Mais ce n'est pas l'outil idéal. La surface travaillée par passage est très limitée et la pénétration du sol est souvent irrégulière. Suivant l'humidité du sol, il y a soit formation de grosses mottes, soit pulvérisation de la terre en surface.

Les scarificateurs et cultivateurs lourds sont de loin les outils les plus efficaces. La surface ameublie par passage est plus large (2 m ou plus) et la pénétration du sol plus régulière. La terre n'est pas pulvérisée mais il n'y a pas non plus de grosses mottes.

En ce qui concerne la meilleure technique de construction, il n'est pas aisé de trancher. D'abord, quel genre d'engin et d'équipement faut-il utiliser ? Tracteur ou bulldozer ? Lame ou pelle ?

À priori, il n'y a pas vraiment de préférence. Les conditions du sol peuvent, cependant, imposer certaines contraintes : un petit tracteur agricole équipé d'une lame frontale actionnée par un seul piston hydraulique n'est pas efficace si le terrain est parsemé de grosses pierres. Par contre, lorsque cette contrainte n'existe pas, un tel tracteur peut parfaitement convenir et présenter même certains avantages techniques et économiques par rapport à un engin plus important.

Le mode de traction : roues ou chenilles, est également peu important[36].

Comme équipement, une pelle frontale peut être aussi efficace qu'une lame.

Il ne faut donc pas être dogmatique quant au choix du type d'engin et de son équipement. L'expérience et l'aptitude du conducteur sont nettement plus importantes. Cependant, compte-tenu de la faible importance du terrassement, l'emploi de très gros engins, bien que techniquement valable, est difficile à justifier économiquement[37].

Il est important qu'avant le début des travaux, les intéressés (entrepreneur/conducteur d'engin, agriculteur et ingénieur/technicien) se mettent d'accord sur le mode d'exécution et sur les responsabilités et les obligations de chacun.

36. L'auteur préfère les tracteurs ou bulldozers à roue en raison de leur plus grande lité et souplesse d'utilisation.
37. Un engin puissant, plus maniable, facilite parfois un bon nivellement.

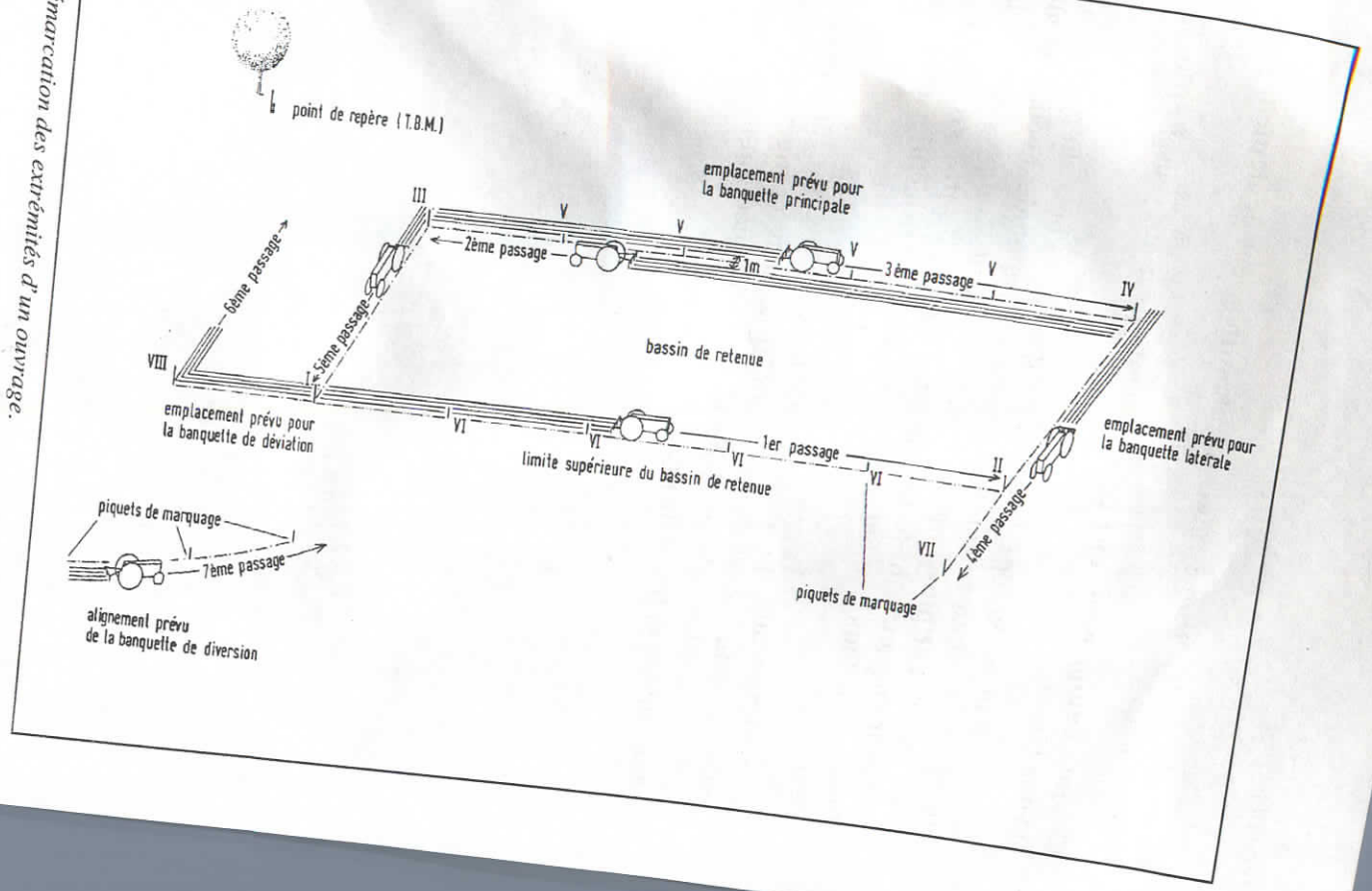



Fig. 15: *Démarcation des extrémités d'un ouvrage.*

En ce qui concerne l'exécution des travaux : le premier passage du cultivateur/charrue sert à la démarcation des différents éléments de la tabia : bassin de retenue et banquette principale, banquettes latérales et auxiliaire, etc.

On trace d'abord la limite supérieure de la retenue. C'est la ligne sur laquelle démarre le terrassement (entre piquets I et II, Fig. 15)[38].

Le deuxième passage doit indiquer l'alignement de la banquette principale correspondant à la limite inférieure de la retenue (entre piquets III et IV, fig. 15). Cette ligne est tracée immédiatement en amont de l'alignement piqueté de la banquette.

Ces deux passages de base représentent les repères principaux pour le conducteur. Sur le premier, il abaissera la lame ou la pelle. En aval du deuxième, il déposera le remblai pour former la banquette principale.

Le troisième passage (également entre les piquets III et IV) est tracé parallèlement au deuxième, à environ un mètre en aval de la ligne piquetée de la banquette principale.

Les passages quatre et cinq (entre les piquets I et III et II et IV) tracent les alignements des banquettes latérales, le passage six, celui du prolongement de la banquette de déviation).

Ensuite, la totalité de l'espace entre les passages un et deux est scarifiée, si possible d'abord en travers de la retenue, puis longitudinalement[39].

---

38. Lorsque l'évacuation des trop-pleins au niveau du sol est à la même hauteur que la limite supérieure de la retenue, l'alignement de la banquette de déviation peut être tracé en même temps que celui de la limite supérieure de la retenue. Dans ce cas, le traçage commence au point VIII de la Fig. 15.

39. Uniquement la surface de déblai est à scarifier. Lorsque la pente du terrain dépasse 1%, la partie inférieure de la retenue doit être remblayée. Il est évidemment inutile de scarifier cette surface. Les tableaux des annexes 14-17 donnent les largeurs des surfaces à déblayer et à remblayer.

Les surfaces sous et en aval des futures banquettes de diversion et de déviation, donc tout le terrain de remblai et de déblai, doivent également être scarifiées. Ceci pour assurer une bonne cohérence entre le sol et le remblai et pour faciliter le terrassement avec la lame ou la pelle du tracteur[40].

La profondeur uniforme de l'ameublissement du sol est un important facteur de terrassement. Le sol dur sous la couche préalablement ameublie facilite la maîtrise de la lame et par conséquent, le bon nivellement de la retenue.

Le premier terrassement a pour résultat la levée partielle de la banquette principale. Une ouverture doit être laissée à l'emplacement prévu pour le seuil déversoir.

Normalement, un deuxième terrassement en travers de la retenue sera nécessaire pour terminer la levée de la banquette principale et parfois même un troisième[41].

Avant le deuxième terrassement, il faut creuser les "bandes de référence". Ce sont des tranchées déblayées en travers de la retenue jusqu'au niveau exact et définitif du fond. Elles servent de repère (ou de référence) pour la profondeur qu'il faut atteindre et peuvent être une aide précieuse pour le conducteur d'engin. Le nombre de bandes et les intervalles dépendent de la longueur de la tabia. En principe trois à quatre bandes sont suffisantes, deux aux extrémités et une ou deux au milieu.

La réalisation des bandes de référence demande évidemment des vérifications répétées des niveaux. Elle doit être supervisée par l'ingénieur/technicien.

Lorsque le conducteur d'engin est très expérimenté et que les conditions de travail sont bonnes (surface régulière, sol facile à travailler, pente douce et uniforme), il n'est pas nécessaire de

40. Les banquettes de diversion et de déviation sont levées à partir de leur coté aval.
41. Selon la profondeur à creuser, la nature du sol, la puissance de l'engin, etc.

creuser des bandes de référence: on peut se contenter de vérifier les niveaux à la fin des travaux.

Une vérification intermédiaire des niveaux, qui peut avoir lieu avant ou après le deuxième terrassement, sera utile pour connaître la hauteur de déblai qu'il faut conserver pour la construction des banquettes latérales. La formation des conducteurs d'engins est à prévoir afin qu'ils puissent, eux-mêmes, effectuer la vérification des niveaux.

Le terrassement est complété par des passages longitudinaux pour lever les deux banquettes latérales (voir Fig. 16). Ces passages servent également à niveler le fond de la retenue.

Mais pour lever ces banquettes latérales, le besoin en terre est le plus important là où il n'y a pas ou peu de terre à déblayer, c'est-à-dire à côté de la banquette principale[42]. Pour compenser ce phénomène, une partie du déblai doit être déplacée diagonalement[43].

La partie mécanique de la construction d'une tabia est complétée par :

- la levée des banquettes de déviation et de diversion.
- le compactage des remblais et
- la scarification du fond de la retenue ainsi que de l'ensemble du terrain déblayé pour la construction des banquettes[44].

Les banquettes auxiliaires doivent être construites à partir du côté aval. Etant donné que des écoulements importants peuvent se pro-

---

42. Ce qui correspond à la partie inférieure de la retenue où il faut remblayer chaque fois que la pente du terrain dépasse 1%. Là, les banquettes latérales doivent avoir la même hauteur que la banquette principale.
43. La terre déplacée de cette manière est déposée initialement devant les alignements piquetés des banquettes. Elle est définitivement mise en place dans un deuxième temps (v. Fig. 16).
44. Un soussolage serait idéal pour préparer le bassin de retenue pour une future plantation d'arbres.

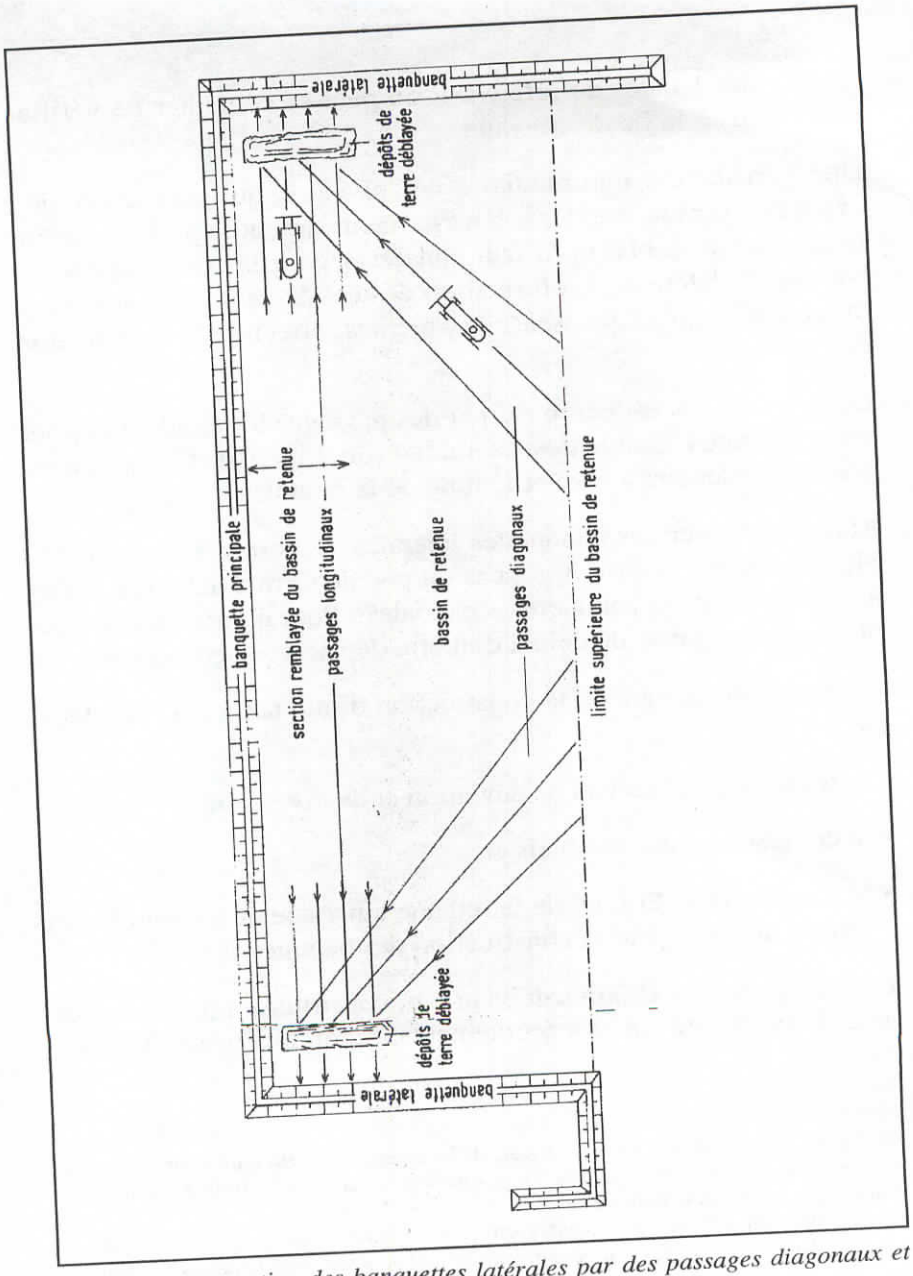



Fig. 16 : *Construction des banquettes latérales par des passages diagonaux et longitudinaux.*

duire dans les canaux des banquettes, toute perturbation de la surface sur le côté amont doit être évitée. La levée de petits bourrelets de terre aux extrémités des banquettes empêchera les écoulements déviés d'éroder les terrains perturbés par la construction[45].

Des revêtements de pierres le long des sections de banquettes particulièrement menacées par l'érosion sont à prévoir, par exemple aux extrémités des banquettes, là où les écoulements quittent leurs canaux et également aux points d'interception des écoulements en provenance d'une surface de captage en amont (v. Fig. 5).

Le compactage des remblais, mais surtout des parois des banquettes est fait par les roues du tracteur. Il est particulièrement important pour les parties de la banquette où sera ancré le futur seuil déversoir.

## 8.2. Dossier et fiche technique

Le dossier d'un propriétaire qui veut réaliser des tabias comporte essentiellement un ou plusieurs croquis tels qu'ils sont montrés en Fig. 13 et 14 et une fiche technique soigneusement remplie, qui a les fonctions suivantes :

- listing des informations importantes pour les travaux
- compte-rendu de toutes les actions de planification et de réalisation des travaux
- aide-mémoire
- base d'évaluation pour d'éventuelles subventions.

L'annexe 19 comporte un modèle de fiche technique avec des notes explicatives.

45. La Fig. 5 montre comment les banquettes de déviation doivent être finies pour s'assurer que l'eau des trop-pleins s'écoule dans la bonne direction, c'est-à-dire loin des banquettes et du terrain en chantier.

# 9. Amélioration des tabias existantes

## 9.1. Généralités

La technique des tabias comme celle des jessours est en réalité très ancienne. Cela a été dit dans l'introduction de ce manuel.

A notre époque, la technologie et les équipements modernes ont entraîné la modification et l'expansion des tabias en dehors des régions d'application traditionnelle. Dans ces nouvelles régions, la technologie a été adoptée par des agriculteurs d'origine nomade qui ne possèdent pas cette tradition. Même s'ils ont compris les principes de base, ils ont rarement une connaissance suffisante du comportement des eaux, condition préalable pour un choix pertinent du site le mieux approprié à la construction et d'un bassin versant assez large pour satisfaire les besoins en eau prévus.

Uniquement là où la construction repose sur une véritable tradition, les tabias sont une réussite totale. La plupart des ouvrages qu'on voit par exemple entre Mezzouna et le Parc National de Bou-Hedma, ont été copiés de façon maladroite par des agriculteurs ignorant cette tradition. Le résultat a donné d'innombrables tabias mal construites, le plus souvent endommagées.

Les raisons des échecs sont souvent complexes et il est plus difficile d'améliorer une tabia mal construite que d'effectuer une nouvelle construction. Malheureusement les tabias défectueuses sont très nombreuses. Leur amélioration devient par conséquent une priorité.

Comment procéder à l'amélioration des tabias mal construites ?

Ceci dépend en grande partie de la nature du problème et de l'ampleur du travail à effectuer, mais également de la façon dont

la retenue a été mise en valeur. Une tabia plantée en arbres fruitiers est évidemment plus difficile à améliorer qu'une autre en culture maraîchère ou en jachère.

## 9.2. Les principaux échecs et les améliorations possibles

- Surface de captage (bassin versant) trop large ou trop petite par rapport au besoin en ruissellement

Dans le premier cas, un volume d'eau excessif passe à travers la tabia, compromettant ainsi la sûreté des banquettes et des évacuateurs; dans le deuxième cas, la quantité d'eau retenue n'est pas suffisante et met en danger, lors des années particulièrement sèches, la survie des arbres plantés.

Le problème de suralimentation en eau de ruissellement peut parfois être résolu par la construction d'autres tabias en amont. Lorsque ceci n'est pas possible, l'excès de ruissellement peut être dévié par une banquette dite de diversion pour être ensuite dispersé ou dirigé vers d'autres ouvrages.

Des banquettes de diversion peuvent également être utiles lorsque l'alimentation en ruissellement est insuffisante et pour augmenter la superficie de captage (voir Fig. 13).

Parfois, une planification globale peut prévoir l'amélioration des tabias existantes en même temps que la construction de nouvelles, permettant ainsi une meilleure exploitation de l'ensemble des eaux de ruissellement.

Toute exécution de travaux d'amélioration et de correction doit être précédée, comme c'est le cas pour les constructions nouvelles, par des calculs de la superficie du bassin versant, des rendements et des besoins en eau de ruissellement. Cela a été décrit dans les chapitres 6.3 et 6.4.

La construction des banquettes de diversion demande en plus un levé topographique et un piquetage.

L'élaboration d'un croquis facilite l'exécution des travaux.

- Mauvais alignement de la banquette principale qui ne respecte pas la courbe de niveau

La conséquence est qu'une partie seulement de la retenue profite de l'eau de ruissellement captée. Lorsque la tabia est plantée, ce défaut est mis en évidence de façon très nette par l'état de développement des arbres: là où le volume d'eau retenu est adéquat, les arbres sont généralement bien développés (parfois seulement la moitié du premier rang et le tiers du deuxième); là où le volume d'eau retenu est insuffisant, les arbres sont plus ou moins chétifs.

Le réalignement d'une banquette qui n'est pas en courbe de niveau et le nivellement du fond de la retenue doivent être précédés d'un levé topographique.

Ce nivellement commence habituellement par la détermination d'un point de repère suivi du repérage des niveaux à intervalles de 10 à 20 m, le long de l'ancienne banquette. Il s'agit de déterminer ainsi l'importance des corrections à prévoir et la meilleure façon de les réaliser. La limite supérieure de la retenue doit également être relevée et piquetée à intervalles de 10 à 20 m. Ensuite, on calcule pour chacun des points, la profondeur/hauteur des terrassements/remblayages à effectuer.

Lors de l'exécution des travaux de réalignement, une partie plus ou moins importante de l'ancienne banquette peut souvent être conservée et intégrée à la nouvelle. C'est habituellement la partie basse de la banquette qui est conservée. Pour ramener la partie haute au même niveau, on la pousse vers l'aval.

Un déplacement de terre latéral et diagonal est souvent nécessaire, afin de niveler la retenue et de surélever, là où il faut, les banquettes. La présence des arbres rend ces travaux difficiles et pénibles.

• Nivellement incomplet ou incorrect du bassin de retenue

Il est également mis en évidence par un développement irrégulier des arbres. Lorsque la banquette principale est en courbe de niveau, le développement des arbres près de cette banquette est généralement plus ou moins uniforme. Si l'on remonte progressivement vers l'amont du bassin de retenue, on constate un amoindrissement correspondant de la vigueur des arbres.

Parfois, le développement des arbres est visiblement irrégulier à travers tout le bassin de retenue, ce qui est le signe d'un nivellement tout aussi irrégulier.

Souvent, le nivellement de la retenue entraîne l'approfondissement partiel du bassin et la surélévation des banquettes. L'ensemble des améliorations possibles sera discuté à la fin du paragraphe suivant.

• Hauteur inadéquate de la lame d'eau retenue

Ceci est mis en évidence par le manque de vigueur général des arbres ou autres cultures. Un terrassement insuffisant (du fait d'une hauteur insuffisante de la banquette principale ou des banquettes latérales trop courtes) ou bien la cassure d'une des banquettes peuvent être à l'origine de ce phénomène.

Une accumulation excessive de sédiments dans la retenue ou un niveau trop bas des évacuateurs peuvent également en être la cause.

L'approfondissement d'un bassin de retenue peut être obtenu, soit par un creusement complémentaire, soit par le prolongement des banquettes latérales et la surélévation de l'ensemble des banquettes. En pratique, les deux actions sont presque toujours associées.

Un terrassement en travers de la retenue doit être suivi d'un nivellement longitudinal.

Là où une plantation dense d'arbres fruitiers adultes empêche tout

terrassement à l'intérieur de la tabia, le prolongement des banquettes latérales et la surélévation de l'ensemble des banquettes (en déblayant du côté aval, si nécessaire) représentent parfois la seule façon d'intervenir. Le prolongement des banquettes latérales entraîne le déplacement vers l'amont des anciens évacuateurs au niveau du sol. La surélévation du niveau du seuil déversoir en pierres (analogue à ceux au niveau du sol) est à prévoir lorsque les deux types d'évacuateurs cœxistent sur un même ouvrage.

Comme pour le réalignement de la banquette principale, toute exécution de travaux exige des calculs préalables de rendement et de besoins en eau. Ceci est particulièrement important compte tenu de la superficie du bassin versant par rapport au besoin en eau de ruissellement d'un ouvrage agrandi.

Un levé topographique et des vérifications des niveaux à la fin des travaux sont également obligatoires.

- Insuffisance de la capacité des évacuateurs (largeur/hauteur) par rapport au volume de trop-plein

Elle entraîne inévitablement le débordement et la cassure des banquettes ainsi que l'endommagement des évacuateurs eux-mêmes.

Le calcul du débit des crues est une condition préalable à tous les travaux de correction des évacuateurs dont la capacité semble insuffisante. En outre, la capacité requise des évacuateurs correspondant au débit des crues, doit être calculée d'abord pour l'évacuateur au niveau du sol et ensuite, s'il y a lieu, pour un seuil déversoir (voir chapitre 6.5).

Un levé topographique initial, un piquetage et des vérifications des niveaux sont également nécessaires.

Il y a plusieurs façons d'augmenter la capacité d'évacuation. La méthode la plus facile est souvent l'amélioration d'un évacuateur déjà existant au niveau du sol. Sa capacité peut parfois être dou-

blée par un simple terrassement du côté amont du canal et le nivellement de sa surface.

Parfois, l'évacuation des eaux de trop-plein au niveau du sol sur un côté de la tabia peut être complétée par l'aménagement d'un deuxième évacuateur sur l'autre côté.

Lorsque, du fait de contraintes physiques, il n'est pas possible d'augmenter la capacité d'évacuation au niveau du sol, un seuil déversoir en pierres doit être mis en place dans l'une des banquettes ou bien le seuil déversoir existant doit être élargi.

La qualité de la construction qui souvent laisse à désirer, est aussi importante que la capacité adéquate des évacuateurs.

- Erreurs de conception et de construction des évacuateurs de trop-plein et qualité insuffisante de leur construction.

Ces erreurs concernent aussi bien les évacuateurs au niveau du sol que les seuils déversoirs implantés dans les banquettes.

Les défauts les plus courants des évacuateurs au niveau du sol sont :

- l'absence de banquettes de déviation

- des banquettes trop courtes

- une pente longitudinale du canal d'évacuation trop raide.

Parfois, des obstacles empêchent le libre écoulement des eaux de trop-plein.

L'absence de banquette de déviation ou une banquette trop courte favorise l'érosion de la banquette latérale et du terrain à proximité, compromettant ainsi la sûreté de l'ouvrage lui-même.

Une pente longitudinale trop raide est souvent responsable de l'érosion du fond du canal et de la banquette elle-même. Le problème est aggravé lorsque le canal est cultivé.

La construction, le prolongement et le réalignement des banquettes de déviation constituent des améliorations très importantes. Un levé topographique sera nécessaire pour assurer une pente longitudinale uniforme ne dépassant pas 0,4%. L'eau de trop-plein doit être lâchée en-dehors de la portée des banquettes de la tabia, là où une dispersion optimale est assurée. La longueur définitive d'une banquette de déviation est déterminée par ces deux critères.

La protection du fond du canal contre toute perturbation, un revêtement en pierres de l'extrémité de la banquette (côté exutoire) et la plantation de la banquette même constituent d'autres améliorations valables.

En ce qui concerne les seuils déversoirs en pierres, il y a souvent plusieurs défauts de construction:

- profondeur inadéquate des fondations
- longueur insuffisante des ailes
- manque de compactage des banquettes dans lesquelles ils sont ancrés (défaut d'ancrage)
- mauvaise jointure des pierres
- utilisation de pierres trop petites surtout dans la couche supérieure de l'ouvrage
- absence d'un bassin de décantation (matelas en pierres).

La profondeur des fondations varie avec la nature (érodibilité) du sol. Le minimum nécessaire est de 0,50 m.

Les ailes doivent avoir une longueur de 2 m dont la moitié environ sera encastrée dans les banquettes des deux côtés.

Un bon compactage des banquettes autour des ailes s'obtient par les roues d'un tracteur qui fait des allers et retours répétés en marche arrière.

Mais à lui seul, un bon compactage n'est pas suffisant s'il y a une infiltration trop importante à travers les pierres mal jointes. La méthode traditionnelle qui consiste à intercaler entre les pierres des branches d'arbustes ou d'alfa, est efficace et peu coûteuse. Jointer les pierres de la couche supérieure de l'ouvrage avec du mortier est une autre solution, mais plus onéreuse. L'étanchéité de l'ouvrage peut également être améliorée en utilisant des pierres de différentes tailles.

• Manque d'entretien et exploitation peu appropriée

Les deux sont étroitement liés : une bonne exploitation représente en effet une partie très importante de l'entretien.

Ce sont les banquettes et les évacuateurs, mais aussi la retenue elle-même et les abords de la tabia qui doivent être entretenus pour résister aux forces qui les menacent.

Les détails de l'entretien et de l'exploitation font l'objet du chapitre suivant.

# 10. Entretien et exploitation

Pour atteindre les objectifs de la CES à grande échelle, l'intégration du paysan dans les stratégies et sa participation active se sont avérées indispensables. Donc les techniques de conservation doivent être en même temps productives et économiquement valables au niveau de la petite exploitation pour assurer l'engagement des familles rurales. Lors de la réalisation des programmes de construction de bassins de retenue d'eau, il faut tenir compte, à titre égal, des deux aspects, la conservation et la production.

Nous présentons ci-dessous quelques possibilités et potentiels d'exploitation de tabias. Une présentation détaillée des techniques de production dépasserait le cadre du manuel et ne peut donc figurer ici. Etant donné qu'il n'existe pratiquement pas de travaux à ce sujet pour d'autres régions de l'Afrique du Nord et du Moyen- Orient présentant des conditions agro-climatiques similaires, l'exposé suivant sur l'utilisation et la production se base exclusivement sur des observations et des données des modèles exploités avec succès dans les environs de la région de Bou-Hedma.

La seule source de données transposables se rapporte à des essais étendus de cultures dans des systèmes ressemblant à des tabias, construits dans divers sites du désert du Néguev. Là-bas, l'aridité climatique est bien plus caractéristique que dans la plupart des sites du Sud tunisien, avec des précipitations moyennes de P =70-80 mm.

Des essais sur plus de vingt ans font apparaître que la productivité d'une agriculture sur la base du captage des eaux de ruissellement dans des systèmes de retenue d'eau, est plus haute que celle d'une agriculture basée sur des précipitations équivalentes. Les raisons

en sont le stockage direct et concentré de l'eau au niveau des racines des cultures et une utilisation très efficace de l'eau. Confirmation en est donnée par le bon développement des cultures du système pilote installé dans la région de Bou-Hedma/Orbata.

## 10.1. Entretien

L'entretien régulier des tabias est une condition primordiale pour une exploitation productive. Par exemple, chez des agriculteurs productifs, rares sont les moments où la terre n'est pas travaillée. Par contre un mauvais entretien des tabias a une influence négative sur la croissance des plantes, les rend plus vulnérables aux dégâts des eaux et met en danger les systèmes en aval.

La rupture d'une tabia et la grande quantité d'eau libérée entraîne presque toujours la rupture des systèmes solidement construits en aval (effet domino). Les besoins et les détails d'un entretien continu doivent être expliqués à l'agriculteur qui doit comprendre que cet entretien représente une partie essentielle de l'exploitation.

Pour un entretien correct, il faut respecter les principes suivants :

• Travaux réguliers du sol

Après chaque crue, un travail superficiel du sol doit être effectué pour éviter les pertes d'eau par évaporation et pour interrompre la perte par capillarité. Ce qui convient le mieux est un labour par traction animale, pour éviter le compactage du sol encore humide par des lourdes machines. Une fois par an, avant le début de la saison des pluies, un ameublissement en profondeur d'au moins 20-30 cm doit être effectué pour augmenter la capacité d'infiltration du sol. Il faut absolument éviter d'endommager les racines des arbres des anciennes cultures et pour ce, il suffit de faire une bande d'ameublissement profond de 5 m de large entre les rangées.

• Nivellement après sédimentation

Pour garder une hauteur de retenue uniforme de 30 cm dans tout le bassin, les sédiments en excès accumulés dans la retenue doivent être régulièrement déblayés et entassés sur les banquettes. Pour cela il est souhaitable, mais pas toujours nécessaire, d'effectuer des métrés précis. Une observation exacte de la répartition de l'eau pendant et juste après la crue donne des indications précieuses sur la régularité du niveau dans le bassin. Le processus d'érosion et la force de gravité font que les banquettes perdent de leur hauteur avec le temps. Enlever les sédiments et surélever les banquettes sont donc deux actions complémentaires qui doivent être effectuées régulièrement.

La sédimentation de la retenue doit être freinée par tous les moyens possibles, y compris les traitements anti-érosifs dans le bassin versant (cordons en pierres, seuils-déversoirs, mise en défense etc.). Déjà lors de la planification des systèmes, il faut tenir compte des répercussions de ces mesures sur les apports de ruissellement et sur l'alimentation en eau des tabias prévues.

• Réparations immédiates des dégâts

Les éventuels dégâts aux banquettes, déversoirs, canaux et systèmes de déviation sont à réparer aussitôt après la crue.

La réparation des banquettes fissurées avec de la terre demande des soins particuliers pour éviter une nouvelle fissure au même endroit. Pour obtenir une bonne cohésion entre le sol de la banquette et le remblai de la fissure colmatée, il faut ameublir les deux côtés de la fissure ou brèche et les aplanir légèrement.

En général, le matériel de colmatage est ramassé en aval de la fissure sur une grande surface et une faible profondeur. Il faut éviter de creuser des trous profonds en aval de la fissure ou brèche. Les sédiments du bassin de retenue, souvent graveleux ou à granulométrie grossière, ne se prêtent pas, en général au colmatage. Ce qui importe pour une solidité durable, c'est le compactage du sol lors du remblayage : avec les roues du tracteur et un damage

répété. Les trous et les dégâts d'érosion dans les canaux d'alimentation au niveau du bord supérieur du bassin de retenue et en aval des évacuateurs sont à colmater avec des pierres et de petits débris de cailloux. Pour ancrer un matelas de pierres, il faut approfondir les trous jusqu'à 20 cm.

• Colmatage des galeries des petits rongeurs dans les banquettes

Les galeries des petits rongeurs (rats, souris etc.) sont souvent le point de départ et la cause de la rupture d'une banquette. Il faut régulièrement reboucher consciencieusement ces galeries avec de la terre. Il est également recommandé de poser des pièges pour éliminer ces rongeurs.

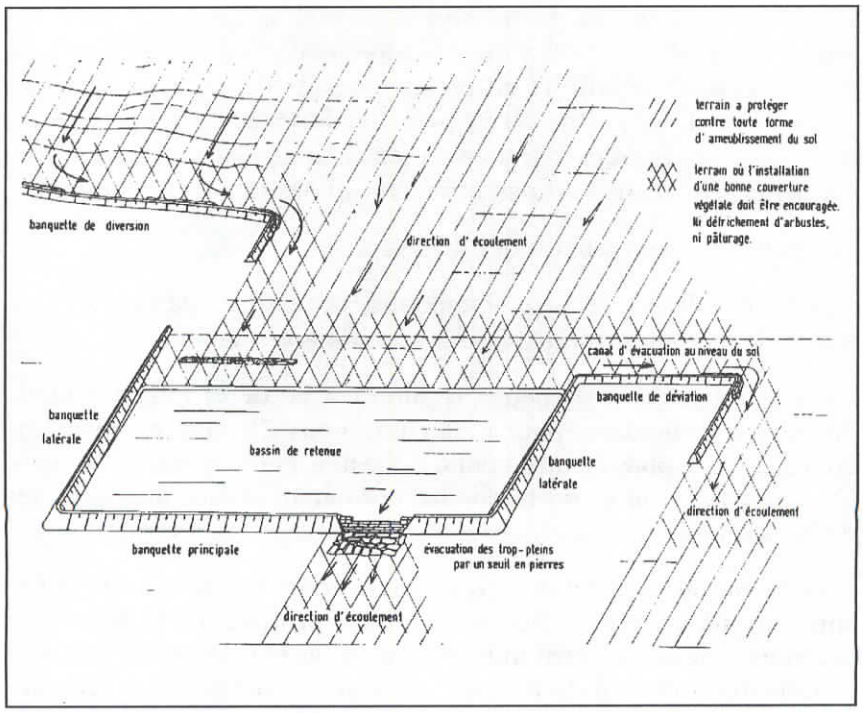



Fig. 17: *Zones d'une tabia à protéger contre toute forme d'exploitation ou d'ameublissement du sol.*

• Développement et conservation de la couverture végétale naturelle dans les zones aquifères du système

Dans les zones du système soumises à l'érosion des eaux d'écoulement (la base des banquettes, les canaux d'alimentation, le fond du canal de l'évacuateur au niveau du sol, les exutoires des déversoirs ainsi que les zones d'alimentation en amont de la retenue), il est recommandé de développer et d'entretenir une couverture végétale de protection en chiendent (Cynodon dactylon) ou petits arbustes (Armoise). Le pâturage et l'exploitation de bois de chauffage (arrachage des arbustes) sont à proscrire.

• Éviter les travaux de sol dans les zones d'écoulement

Les endroits suivants doivent être protégés de façon permanente contre toute forme d'ameublissement du sol :

- les voies d'écoulement dans le bassin versant.

- une bande d'une largeur d'environ 20 m immédiatement en amont de la retenue.

- le fond du canal de l'évacuateur au niveau du sol et le terrain en aval des déversoirs.

Inversement, il y a une règle générale plus facile à expliquer aux paysans :

Exploitation et utilisation du sol uniquement dans les bassins de retenue !

La fig.17 montre les zones d'une tabia qui bénéficient d'une mise en défense absolue et d'une protection contre toute forme d'ameublissement du sol.

• Éviter l'accès aux banquettes et évacuateurs

Banquettes et évacuateurs peuvent être endommagés par le passage des personnes et des troupeaux.

• Observation du système pendant la crue

L'observation du système des tabias pendant l'orage peut donner à son propriétaire des renseignements sur l'alimentation, la distribution et le déversement de l'eau et sur d'éventuelles corrections nécessaires. Lorsqu'il y a des perturbations fonctionnelles et un afflux d'eau trop important, il y a également possibilité d'intervenir dans une certaine mesure.

Il faut attirer l'attention de l'agriculteur sur l'importance d'une observation précise de son système.

## 10.2 Arboriculture et cultures vivrières dans les tabias

La plantation d'arbres fruitiers s'effectue après les premières pluies d'automne. Il est préférable de planter les arbres dans les ouvrages supérieurs d'un système, l'alimentation en eau y est plus sûre. Un espacement de 10 x 10 m s'est avéré rentable dans les tabias exploitées avec succès.

Il est conseillé de retarder la plantation jusqu'à la 2$^{e}$ saison qui suit l'achèvement des travaux. Ceci pour s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs majeures concernant les niveaux ou l'évacuation des trop-pleins, erreurs difficiles à corriger après la plantation des arbres.

Dans le but de faciliter le travail du sol entre les rangées d'arbres, il faut veiller à ce qu'elles soient bien alignées et que la première rangée soit plantée à au moins 3-4 m de la banquette principale.

Le Tab. 5 montre les variétés d'arbres fruitiers qui ont fait leur preuve dans les systèmes de captage d'eau de ruissellement et les rendements possibles. Ceux-ci dépendant moins directement des précipitations annuelles que du nombre et du volume des crues. Le rendement est tributaire, par ailleurs, des espèces choisies.

En Tunisie, la culture de nombreuses plantes annuelles et des cultures maraîchères est courante. Le choix des espèces dépend en premier lieu de la date de la première crue, à la suite de laquelle s'effectuent les semis.

Tableau 5

**Arbres fruitiers appropriés à la culture dans des systèmes de retenue d'eau**

| Espèce | Prod./arbre |
|---|---|
| Olivier (1) | 50-200 kg |
| Amandier (2) | 5-40 kg |
| Pistachier (2) | 3-15 kg |
| Figuier | 10-60 kg |
| Vigne | 3-20 kg |
| Abricotier | 10-60 kg |
| Pêcher | 10-80 kg |
| Grenadier | 5-30 kg |
| Caroubier inc. | inc. |

(1) Production bisannuelle
(2) Noix avec coques

Tableau 6

**Espèces vivrières appropriées à la culture dans les systèmes de retenue d'eau**

| Type | Saison | Espèce | Rendement max./ha |
|---|---|---|---|
| Cultures annuelles | Cultures en saison fraîche | blé | 4 t |
| | | orge | 5 t |
| | | oignons | 40 t |
| | | raifort | 15 t |
| | | carottes | 35 t |
| | | petits-pois | 4 t |
| | | tournesol | 2,5 t |
| | en saison tempérée | fèves | 10 t |
| | | courge | inc. |
| | | concombre | 15 t |
| | | pastèques | 10 t |
| Cultures perennes | en permanence | asperge | 2 t |
| | | artichauts | 10 t |

Des précipitations précoces en automne, suivies de crues exigent la culture d'espèces adaptées à la saison fraîche, alors que des précipitations tardives en hiver ou au printemps permettent la culture des espèces qui ne supportent pas le froid.

Le Tab. 6 montre quelques variétés cultivées avec succès sous des conditions arides dans les bassins de retenue d'eau et leur rendement maximal. Le niveau du rendement dépend essentiellement du choix des espèces. De nombreuses plantes aromatiques et médicinales ont de bons rendements dans les systèmes de retenue d'eau et sont remarquables par leur teneur élevée en substances actives.

La culture de plantes annuelles entre les rangées d'arbres comme culture intercalaire peut augmenter la productivité :

- la combinaison avec des légumineuses (petits pois, fèves) sert à la fixation de l'azote dans le sol au profit des arbres et des cultures de la saison suivante.
- la combinaison d'arbres à enracinement profond (0,4-3 m) et de cultures à racines superficielles (jusqu'à - 0,4 m) après une bonne crue permet d'économiser de l'eau.

Étant donné qu'on n'a pas encore défini les limites entre la productivité élevée d'une part et les effets négatifs de la concurrence pour l'eau entre les arbres et la culture intercalaire d'autre part, il est préférable de faire des cultures intercalaires uniquement en présence de jeunes arbres. En plus, les cultures intercalaires doivent être limitées à une bande de 5-6 m entre les rangées d'arbres.

Une fumure minérale (NPK) pour augmenter le rendement des cultures annuelles est possible et doit être pratiquée après la première pousse, par petites quantités répétées, pendant ou juste après une crue. Etant donné que dans la plupart des cas, les moyens et l'expérience d'une fumure minérale manquent, il est préférable d'épandre largement (jusque 20 $m^3$/ha) du fumier de moutons. Celui-ci contient des éléments nutritifs et améliore la teneur en éléments organiques et la structure du sol.

## 10.3. Cultures fourragères dans les tabias

La culture des plantes fourragères dans les systèmes de retenue d'eau n'est pas, jusqu'à présent, très répandue en Tunisie. En dehors du fait de fournir l'alimentation aux troupeaux, les diverses espèces de légumineuses, cultivées en alternance, ont pour effet d'améliorer la qualité et la nature du sol. Il est donc recommandé de faire alterner des espèces fourragères annuelles avec des cultures vivrières ou en tant que cultures intercalaires entre les arbres. Les espèces pérennes restent en place pendant plusieurs années et demandent moins de soins.

Des espèces fourragères annuelles et pérennes résistant à la sécheresse, ainsi que des plantes maraîchères annuelles se prêtent parfaitement à la culture dans les ouvrages situés en aval lorsque

l'alimentation en eau se fait par le déversement des tabias en amont, ce qui n'est assuré que pendant les années humides.

Les espèces et variétés pérennes doivent combiner une importante résistance à la sécheresse et la possibilité de convertir rapidement un apport d'eau supplémentaire en rendements élevés de biomasse. Les espèces annuelles doivent présenter une productivité élevée ainsi qu'une importante formation de graines pour le resemis naturel.

Le Tab. 7 montre des espèces fourragères annuelles et pérennes cultivables dans les bassins de retenue. Il s'agit d'une sélection de variétés à rendement élevé qui a été mise au point dans des conditions très arides (P = 70-80 mm).

Tableau 7

**Espèces fourragères appropriées à la culture dans des systèmes de retenue d'eau (d'après Evenari e.a., 1982)**

| Espèces annuelles | Prod. moy. ann. | Espèces pérennes | Prod. moy. ann. | Var. |
|---|---|---|---|---|
| Medicago | | Medicago sativa | 7,8 t | 0,4 - 16 t |
| - denticulata | 3,2 t | Oryzopsis miliacea | 4,5 t | 4,9 - 10, 7 t |
| - polymorpha (1) | 4,5 t | Phalaris tuberosa | 5,5 t | 0,9 - 10, 7 t |
| - orbicularis | 3,3 t | Agropyrum elongatum | 2,3 t | 1,7 - 4, 8 t |
| - rotata | 5,3 t | | | |
| - scutellata | 5,5 t | | | |
| - truncatula (1) | 5,6 t | | | |
| - turbinata | 6,2 t | | | |
| - intertexta | 4,7 t | | | |
| Trigonella arabica | 5,0 | | | |
| Avena sterilis | 5,1 | | | |

(1) Production moyenne annuelle suivant la variété

Il est très probable qu'en Tunisie, le rendement moyen cité dans le Tab. 7 est atteint et sera même dépassé huit années sur dix. Un rendement fourrager de 5 t M.S. est suffisant pour nourrir 8-9 brebis et leur reproduction pendant toute l'année.

## 10.4. Aménagement sylvo-pastoral des tabias

Pour les Directions des Forêts au Maghreb, l'aménagement sylvo-pastoral représente une possibilité prometteuse d'utilisation des ouvrages de retenue d'eau de ruissellement dans les zones arides peu exploitées jusqu'à présent. La plantation d'arbres et d'arbustes dans les tabias pour la production de bois et/ou de fourrage a donné d'excellents résultats lors des essais dans le Néguev très aride, en ce qui concerne les rendements de bois et de biomasse. (voir Tab. 8 et Tab. 9).

Tableau 8

**Production de bois de quelques espèces sylvo-pastorales de 42 mois dans un système de retenue d'eau(1) (d'après Lovenstein et Zohar, 1989)**

| Espèce | Diamètre moyen | Hauteur |
|---|---|---|
| Eucalyptus occidentalis | 6,8 cm (2) | 5,5 m |
| Eucalyptus camaldulensis | 7,7 cm (2) | 6,9 m |
| Acacia salicina | 8,4 cm (3) | 3,8 m |
| Casuarina glauca | 4,0 cm (2) | 4,3 m |

(1) Densité de plantation : 1400 arbres/ha
(2) Mesuré à 130 cm de la base
(3) Mesuré à 30 cm de la base

Tableau 9

**Production de biomasse (t de M.S./ha) d'acacia salicina et d'eucalyptus occidentalis de 35 mois dans un système de retenue d'eau[1] (d'après Lovenstein et Zohar, 1989)**

| Espèce | Feuilles | Bois | Total |
|---|---|---|---|
| Acacia salicina | 10 t | 12 t | 22 t |
| Eucalyptus occidentalis | 15 t | 15 t | 30 t |

(1) Densité de plantation: 1250 arbres/ha

Cette technique est supérieure, au point de vue économique, à la technique traditionnelle de l'arrosage avec tracteur et citerne et recommandable surtout pour les programmes de reboisement et de protection contre l'érosion dans les régions éloignées ne disposant pas de puits. En outre, les arbres avec, en intercalaire, des espèces légumineuses atteignent une productivité supérieure. Le Tab. 10 montre quelques espèces choisies pour un aménagement sylvo-pastoral des systèmes de retenue d'eau dans les zones arides.

Tableau 10

**Arbres et arbustes appropriés à l'aménagement sylvo-pastoral dans des systèmes de retenue d'eau**

| Légumineuses | Non-Légumineuses |
|---|---|
| Acacia ciliata | Atriplex halimus |
| Acacia cyanophylla | Atriplex nummularia |
| Acacia horrida | Eucalyptus sticklandii |
| Acacia salicina | Eucalyptus torquata |
| Acacia victoria | Eucalyptus camaldulensis |
| Cassia sturtii | Eucalyptus occidentalis |
| Casuarina glauca | Myoporum serratum |
| Ceratonia siliqua | |
| Prosopis chilensis | |
| Leucaena leucocephala | |

# 11. Aspects économiques d'une tabia

Malgré le grand degré d'incertitude des nombreuses données qui varient selon le cas et dépendent de beaucoup de facteurs, nous avons essayé d'effectuer une évaluation économique en exploitant avec prudence et une tendance plutôt pessimiste les données incertaines. Ainsi les marges brutes par année permettaient, malgré tout, de tirer des conclusions quant à la contribution possible qu'une tabia peut apporter au revenu familial rural. Le détail de l'évaluation figure en annexe 20.

## 11.1. Hypothèses de calcul

- La tabia de référence a 100 m de long et 30 m de large. La superficie plantée est d'environ 1/3 ha avec différentes espèces d'arbres fruitiers (10 oliviers, 10 amandiers, 5 pistachiers et 5 figuiers).
- Pour compenser l'absence de rendement des arbres au stade juvénile, 5% de la superficie de la tabia sont utilisés pour des cultures vivrières en intercalaire (petits pois, pastèques, blé) pendant une période de 7 ans.
- Les coûts d'investissement et les coûts de production sont calculés à partir de données empiriques collectées dans la région de Bou-Hedma (voir chapitre 13).
- Les rendements moyens annuels sont estimés à partir des variations des rendements interannuels et tiennent compte de l'alternance des années sèches et des années humides. On suppose une exploitation et un entretien corrects de la tabia.
- Les prix des produits sont les prix du marché de 1989.
- La détermination de rendements progressifs par année est faite

pour tenir compte de l'évolution de la croissance des arbres. Pour l'arboriculture et en fonction des variétés, les premières périodes ne présentent pas de rendement. Par la suite, on suppose un demi-rendement et le plein rendement n'est envisagé pour toutes les variétés qu'à partir de la quinzième année.

- Les marges brutes/année des différentes périodes de rendement sont les différences entre les pleins rendements annuels en DT et l'ensemble des frais annuels. Il est à remarquer que les coûts d'investissement n'ont pas été considérés comme amortissement et répartis sur plusieurs années, mais ont été imputés en totalité sur la première année. Cela correspond mieux à la réalité.

Tableau 11

**Marges brutes annuelles du modèle-type de tabia**

| **Périodes d'exploitation de la tabia** | **Années** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1** | **2-3** | **4-7** | **8-10** | **11-15** | **>15** |
| Marge brute/année | - 250 | 75 | 230 | 295 | 425 | 560 |
| Marge brute/année et ha | - 830 | 250 | 770 | 980 | 1420 | 1870 |

## 11.2. Rentabilté des tabias

La comparaison des coûts et des rendements donne des marges brutes annuelles progressives dans le temps jusqu'au plein rendement de l'arboriculture (voir Tab. 11).

Un découvert de 250 DT apparaît uniquement la première année avec le décompte de la totalité des coûts d'investissement et la quasi-absence de rendement. Ceci démontre la nécessité d'une aide financière limitée au moyen de crédits ou subventions dans le cadre de programmes de développement.

Quinze ans après la plantation des arbres, avec un plein rendement, on obtient des marges brutes annuelles d'un montant de 560 DT/tabia. Ramené à une superficie cultivée de 1 ha, soit l'équivalent de trois ouvrages environ, ce montant s'élève à presque 2.000 DT. (voir Tab. 11 et annexe 20).



Photo N° 1 : *Déviation des écoulements de l'Oued Haddej datant de l'époque romaine (trouvée dans la région de Bou-Hedma).*

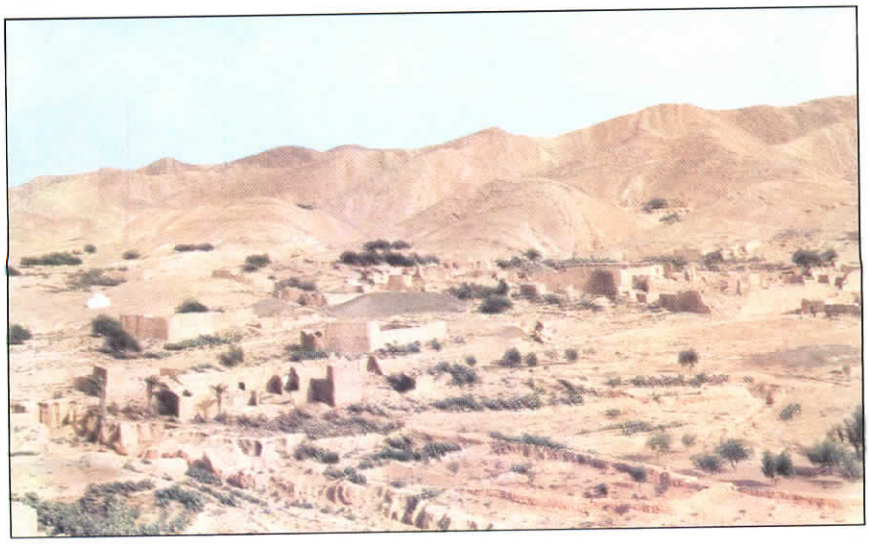


Photo N° 2 : *Ancien village presque abandonné des El Ayaycha dans les montagnes du Sud tunisien. Dans les thalwegs et sur les versants, on voit des jessours et des tabias.*

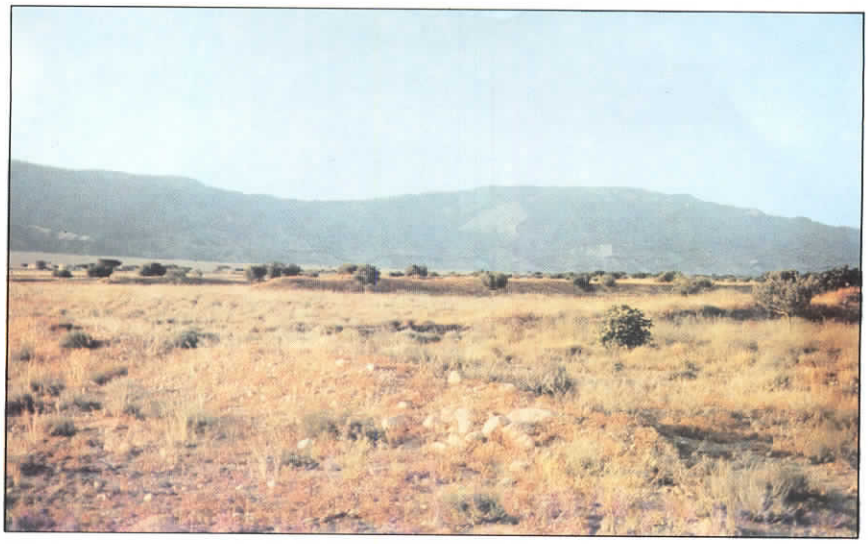


Photo N° 3 : *Les plaines et les montagnes dans les régions arides - situation adéquate pour la construction des tabias.*



Photo N° 4 : *Tabia avec oliviers et cultures intercalaires dans des conditions typiques des glacis à pente faible.*