



Interaction between Migration,
Land & Water Management and Resource
Exploitation in the Oases of the Maghreb

Le milieu physique et les ressources naturelles dans le bassin de Tinghir (Oued Toudgha)

Potentialités et impact de l'exploitation

Abderrahmane El Harradji

Université Mohammed Ier Oujda, Morocco

**IMAROM Working Paper Series no. 6
January 2000**

Université Mohammed Ier
B.P. 524
60.000 Oujda
Morocco

IMAROM is a research project
funded by the EC (DG XII)
INCO-DC programme 1994-1998
contract number IC18-CT97-0134
<http://www.frw.uva.nl/IMAROM>
E-mail: imarom@frw.uva.nl

IMAROM project coordinator
AGIDS
University of Amsterdam
Nieuwe Prinsengracht 130
1018 VZ Amsterdam, The Netherlands
Tel. + 31 20 5254063 Fax 5254051

Sommaire

Introduction : Présentation de l'aire de l'étude

Première partie : le cadre général

1. Le cadre morphostructural
2. Le contexte morphopédologique
3. Les caractéristiques du climat
4. Les ressources en eau
 - 4.1. Les eaux superficielles :
 - 4.2. Les eaux souterraines
 - 4.2.1 La nature des potentialités hydrogéologiques
 - 4.2.2 La puissance et le comportement de la nappe
 - 4.3. La qualité des eaux
5. Le couvert végétal et l'étagement bioclimatique
 - 5.1. La végétation naturelle
 - 5.2. Les plantations et les cultures

Deuxième partie : “ le cadre villageois ”

- 1- Bioclimatologie
- 2 - Sites villageois et contexte morphopédologique :
 - 2.1 - Zaouïa (Zaouiyet Sidi Abdelali, Tizgui)
 - 2.2 - Aït Oujenna (“ ceux du haut ”)
 - 2.3 - Tikoutar
 - 2.4 - Iaâdouane – Aït Yaâla
 - 2.5 - Aït El Meskine
 - 2.6 - Bou Taghat
 - 2.7 - Taghia
 - 2.8 - Tadafelt
 - 2.9 - Ghilil
- 3 - Terroirs villageois et ressources en eau :
 - 3.1 - Zaouïa
 - 3.2 - Aït Oujenna
 - 3.3 - Tikoutar
 - 3.4 - Iaâdouane – Aït Yaâla
 - 3.5 - Aït El Meskine
 - 3.6 - Bou Taghat
 - 3.7 - Taghia
 - 3.8 - Tadafelt
 - 3.9 - Ghilil

Conclusion : bilan et perspectives de l'exploitation des ressources

Introduction : Présentation de l'aire de l'étude

Dans le cadre du projet de recherche IMAROM, les sites oasiens à étudier au Maroc ont été choisis dans la vallée de l'Oued Toudgha, principal drain amont de l'Oued Ferkla, affluent principal de l'Oued Ghéris qui constitue avec l'Oued Ziz l'essentiel du bassin versant de la Daoura, drainant les eaux d'une grande partie centrale du domaine atlasique et sud-atlasique vers le Sahara.

Il s'agit d'oasis regroupées dans un même tronçon qu'il convient d'appeler *Bassin de Tinghir*, relativement homogène à l'échelle régionale, mais néanmoins assez diversifié généralement d'amont en aval et selon des axes transversaux, suivant la configuration du relief. La première oasis (Tizgui) se situe encore en pleine montagne du Haut Atlas sur des terrasses alluviales encore resserrées (à peine quelques dizaines de mètres de largeur) juste après le franchissement des gorges par le cours du Toudgha tandis que la dernière (Ghlil) s'épanouit à 30 km plus en aval dans une plaine alluviale large de 4 km.

Cet ensemble d'oasis plus ou moins discontinues se localise entre 31°25' et 31°35' Nord et entre 5°17' et 5°37' Ouest, dans l'extrémité nord-est de la province de Ouarzazate, au voisinage de la province d'Errachidia avec laquelle il entretient encore certaines relations administratives, notamment au niveau de la Direction Régionale des Ressources en Eau, en raison de son appartenance au bassin hydrographique du Ziz-Ghéris. Ces oasis réparties en *ighrem* (s) ou *qsar* (s) regroupées ou dispersés sont organisées en communes administrées par le Cercle de Tinghir, qui est un centre urbain situé en rive droite de l'Oued Toudgha, à une altitude de 1300 m, sur la route nationale n° 10 reliant Agadir à Bouarfa,. Ces oasis culminent à des altitudes s'échelonnant de 1420 m à Tizgui à 1100 m à Ghlil, soit une pente moyenne de 1 % pour la vallée.

L'économie de ces oasis a été profondément perturbée par les transformations socio-spatiales surtout récentes. Les activités traditionnelles basées sur l'agriculture irriguée associée à un élevage surtout sédentaire ont connu un développement important avec l'intensification de l'exploitation des ressources en eau. Le remplacement de certaines techniques ancestrales telle que *oughrou* par les motopompes surtout installés avec l'apport financier des émigrés, la multiplication des superficies irriguées, et l'accroissement des besoins en eau ont largement contribué à l'abaissement du niveau piézométrique des nappes phréatiques, provoquant l'assèchement de certaines khetaras et le manque d'eau pour certains secteurs du bassin notamment en aval. En période sèche, la situation devrait s'aggraver encore avec l'irrégularité des précipitations en amont. Cependant, la configuration du relief et la charpente structurale font bénéficier au moins la partie amont du bassin de Tinghir d'une alimentation pérenne en eau par écoulement et sous-écoulement par le biais d'une forte altitude du massif du Haut-Atlas conjuguée avec une perméabilité des terrains.

Les sols qui ne sont qu'artificiellement évolués sont des apports alluviaux associant toutes fractions fines et grossières déblayées de l'amont et décantées sur les épandages des plaines. Traditionnellement, seules les basses terrasses des plaines alluviales étaient irrigables, mais la mise en place de moyens et de dispositifs d'acheminement d'eau a permis le développement des cultures irriguées même sur les sols des surfaces perchées. Dans certains cas, des sols même ont été apportés par les agriculteurs sur ces surfaces là où on croit disposer d'importantes ressources en eau.

1. Le cadre morphostructural

Le cadre morphostructural se caractérise par la présence de trois unités nettement distinctes, se succédant du Nord au Sud :

- au Nord s'étend un ensemble de crêtes du système plissé appartenant à la chaîne du Haut Atlas Central, avec une allure localement chevauchante vers le Sud. Ce sont des plis à axes d'orientation générale SW-NE, largement entaillés par le cours supérieur de l'Oued Toudgha et ses ramifications. Ces reliefs culminant parfois à des altitudes supérieures à 3000 m sont modelés dans de lourdes assises calcaro-dolomitiques massives avec des intercalations plus ou moins marneuses. Cet ensemble appartenant essentiellement à la série secondaire jurassique reposant sur un substrat argileux plus ou moins salifère ou gypsifère à intercalations basaltiques altérées chevauche vers le Sud-Est un synclinal formé de grès, de marnes et de calcaires crétacés et éocènes.

- au Sud s'étend le massif du Jbel Saghro et son prolongement oriental (Jbel Ougnate) appartenant au système de l'Anti-Atlas, faisant partie du bouclier africain primaire et antécambrien. Ce sont des crêtes généralement peu élevées avec toutefois quelques sommets s'élevant à plus de 2500 m, façonnées dans des complexes schisto-quartzitiques cambro-dévonien granitisés à passées conglomératiques ou encore volcaniques.

- au centre, entre les deux unités montagneuses, s'étend un couloir de plaines, de plateaux et de collines déprimées appartenant au sillon préafricain. Ce couloir structural est généralement constitué de formations relativement récentes allant du créacé au quaternaire, avec localement de larges affleurements du socle en reliefs ou en plateforme localement perchée. Ces affleurements soulignent d'une part la discontinuité et la faible épaisseur des terrains cénozoïques et d'autre part le resserrement dans ce secteur du sillon préafricain entre le Haut Atlas au Nord et l'Anti-Atlas au Sud. C'est dans cette unité déprimée que s'épanouissent les épandages surtout quaternaires sur des glaciers et sur les terrasses de l'Oued Toudgha. Ces épandages varient selon leur âge et leur position géomorphologique des conglomérats (poudingues et cailloutis) plus ou moins consolidés ou encroûtés aux bancs sablo-limono-argileux plus ou moins friables. Ce sont ces zones d'épandages récents ou anciens qui constituent le support édaphique des oasis. Par ailleurs, ce sont ces formations quaternaires essentiellement détritiques qui emmagasinent les réserves de la nappe exploitée, (voir plus loin, " eaux souterraines ").

2. Le contexte morphopédologique

La vallée du Toudgha reste encore nettement encaissée sur une dizaine de kilomètres après la sortie de l'oued de ses gorges spectaculaires. Cet encaissement qui peut dépasser 10 m se fait en contrebas d'une ancienne terrasse conglomératique consolidée et attribuable au Quaternaire ancien et moyen. La vallée a un tracé généralement peu sinueux mais elle abrite néanmoins un lit ordinaire à méandres peu prononcés divagant dans un lit majeur perché de 1 à 3 m. Ce lit est constitué d'une formation meuble sablo-limono-argileuse à passées caillouteuses discontinues, peu ou pas consolidées et de structure entrecroisée et lenticulaire. Le niveau supérieur de cette formation est marqué par un faciès à fractions fines prédominantes constituant un sol argilo-limoneux localement finement sableux d'une épaisseur pouvant dépasser un mètre par endroits. Il s'agit d'un sol d'apport alluvial qui aurait été enrichi in situ par une légère pédogenèse due à une mise en culture irriguée de longue date le faisant évoluer, quoique faiblement, vers un sol brun de steppe.

Dans les bas fonds des oueds affluents, des sols bruts sont étalés par les crues actuelles et subactuelles et diffèrent nettement de ceux de la vallée principale. Ce sont des limons sableux très pauvres en argiles et en matière organique, dérivant directement de l'ablation des terrains gréseux du Crétacé, comme il est remarquable à titre d'exemple dans l'Oued N'Arg N'Sidi Ali Oubourouk affluent de rive droite en amont immédiat de Tinghir où la rubéfaction homogène des limons reflète directement la formation géologique dont ils sont issus.

Vers l'aval, les apports des affluents sont plus sableux et graveleux, dont certains ont même l'allure de formations colluviales ayant subi un remaniement alluvial sur de courtes distances. En aval de Tinghir, la plaine alluviale de l'Oued Toudgha, moins encaissé, devient plus large avec des épandages plus fins reposant sur une terrasse limono-sableuse récente. Certains sites ont révélé des épaisseurs de plus d'un mètre de sol très argileux au pied des terrasses conglomératiques consolidées et perchées, passant latéralement à des limons francs dominant directement le lit actuel. Les divagations et le caractère occasionnel des inondations ainsi que l'irrégularité des crues seraient responsables de cet agencement courant dans plusieurs tronçons ayant fait l'objet de prélèvements, sans toutefois en être la règle dans l'ensemble de la vallée.

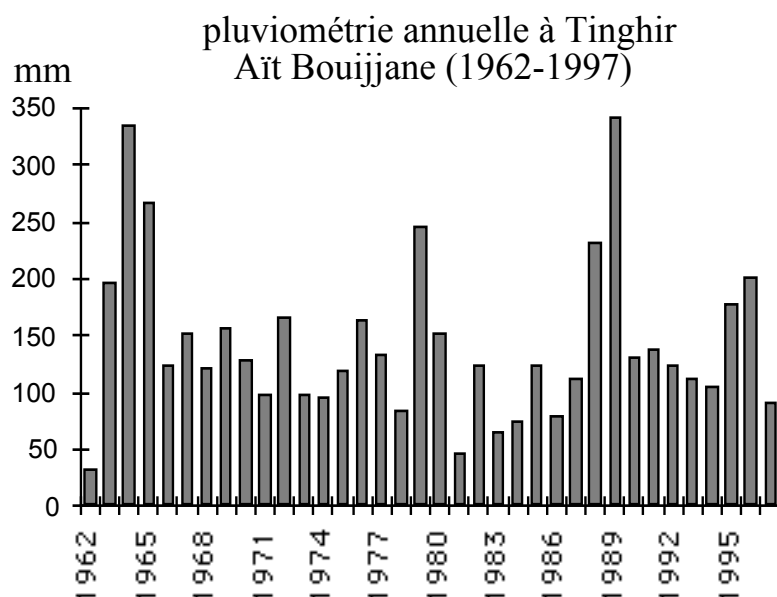
Plus en aval, la vallée du Toudgha devient plus large encore avec des extensions récentes des exploitations agricoles sans aucun rapport avec le périmètre d'irrigation traditionnelle. Là encore s'étendent des sols limono-sableux à niveaux graveleux irréguliers alternant en affleurement parfois avec des éminences discrètes de limons anciens encroûtés (Ghlil, autour de la piste d'Alnif) ou à nodules calcaires bien individualisés (Taghzout) ou à fond franchement travertineux (Aït El Meskine). Localement, des sols de teinte foncée sont disposés en aires d'extensions très limitées, reflétant la présence d'anciennes vasières soulignant une hydromorphie accrue.

En bordures de la basse terrasse meuble, des poudingues généralement consolidés avec des ciments surtout calcaires, parfois en dalle de croûte sont perchés. Cette formation omniprésente en aval de Tinghir constitue le niveau topographique le plus étendu, raccordant de vastes glacis à d'anciennes terrasses, probablement attribuables au quaternaire surtout moyen (Tensiftien ?). Des cailloutis à matrice fine parfois abondante les recouvrent d'une manière très irrégulière en épaisseur et en extension. Ces cailloutis sont parfois exploités comme sol (Hart Mrabtime), et à défaut, la dalle conglomératique est parfois recouverte d'un sol transporté (Taghzout). D'autres formations superficielles graveleuses ou limoneuses, mais légèrement salées, sont exploitées à Bou Taghat, en extension récente sur un substrat de socle paléozoïque, non loin d'un ancien noyau d'exploitations agricoles sur sols limono-argileux.

3. Les caractéristiques du climat

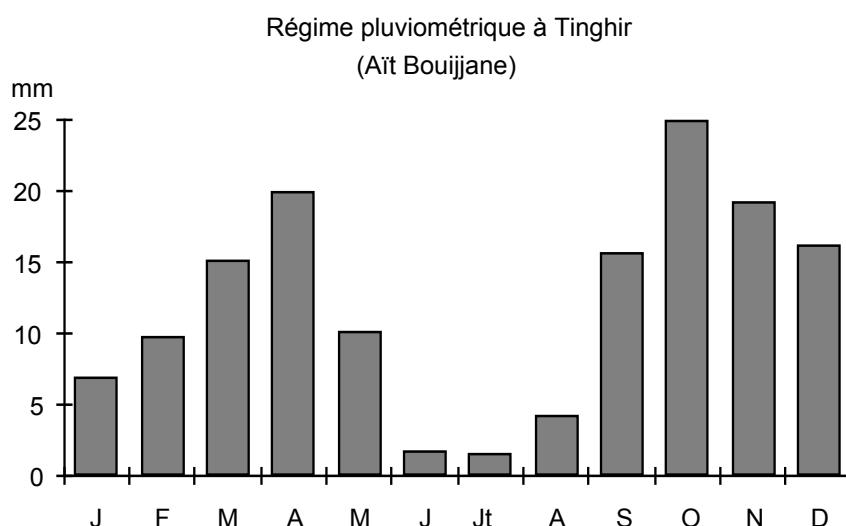
La station de Aït Bouijjane (1350 m) située tout près de Tinghir est la seule source d'informations climatologiques qui existe dans le secteur. Les autres stations sont lointaines mais permettent néanmoins de faire des extrapolations au niveau régional.

Le volume moyen des précipitations annuelles s'élève à 144 mm pour une période 36 ans (1962-1997). Cette valeur est de 146,6 pour la période 1938-39/1979-80. La pluviométrie est marquée par une forte irrégularité interrannuelle, ce qui souligne l'appartenance au climat présaharien. Au cours de cette période, l'année 1989 a été la plus humide avec 344,1 mm tandis que l'année 1962 était la plus sèche avec seulement 33 mm, soit un rapport de 1 à 10. L'année hydrologique 1982-83 était la plus sèche avec seulement 40 mm tandis que la plus humide était 1988-89 avec une pluviométrie de 277,3 mm.



La répartition mensuelle des précipitations montre deux saisons pluvieuses dont la plus importante commence en automne (Septembre-Décembre) en totalisant plus de 50 % de la lame d'eau annuelle et l'autre au printemps (Mars-Avril), relayées par un hiver peu arrosé, et une saison d'été nettement sèche (Juin-Août) avec seulement 13,6 % des précipitations. Le nombre de jours de pluie ne dépasse pas 30 en moyenne.

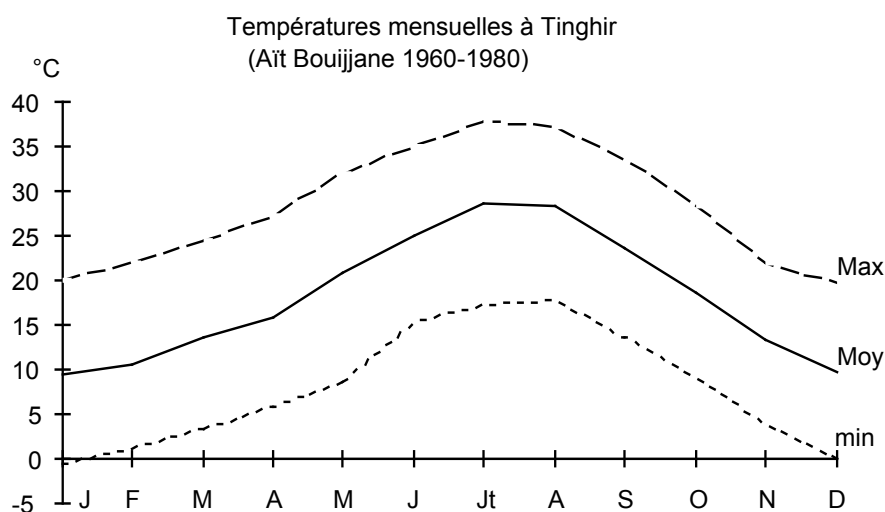
| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Total |
|------|---|-----|------|----|----|-----|-----|-----|------|----|------|------|-------|
| mm | 7 | 9.9 | 15.3 | 20 | 10 | 1.8 | 1.6 | 4.4 | 15.7 | 25 | 19.3 | 16.3 | 146.6 |



Les températures moyennes mensuelles montrent que le mois de Juillet est le plus chaud avec 28,6 °C tandis que le mois de Janvier est le plus froid avec une valeur de 9,4. L'écart entre ces deux valeurs exprime une amplitude thermique annuelle de 19,2 qui traduit déjà un important degré de continentalité du climat. La température moyenne annuelle atteint

18,2 tandis que les moyennes annuelles des maxima et des minima atteignent respectivement 28,4 et 8,0. Le mois de Juillet reste le plus chaud avec un maxima moyen de 38,0 tandis que maxima moyen le plus bas est enregistré au mois de Décembre, alors que c'est le mois de Janvier qui est habituellement le plus froid avec un minima moyen de -0,4 et c'est le mois d'Août qui enregistre le minima moyen le plus élevé. La fraîcheur du mois de Janvier s'explique apparemment par sa faible pluviosité par rapport au mois de Décembre.

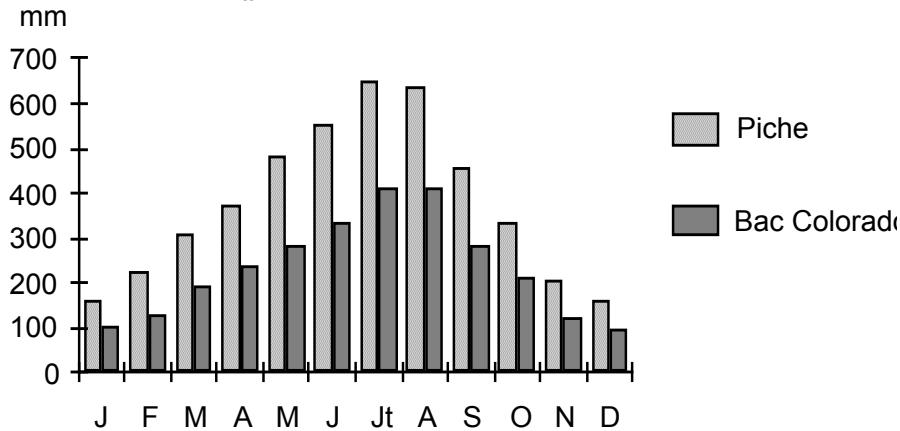
| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Année |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| T° M | 20.2 | 22 | 24.5 | 27.3 | 31.9 | 35.1 | 38 | 37.4 | 33.7 | 28.3 | 22.1 | 19.7 | 28.4 |
| T° m | -0.4 | 1.3 | 3.4 | 5.8 | 8.6 | 15.5 | 17.4 | 18 | 13.8 | 9.2 | 3.9 | 0.2 | 8 |
| T° Moy | 9.4 | 10.7 | 13.6 | 15.9 | 20.9 | 25.1 | 28.6 | 28.4 | 23.8 | 18.8 | 13.4 | 9.8 | 18.2 |



Les mesures indirectes d'évaporation effectuées par l'évaporomètre Piche et par le Bac Colorado, ainsi que l'évapotranspiration potentielle calculée par la méthode de Thornthwaite se calquent fidèlement sur les températures. Elles soulignent également la fraîcheur du printemps et surtout la pluviosité de l'automne. Un minimum est observé en Décembre pour l'évaporation et en Janvier pour l'évapotranspiration, tandis qu'un maximum est enregistré pour les deux en Juillet.

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Année |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Piche | 164 | 224 | 308 | 375 | 482 | 553 | 649 | 641 | 459 | 339 | 208 | 162 | 4564 |
| Bac C | 106 | 129 | 194 | 238 | 283 | 337 | 414 | 411 | 283 | 215 | 126 | 98 | 2834 |

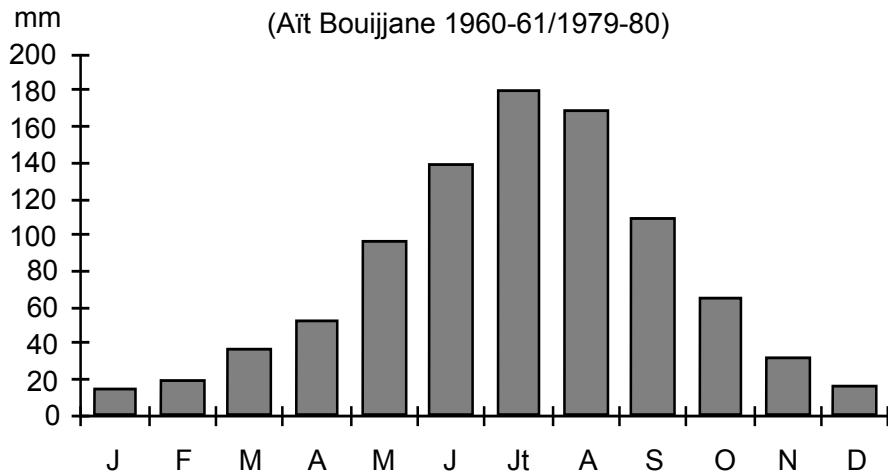
Evaporation moyenne mensuelle à Tinghir
(Aït Bouijjane 1966-67/1979-80)



Les 5 mois les plus chauds (Mai à Septembre) totalisent plus de 74 % du volume de l'évapotranspiration (ETP). L'évaporation mesurée par Bac Colorado atteint plus de 2,8 m par an. Tous les mois ont pratiquement un bilan hydrique déficitaire, ce qui traduit une forte aridité du climat.

| Mois | J | F | M | A | M | J | Jt | A | S | O | N | D | Année |
|------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-------|
| ETP | 16 | 20 | 38 | 53 | 98 | 139 | 181 | 170 | 110 | 66 | 32 | 17 | 940 |

Evapotranspiration potentielle à Tinghir
(Aït Bouijjane 1960-61/1979-80)



Selon la classification d'Emberger, le climat de la zone d'étude est de type saharien frais avec un hiver froid et peu pluvieux et un été chaud et sec. La variation spatiale de l'ambiance climatique doit être légèrement nuancée d'amont (1400 m) en aval (1100 m), donc du NW vers le SE en fonction de la position topographique et surtout de l'altitude. Le fond de la vallée plus encaissée en amont abrite les cultures et les arbres et aurait un microclimat cependant peu différent du reste des sites dont celui de la station météorologique d'Aït

Bouijjane. C'est l'activité éolienne qui serait probablement la plus concernée par cette nuance. Les vents, frais ou chauds, balayent plus fortement les éminences dénudées.

L'allongement du bassin du Toudgha entre les gorges et la plaine de Ghlil du Nord-Ouest vers le Sud-Est suit l'axe de la variabilité spatiale des paramètres des ambiances climatiques. L'altitude décroît également suivant le même axe. Ainsi les précipitations diminuent et les températures augmentent. La partie aval serait la plus balayée par les vents chauds sahariens (le chergui). Ces constatations se conjuguent déjà avec la répartition des formes de désertification beaucoup plus exprimées au Sud-Est au alentours de Ghlil et de Taghia où la déflation et l'ensablement se traduisent par une piérosité accrue et la présence de petites nebkas.

A l'échelle régionale, de Tinghir à Erfoud (Tafilalt) les températures moyennes annuelles croissent de 19 à 21°C, la moyenne des maximas du mois le plus chaud, en l'occurrence Juillet, croît de 40° à 42° tandis que la moyenne des minimas en Janvier croît de -0,2° à 2,6°. Les précipitations n'enregistrent que 75 mm à Erfoud. Les 30 jours de pluie enregistrés à Tinghir ne deviennent que 15 dans le Tafilalt.

4. Les ressources en eau

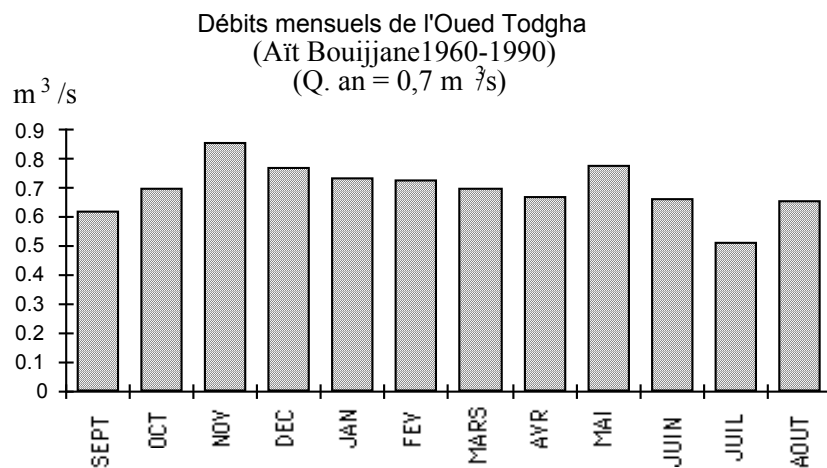
Dans la zone d'étude les ressources en eau sont constituées par les écoulements de l'Oued Toudgha et les sources qui y sont associées ainsi que la nappe souterraine du sillon sud-atlasique et ses prolongements.

4.1. Les eaux superficielles :

Les eaux de surface sont constituées des apports de l'oued Toudgha et de ses nombreux affluents. L'oued lui même est le plus souvent à sec, même en hiver, en amont de ses deux sources principales : Aghbalou n'Tizgui et Aghbalou N'Imarighène. Cependant depuis les gorges déjà le sous-écoulement qui est très important s'ajoute au débit de ces sources pérennes. C'est surtout grâce à cet inféoflux que la nappe phréatique est alimentée.

En somme, les apports annuels du Toudgha sont estimés à 11,5 Mm³ seulement à Aït Bouijjane pour une superficie de 705 km², contre 12,4 Mm³ pour son affluent aval Imiter à Taghia pour une superficie de 895 km² pourtant nettement moins arrosée. Ce dernier draine surtout des terrains imperméables. Les apports annuels sont estimés à 33,9 Mm³ à Ghlil. La station de jaugeage d'Aït Bouijjane sur le Toudgha se trouve en réalité à quelques six kilomètres en aval des premiers champs irrigués par des prélèvements jugés importants sur les eaux de l'oued. Les quantités d'eau dérivées vers les canaux pour l'irrigation des cultures et échappant aux mesures effectuées à la station sont évaluées à 9,7 Mm³ par an selon une enquête menée en 1990 pour l'ONEP. En prenant en compte ce volume, l'apport des sources serait de 19,7 Mm³/an excédant de loin le volume capté à la station hydrologique. Cette situation s'explique par la forte perméabilité de la partie haut-atlasique du bassin-versant qui influence nettement les débits de l'oued.

| Mois | SEP | OCT | NOV | DEC | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JUIL | AOU | AN |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| m ³ /s | 0.63 | 0.70 | 0.86 | 0.77 | 0.74 | 0.73 | 0.70 | 0.67 | 0.78 | 0.67 | 0.51 | 0.66 | 0.70 |



Les débits moyens mensuels reflètent en effet un régime très régulier visiblement sans rapport direct avec le régime pluviométrique de climat présaharien. Ce fait est dû beaucoup plus à la perméabilité des terrains haut-atlasiques qu'à un régime pluviométrique de l'amont sensiblement différent de celui de la station d'Aït Bouijjane. Ainsi, dans cette station les pics pluviaux d'octobre et d'Avril (sont à peine identifiés dans la montée modérée des débits respectifs de novembre (0,857 m³/s) et de Mai (0,777 m³/s), ce qui souligne l'importance du régime de résurgence jouant un rôle incontestablement régularisant. La saison d'été se traduit par une légère baisse des débits en Juillet (0,513 m³/s) mais en Août déjà la reprise est sensiblement exprimée à cause des orages de fin d'été qui s'abattent sur les montagnes du Haut-Atlas sans qu'ils soient sensiblement perçus à Aït Bouijjane qui en est déjà à l'écart.

Le débit moyen (Q = module) calculé pour la période considérée (1960-1990) est de 0,7 m³/s. Les débits mensuels les plus faibles étaient enregistrés pour les mois de Juillet et d'Août 1962, respectivement 0,022 et 0,032 m³/s, à la suite d'une longue sécheresse ayant commencé en Février pour se prolonger durant toute l'année. (voir tableau des précipitations). Effectivement cette année était la plus sèche de toute la série avec seulement 33 mm de pluie. Dans des conditions similaires, 3 autres mois seulement avaient connu un débit inférieur à 0,1 m³/s durant la période considérée. Les débits mensuels les plus importants sont enregistrés par les mois de Novembre et de Décembre (respectivement 4,931 et 4,297 m³/s) de l'année 1988 qui était modérément humide avec 233 mm de pluie à Aït Bouijjane. Cette correspondance peu expressive qui s'explique également par la localisation de cette station, devient plus importante à l'échelle de l'année hydrologique 1988-89 qui était la plus humide avec une pluviométrie de 277,3 mm et un module de 2,26 m³/s qui est le plus important dans la série.

La régularité remarquable du régime hydrologique de l'Oued Toudgha et la faiblesse de son module à la station d'Aït Bouijjane ne reflètent en aucun cas la qualité de ses crues qui sont parfois violentes. Durant 32 années (1960-61/1991-92), le débit maximum instantané a dépassé 100 m³/s en 7 années, 400 m³/s en 3 années avec un maximum de 857 m³/s en 1965-66. La crue la plus importante connue était de 900 m³/s en 1949.

En aval de la station de jaugeage, les crues seraient très violentes en raison de nombreuses confluences d'oueds drainant des terrains quasi-dénudés et peu perméables. Les écoulements ordinaires faibles perdent beaucoup par infiltration sinon par dérivation vers les

champs. C'est ainsi que les débits mesurés par la station ne représentent pas les apports réels. Le peu de terres cultivables sur les basses terrasses de l'amont bénéficie de beaucoup d'eau aux dépens des terres largement étendues en aval et qui ne reçoivent que peu d'eau et encore d'une manière aléatoire. En revanche, une importante nappe d'eau considérablement approvisionnée constitue en aval un élément de compensation au prix d'un pompage en pleine expansion.

4.2. Les eaux souterraines

Dès 1940, une première mission de reconnaissance hydrogéologique était menée dans la région. Deux années après, les travaux furent interrompus pour être repris 10 ans plus tard, dans le souci de récupérer les pertes de l'Oued Toudgha et la mise en valeur de la plaine de Ghlil.

4.2.1 La nature des potentialités hydrogéologiques

Les ressources en eau souterraines potentielles pour le bassin de l'Oued Toudgha sont constituées par les nappes du Haut-Atlas, du sillon préafricain et du bassin alluvial essentiellement quaternaire. Actuellement, seule la nappe phréatique de ce dernier bassin est exploitée dans l'agriculture de la zone d'étude. Le Haut-Atlas est en fait un grand réservoir d'eau dont le trop-plein donne un ensemble de sources de piémont dont celles de Tizgui et d'Imarighène qui constituent avec le sous-écoulement l'essentiel du débit de l'Oued Toudgha en dehors des crues. Le sous-écoulement lui-même provient de cette chaîne montagneuse largement perméable, relativement bien arrosée et surtout massive et étendue sur un substrat imperméable constitué par le socle paléozoïque généralement tapissé d'argiles triasiques. Le sillon préafricain est également un réservoir constitué d'un synclinal de grès et de calcaires crétacés et paléogènes est en réalité le prolongement méridional du réservoir haut-atlasique avec lequel il communique largement par le biais de failles et de sous-écoulements. Sa base est également constituée d'argiles du Trias et de complexe schisto-quartzitique du socle paléozoïque affleurant plus au Sud au Jbel Saghro.

C'est entre ces affleurements du socle et les chapelets du Crétacé que s'étend la nappe phréatique du Toudgha retenue dans les alluvions quaternaires. Ces accumulations fluviales ont une épaisseur très variable pouvant atteindre une vingtaine de mètres dans le secteur de leur épanouissement en aval de la ville de Tinghir, où la vallée s'élargit considérablement. Cette plaine alluviale devient encore plus vaste et plus importante, tant sur le plan de la mise en valeur agricole que sur le plan hydrogéologique, aux alentours de Ghlil. Par ailleurs, le fond de la nappe est loin d'être uniforme en raison de la présence d'un paléorelief marqué par des ondulations et des paléochenaux divagants enfouis sous les accumulations détritiques quaternaires.

Ces formations quaternaires sont alluviales en amont, et deviennent localement fluvio-lacustres en aval aux environs de Ghlil. Leur agencement est très complexe d'après les informations recueillies dans les forages et les différents déblais des puits, ce qui traduit les caractéristiques du système fluvial. L'instabilité des chenaux et l'irrégularité qualitative et quantitative des apports tant liquides que solides sont à l'origine de cette situation qui n'a pas d'influence importante sur la perméabilité, donc sur le pouvoir de rétention et de circulation des eaux phréatiques. Il est même curieux de constater que le substrat schisto-quartzitique de cette nappe alluviale emmagasine localement l'eau en raison de sa forte porosité due à un réseau de fractures et de fissurations très denses, notamment en rive gauche dans le secteur externe de Boutaghat (nouvelle extension).

Le fond de cette nappe est pratiquement un mur constitué par un socle rigoureusement imperméable, ne contribuant ni aux apports ni aux pertes selon les études réalisées par forages, sondages et mesures diverses. Les paléochenaux inscrits sur la surface du socle fossilisée constituent des drains préférentiels dans la nappe, ce qui intrigue parfois les exploitants des puits aux profondeurs et ressources parfois très contrastées. L'exploitation intense et irrégulière par pompage et le recharge localisé par irrigation rendent l'analyse spatiale de son comportement très difficile au niveau de détail par secteurs.

4.2.2 La puissance et le comportement de la nappe

Cette nappe ne se recharge qu'occasionnellement par les crues de l'Oued Toudgha, mais elle s'alimente en continu par les sous-écoulements des talwegs et des trop-pleins des aquifères de l'amont (Haut-Atlas et Sillon Préafricain). Le débit global de cette alimentation est estimé entre 1000 et 1500 l/s dont seulement une trentaine de litres s'évaporent, le reste étant réparti entre l'usage agricole, l'alimentation en eau potable des populations et la continuité du sous-écoulement au fond de l'Oued Toudgha vers l'aval de la plaine de Ghlil. Actuellement, la ruée vers le pompage dans les puits et les forages augmente sans cesse les débits exploités, notamment dans les mises en culture récentes dans lesquelles l'émigration est fortement impliquée.

La carte de piézométrie (réalisée par AKRAJAÏ & JIDA, 1981) montre qu'en période d'étiage (Été) le sens des axes de drainage suit celui de l'écoulement des principaux drains du réseau hydrographique. En période des hautes eaux (Hiver), la situation est analogue à celle des basses eaux. Toutefois, des fluctuations peuvent survenir en fonction du lieu d'alimentation et de la répartition temporo-spatiale de l'intensité de pompage. Si le recours fréquent à l'irrigation était toujours la règle en été, son impact sur la nappe n'était pas autrefois évident, en raison du caractère traditionnel et durable du mode d'exploitation, il n'en n'est pas de même actuellement. Dès le début de la saison sèche (Été) on n'irriguait plus une grande partie des cultures, en l'occurrence les céréales qui s'apprêtent déjà à la maturité. Actuellement, la place des céréales est devenue secondaire devant l'expansion des cultures fourragères. Par ailleurs, le pompage moderne individuel gagne le terrain au dépens des khattaras asséchées ou non entretenues, le chadouf pénible en déclin ou encore la séguia de dérivation dont l'alimentation n'est pas assurée.

La nappe s'écoule du NW vers le SE dans sa partie amont jusqu'à Aït Yaâla où le sens devient E-W en direction de Ghlil. Au Nord, dans le secteur Aït El Meskine – Boutaghat, l'écoulement se fait de l'WNW vers l'ESE également en direction de Ghlil. Les drains du Jbel Saghro affluents du Toudgha confirment la situation, comme le montre le cas d'Assif N'Taghia et Assif N'Ouaourguiouat dont le fond est un surcreusement sur le socle comblé par les apports détritiques fluviaux permettant la circulation des eaux suivant un axe hydrographique. Cette convergence est justifiée par un encadrement structural imposé par les barrières des reliefs et des seuils imperméables du socle paléozoïque. Cette situation de l'écoulement de la nappe se calque ainsi grossièrement sur l'écoulement des eaux de surface au niveau de l'orientation, dans la mesure où la nappe n'est en fait rien d'autre que l'inféoflux (underflow) des différentes artères du réseau hydrographique.

La pente moyenne de la nappe est toujours supérieure à 10 p. 1000, avec un maximum de 25 p. 1000 en amont d'Aït El Meskine et en amont de Taghzout avec la présence de lentilles marneuses (AKRAJAÏ & JIDA 1981). Le minimum de la pente peut atteindre 4 p. 1000 à partir de Ghlil, fait probablement dû à la présence d'un barrage souterrain par un seuil dont l'épointement paléozoïque de Ras Asdaff n'est que la partie visible en plein milieu de la

vallée. Plus loin, peu en aval, l'exutoire se rétrécit sensiblement entre les affleurements du socle en changeant la direction vers Tinjdad au Nord-Est.

D'après l'étude hydrogéologique réalisée en 1981, quelques dépressions piézométriques étaient visiblement créées par les khetaras de Tlout, Tabesbast et Aït El Mesquine, mais, selon les auteurs, la plupart d'entre elles, ainsi que les stations de pompage ne semblent déterminer aucune anomalie. Actuellement, la situation piézométrique n'est plus la même, avec la multiplication des motopompes pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable, ainsi que l'intensification des mises en valeur agricole. Une sécheresse de quelques mois est localement sensible et peut se traduire par un abaissement du niveau piézométrique de plusieurs mètres et l'assèchement de certaines khetaras. Celles-ci peuvent être directement influencées par un surpompage, fait déjà remarqué dès les premières motopompes substituées au chadouf.

La profondeur de la nappe varie de 0 à 7 m en amont dans la vallée encaissée (Tiferkhine, Touzdiyine), tandis qu'elle peut atteindre 30 m en aval à Taghzout où la terrasse conglomératique est nettement perchée. Le régime des fluctuations du niveau piézométrique est fonction des apports des oueds en écoulement et sous-écoulement, des précipitations et de l'intensité du pompage. Les mesures de fluctuation effectuées manquent de fiabilité en raison du caractère individuel du pompage dans les puits, ce qui empêche tout contrôle quantitatif des prélèvements. Les faits observés sont néanmoins parfois alarmants, ce qui impose une surveillance, notamment dans les secteurs à haut risque de salinité.

4.3. La qualité des eaux

Les eaux exploitées dans le bassin du Toudgha sont généralement de bonne qualité. Cependant des mesures de PH et de conductivité électrique ont permis de nuancer les différents sites où l'eau dure est utilisée dans l'irrigation, notamment dans le secteur de Boutaghat où les eaux sont contaminées par le sel et le gypse des formations géologiques. Par ailleurs, en période d'étiage les eaux résiduelles de la vallée et les eaux des séguias sont localement contaminées par les détergents d'usage très courant. De nombreux emplacements sont fréquentés par les femmes qui les transforment en véritables lavoirs polluants.

Selon AKRAJAÏ & JIDA (1981), les analyses des cations des échantillons des différents points d'eau ont révélé une qualité des eaux de la nappe généralement mixte, moyennement sodique et faiblement calcique, tandis que celle des anions montre également un caractère mixte à chlorurée et parfois bicarbonatée. La concentration des ions est prédominée en amont de Ghlil par le Cl^- , ensuite les $(\text{Na}^+ \text{ et } \text{K}^+)$, puis le Mg^{++} , SO_4^- , CO_3^- , HCO_3^- et finalement le Ca^{++} . A Ghlil, une légère nuance est à signaler : l'ion dominant est le $(\text{Na}^+ \text{ et } \text{K}^+)$, puis vient le Cl^- , le SO_4^- , HCO_3^- combiné, Mg^{++} , et enfin Ca^{++} .

Ces eaux considérées comme généralement dures sur le diagramme de potabilité sont classées dans la plupart des cas de deuxième qualité passable à première qualité bonne. Les mesures de résidu sec ont montré que les eaux ont une faible concentration le long du lit de l'Oued Toudgha (500 à 800 mg/l). Cependant une forte salure est constatée dans le secteur d'extension à Boutaghat (Oued Tiferkhine Touzdiyine) et autour de Tabesbast, en rive gauche de l'oued Toudgha en amont de Ghlil.. Le résidu sec qui est compris entre 1000 et 3000 mg/l serait dû à l'évaporation intense d'une nappe trop proche de la surface (Boutaghat) et le faciès évaporitique des marnes gypseuses et salifères. La qualité de ces eaux a un effet néfaste sur les sols par alcalinisation, ce qui peut compromettre le rendement de certaines cultures. Ce fait est déjà constaté dans certains secteurs comme Boutaghat où la croûte saline réduit le sol

en fechfeh. Et certaines plantes sont asphyxiées, notamment des palmiers dont les racines puisent directement dans la nappe.

5. Le couvert végétal et l'étagement bioclimatique

La végétation naturelle du bassin du Toudgha est d'obédience méditerranéenne mais de frange saharienne. Le massif du Haut-Atlas qui domine la haute vallée montre encore des étages forestiers malgré sa proximité du domaine aride, en raison de son altitude. Ainsi, à partir d'un étage inférieur à jujubier (*Zizyphus Lotus*) des bas versants on passe plus haut vers le Nord à un étage de genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) ensuite à un étage de genévrier de Phénicie à genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) et chêne vert (*Quercus Ilex*) puis à un étage de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) et enfin à un étage de haute montagne. Vers le Sud, on passe sur les versant du massif de Jbel Saghro d'un étage d'alfa (*Stipa tenacissima*) à un étage de genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et (*Fraxinus xanthoxyloides*) puis à un étage de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*).

La zone d'étude est en réalité en position déprimée comprise entre les deux massifs généralement semi-arides, avec une ambiance encore méditerranéenne mais franchement aride au pied du Haut-Atlas et saharienne en s'en éloignant vers l'aval de la vallée du Toudgha. Il s'agit d'un sous-étage de végétation méditerranéenne aride froid dont la dégradation des espèces primitives a engendré des faciès de végétation pseudo-désertique. Elle est surtout formée de jujubier (*Zizyphus Lotus*), d'armoïse (*Artemisia inculta = Artemisia herba alba*) de "Choux-fleur de Bouamama" (*Anabasis Aaretioides.*), de *Peganum Harmala*, d'*Anabasis Aphylla*, avec le tamaris (*Tamarix aphylla et Tamarix gallica*), le laurier rose (*Nerium oleander*), le peuplier blanc (*Populus alba*) avec *Vitex Agnus-castus* et *Retama* dans les lits des oueds.

Outre la végétation naturelle, les plantations et les cultures sont toutes irriguées. Il s'agit essentiellement de palmier-dattiers, d'oliviers, et d'amandiers avec parfois des figuiers, grenadiers, pommiers, abricotiers...ou encore des cognassiers. Les cultures comprennent en premier lieu la luzerne, l'orge, le blé avec parfois quelques légumes très peu répandus comme les oignons, les fèves, les carottes, les navets et le chou à feuilles larges. Cependant les cultures maraîchères n'ont qu'une importance très secondaire, à l'exception toutefois des grandes exploitations des nouveaux périmètres irrigués de Ghilil. L'agriculture est en général largement vouée au service d'un élevage sédentaire surtout bovin de type intensif. La production et l'usage du fumier comme engrais organique est très remarquable. Les engrais chimiques en association ou en complément sont également largement répandus dans le souci de fertiliser des sols artificiels d'apport alluvial pauvres en matière organique et/ou en éléments nutritifs.

DEUXIEME PARTIE : “ LE CADRE VILLAGEOIS ”

Sur le plan physique, les données zonales (climatologie, phytogéographie) ne se différencient pas profondément entre les différentes agglomérations (villages ou ksars). Il s'agit en fait d'un même contexte général mais légèrement nuancé d'un site à l'autre. A l'origine des nuances se trouvent le relief, l'altitude, la position (amont-aval) dans le bassin versant, ou encore la nature des sites exploités. Cependant, la différenciation se révèle parfois remarquable au niveau du contexte pédologique, hydrologique et hydrogéologique. Par ailleurs, le facteur anthropique peut jouer à travers le mode d'exploitation des ressources qui est parfois influencé par l'aspect quantitatif de la disponibilité des terres conjuguée avec celle de l'eau.

1- Bioclimatologie

En raison d'absence d'un réseau de stations d'observation, la seule référence climatologique reste toujours la station d'Aït Bouijjane pour l'ensemble des villages du bassin de Tinghir. Cette station située tout près des hauts reliefs du Haut-Atlas a le mérite d'être à la fois balayée par les influences d'obédience montagnaise relativement fraîches et humides et les masses d'air habituellement chaudes et sèches sahariennes. Cette situation se conjugue de pair avec un gradient altitudinal progressif. Ainsi, plus les sites sont situés à l'amont de cette station, plus ils sont donc élevés et proches des hauts reliefs haut-atlasiques. À l'opposé, plus les sites sont situés à l'aval de la même station, plus ils sont moins élevés et plus proches des influences sahariennes, donc moins affectés par les ambiances générées sur les hauts massifs haut-atlasiques et leur pourtour.

Dans cette optique de gradient, les ambiances climatiques des différents villages sont hiérarchisées d'amont en aval. Les conditions offertes aux activités agricoles sont relativement plus favorables en amont qu'en aval.

Ainsi, la valeur des précipitations enregistrées à la station d'Aït Bouijjane (altitude : 1350 m) (autour de 145 mm par an en moyenne, selon la période considérée) est valable pour les villages Aït Oujenna et Tikoutar tous proches. Le village de Zaouïa situé plus en amont à Tizgui (altitude : 1417 m) serait sensiblement beaucoup plus arrosé, non seulement à cause de l'altitude, mais aussi par le biais de sa localisation au sein même des gorges du Toudgha dominées par les premiers reliefs haut-atlasiques culminant à plus de 2000 m. Par ailleurs, un microclimat règne dans ce haut village abrité, peu ensoleillé (notamment en hiver). Ce microclimat plus frais et plus humide est décelable au niveau de la végétation. Les palmier-dattiers existants en souffrent comme en témoigne la médiocrité de la récolte et la difficulté –voire l'absence- de maturité des dattes. La végétation naturelle steppique est sensiblement plus vivace et exubérante, en dépit du grignotage qu'elle subit par les populations qui l'utilisent encore comme source d'énergie, ou l'évalent sur des terrains pour en assurer et attester la propriété.

Les villages Aït Oujenna et Tikoutar situés au même site que la station d'Aït Bouijjane sont accolés sur une haute terrasse et son talus, mais leur terroirs respectifs sont enfoncés dans la vallée encaissée de l'oued Toudgha, exploitant une basse terrasse occasionnellement inondable. Ce site peut encore bénéficier d'un microclimat toutefois peu exprimé. Le balayage des vents chauds et secs qui affecte énergiquement la surface dénudée de la haute terrasse peut épargner les cultures et les plantations verdoyantes qui bénéficient d'une situation d'abri d'importance remarquable par le biais de la profondeur de

l'encaissement (20 à 30 m) et l'étroitesse de la vallée (moins d'un kilomètre). Le rôle de tels vents est considérable dans l'assèchement des cultures.

En dehors des espaces irrigués, la verdure des paysages est sujette aux aléas climatiques. Une année pluvieuse peut être trompeuse tout comme peut l'être une année sévèrement sèche. Ainsi, la photographie aérienne prise au printemps (mois d'Avril) de l'année 1987 révèle la physionomie d'un paysage marqué par une aridité exceptionnelle qui avait estompé toute nuance habituellement perceptible au niveau du couvert végétal naturel. Parallèlement à cette absence de pluie, les populations auraient accéléré la cueillette de la biomasse massivement arrachée pour usage domestique (source d'énergie). Cette année là, les éleveurs-pasteurs avaient transhumé loin en regagnant les plaines et les piémonts du Haut-Atlas Oriental qui connaissait une année relativement pluvieuse.

Les villages qui se trouvent en aval de la station d'Aït Bouijjane, seraient moins arrosés en raison à la fois de la diminution de l'altitude et de leur éloignement des hauts reliefs atlasiques. C'est que l'ouverture du relief favorise la détente après le franchissement de la barrière haut-atlasique par les systèmes nuageux provenant du Nord-Ouest. Toutefois l'ascendance orographique forcée, responsable de l'augmentation localisée de la pluviométrie, peut aussi être d'origine sud-ouest. Mais dans tous les cas, ce sont surtout les sites les plus proches du massif du Haut-Atlas qui en bénéficient par rapport à ceux plus éloignés telle que soit l'origine et la trajectoire des masses d'air humides. Même en été, l'impact des orages qui éclatent souvent sur ce grand massif ne dépasse que rarement ses abords immédiats. En effet, les eaux d'écoulements issus de ces précipitations arrivent en premier lieu sur les terroirs des villages d'amont, alors que ceux d'aval n'en profitent guère en période sèche, sauf si les orages sont d'une ampleur remarquable. Ce fait est plus important que les précipitations elles mêmes, dans la mesure où l'agriculture s'appuie exclusivement sur l'irrigation dans ce milieu où aucune récolte de quoi que se soit n'est assurée en sec (*bour*).

En progressant vers l'aval, la diminution quantitative de la lame d'eau tombée et écoulée se conjugue avec l'élargissement des terrains cultivables. Dès Tinghir, ce fait devient sensiblement important. Plus loin, l'opposition devient plus nette entre les villages choisis pour étude en amont (Zaouïa, Aït Oujenna, Tikoutar) caractérisés par la disponibilité de l'eau toute l'année pour des terroirs restreints et les villages choisis en aval (Iaâdouane, Aït Yaâla, Aït El Mesquine, Boutaghat, Taghia, Tadafelt et Ghellil) où on assiste à l'inverse, rareté de l'eau et disponibilité des terres valorisables. C'est là que les puits ont proliféré, pour exploiter une eau souterraine qui n'est en fait que la récupération du sous-écoulement qui assure une pérennité des cultures.

2. Sites villageois et contexte morphopédologique

2.1- Zaouïa (Zaouiyet Sidi Abdelali, Tizgui)

C'est un ancien ksar, l'un des rares encore habités, perché en rive droite convexe sur un lobe de méandre encaissé de l'oued Toudgha. Ce méandre recoupé près du ksar par un chenal unique légèrement divagant en petites sinuosités reçoit sur sa rive concave un affluent sec (oued Aqqa) mais épisodiquement puissant par ses apports torrentiels solides. Ces apports auraient contribué efficacement à ce recoupement en rejetant curieusement le cours du Toudgha sur la rive droite convexe. Le terroir de ce village est constitué d'une terrasse occasionnellement sapée par les écoulements torrentiels. Cette basse terrasse inondable est en pleine gorge au cœur des reliefs haut-atlasiques modelés dans les calcaires massifs du Lias (Jurassique Inférieur). La terrasse elle-même est constituée d'un soubassement graveleux et blocailleux recouvert d'une épaisseur considérable d'un sol d'apport alluvial profond évoluant faiblement vers un sol brun steppique (type classe I). Le profil révèle une alcalinité régulièrement croissante du haut vers le bas sur une profondeur d'un mètre (pH variant de 8.30 à 8.60), mais la conductivité électrique reste assez homogène en profondeur (autour de 0.200) et élevée près de l'horizon superficiel (0.348 à 20 cm contre 0.276 en subsurface). Seuls les rebords supportent des plantations d'arbres fruitiers avec des palmiers improductifs souffrant de l'altitude. La faible disponibilité des terres et l'abondance de l'eau d'écoulement pérenne permet l'irrigation de cultures à dominance fourragère (luzerne, maïs).

2.2.- Aït Oujenna (“ ceux du haut ”)

Ce village est caractérisé par un habitat regroupé et relativement aligné quoique d'une manière peu géométrique, ce qui prouve son âge récent. Il occupe un site perché sur une haute terrasse conglomératique consolidée appartenant au Quaternaire ancien. Il domine d'une dizaine de mètres un terroir exploité en rive droite de l'oued Toudgha par les habitants sur une basse terrasse récente, inondable et constituée d'un soubassement conglomératique non consolidé recouvert d'un sol d'apport alluvial profond évoluant faiblement vers un sol brun steppique (type classe I). Le profil révèle une alcalinité régulièrement croissante du haut vers le bas sur une profondeur d'un mètre (pH variant de 8.40 à 8.70), mais la conductivité électrique reste relativement élevée et assez homogène en profondeur (autour de 0.520 au delà de 30 cm) et faible près de l'horizon superficiel (0.172 à 20 cm contre 0.239 en subsurface). Les champs sont peu menacés d'érosion par sapement des berges en raison du tracé peu sinueux du cours d'eau du Toudgha. L'arboriculture occupe les rebords de la basse terrasse tandis que le reste est occupé par les cultures essentiellement fourragères.

2.3.- Tikoutar

C'est un village composé d'un groupement d'habitations individuelles anarchiquement réparties sur un chapelet de bancs calcaires du Crétacé Moyen. Ces calcaires dolomitiques à passées marneuses dominant d'une dizaine de mètres le terroir agricole du village constitué d'une terrasse du Quaternaire récent sur la rive gauche de l'oued Toudgha à moins d'un kilomètre en amont du pont de la route nationale n°10. Dans ce tronçon de la vallée encore nettement encaissée, cette terrasse est constamment menacée d'érosion par sapement des berges. L'oued Toudgha y est légèrement divagant en décrivant des méandres peu prononcés mais dont la mobilité élargit localement le lit mineur aux dépens des champs de cultures qui sont aussi occasionnellement inondables. L'analyse diachronique du phénomène révèle un élargissement considérable du lit mineur à la hauteur de Tikoutar par le biais de ces petits

méandres entre 1964 et 1987. L'arboriculture occupe surtout les rebords de la terrasse du côté du talweg comme du côté du versant délimitant le lit majeur de la vallée encaissée. Entre ces deux bandes s'épanouissent les cultures à dominante fourragère. Dans ce site, deux types de sol sont identifiables : au pied des reliefs bordant la vallée s'étend un sol minéral brut d'apport également alluvial profond mais sableux et graveleux (classe IIIc), tandis que le fond de la vallée est constitué d'un sol d'apport d'irrigation ancien limono-argileux profond et évoluant faiblement vers un sol brun steppique (type classe I). (voir la carte pédologique d'ENERGOPROJEKT, 1963).

2.4.- Iaâdouane – Aït Yaâla

C'est un ancien ksar éclaté en forme de bande allongée le long du rebord d'une ancienne terrasse en rive gauche de l'oued Toudgha. A quelques 5 km en aval de Tinghir. Ce groupement d'habitations est perché à quelques mètres au dessus de la basse terrasse du Toudgha. Ce site est en réalité un glacis dont le matériau est attribuable au quaternaire ancien formé d'apports alluviaux aussi de l'Oued Toudgha que des autres oueds affluents de rive droite. Ce glacis qui s'adosse au pied des reliefs façonnés dans les terrains crétacés dominant le centre de Tinghir est en réalité une œuvre des différents écoulements issus de la frange méridionale du massif du Haut-Atlas. Mais ce n'est qu'à partir de Tinghir que les chenaux instables peuvent devenir efficaces avec l'artère principale (Toudgha) dans un contexte d'ancien foug. En rive droite sur le rebord de la vallée s'étend un sol minéral brut d'apport également alluvial profond mais sableux et graveleux (classe IIIc), tandis que le fond de la vallée est constitué d'un sol d'apport d'irrigation ancien limono-argileux profond et évoluant faiblement vers un sol brun steppique (type classe I qui s'étend sur l'ensemble du terroir d'Aït Yaâla. Le profil révèle une alcalinité régulièrement croissante du haut vers le bas sur une profondeur d'un mètre (pH variant de 8.50 à 8.92), mais la conductivité électrique reste assez homogène en profondeur (autour de 0.135) et élevée près de l'horizon superficiel (0.145 à 20 cm contre 0.154 en subsurface).

2.5.- Aït El Meskine

L'ancien ksar éclaté est quasiment abandonné mais l'habitat reste nettement en amont du terroir agricole. Sur un glacis conglomératique encroûté et consolidé sur une grande épaisseur. En aval de ce groupement d'habitat, les champs occupent une aire légèrement déprimée, où se sont décantés les apports fins des chenaux drainant le glacis. En amont, la croûte est même travertineuse tandis qu'en aval un sol fin est largement répandu sur cette croûte. C'est un sol minéral brut d'apport alluvial très peu profond mais sableux et graveleux (classe IIIc).

2.6 - Bou Taghat

Le terroir de ce village est particulièrement situé en dehors de l'oued Toudgha, sur les flancs de l'oued Tifroukhine – Touzdiyine caractérisé par un glacis encroûté et légèrement perché en rive droite, qui constitue le noyau primitif du terroir, et une plaine salée près du fond et en rive gauche où s'étendent les extensions nouvelles. Le sol est de type minéral brut d'apport alluvial très peu profond mais sableux et graveleux (classe IIIc). La salinité du sol est visible en surface même, surtout en rive gauche où les extensions en souffrent énormément, l'irrigation avec l'eau salée le réduit tout simplement en pur fechfech. (sol : pH autour de 8.6 ; conductivité autour de 0.6 ; fechfech : pH autour de 8, conductivité 13.92 en surface et 8.60 à 20 cm de profondeur.).

2.7 - Taghia

C'est un petit village implanté au pied d'une colline paléozoïque en rive gauche de l'oued Assif N'Taghia (= cluse) en site de foum confluent directement avec l'oued Toudgha. Ce cours d'eau temporaire est important par ses apports occasionnels de régime spasmodique, mais il draine un sous-écoulement important à travers sa vallée large et surcreusée dans le substrat paléozoïque et comblée de matériaux détritiques grossiers. Deux principales artères l'alimentent, l'une drainant un piémont haut-atlasique aquifère, l'autre drainant des terrains anti-atlasiques moins humides et imperméables. Les crues violentes de l'oued menacent khettaras et terroirs agricoles. En fait, l'allure morphologique de l'oued, par la grande largeur de son lit mineur, l'apparition des méandres et le sapement violent des berges, laisse admettre que c'est Toudgha qui est l'affluent de Assif N'Taghia et non l'inverse. Le terroir de Taghia, trop restreint, est constitué en partie amont de sol de type minéral brut d'apport alluvial très peu profond mais sableux et graveleux (classe IIIc). Le profil étudié révèle un pH quasiment constant sur ses 40 cm d'épaisseur reposant sur la lisière rocheuse de la vallée (8.60), et une conductivité constante en haut (0.200) mais relativement forte à la base (0.600). Ce type de sol peu épais est prolongé en aval par un sol d'apport alluvial profond évoluant faiblement vers un sol brun steppique (type classe I). Le profil montre les mêmes valeurs qu'en amont en pH et en conductivité mais il est plus profond (> 1 m). Ce terroir souffre de pénurie d'eau. On note l'importance de la mise en valeur récente du vaste terroir en aval sur la rive droite en comparant la photographie aérienne de 1964 à celle de 1987 qui montre en revanche la forte dégradation et l'abandon de toute la partie aval du périmètre irrigué de Taghia en rive gauche. L'assèchement serait dû au pompage intense effectué en amont à Tiliouine.

2.8.- Tadafelt

Ce village occupe un site comparable à celui de Taghia, mais avec un cours d'eau moins important et dérivant entièrement des terrains imperméables du socle paléozoïque du Jbel Saghro (Anti-Atlas). Là, ce n'est pas le terroir agricole qui a connu un développement, mais c'est l'agglomération. Le village a beaucoup grandi entre 1964 et 1987. Le sol d'apport alluvial est de Type peu évolué, profond, limono-sableux et sableux (sols bruns jeunes)(classe IIa pour ENERGOPROJEKT).

2.9.- Ghilil

Ce n'est pas un village, mais c'est la plus vaste plaine du Toudgha, de mise en valeur tout à fait récente à tendance parfois moderne de par sa physionomie mais traditionnelle par le savoir faire et le mode de mise en valeur des exploitants. C'est une vaste plaine alluviale assez homogène dans sa topographie peu perturbée, mais nuancée d'un secteur à l'autre par une succession d'ondulations convexes à sols discrètement encroûtés et d'ondulations concaves à sol argilo-limoneux épais. Partout les puits montrent des coupes traversant d'épaisses nappes alluviales de blocaille et de galets qui retiennent une nappe importante. La qualité des sols exprimée par un profil type est caractérisée par une alcalinité élevée avec des valeurs jamais observées nullepart dans la vallée du Toudgha (pH > 9) conjuguée avec une faible conductivité qui est également la plus basse jamais enregistrée dans le bassin (< 0.100), avec cependant une exception à 20 cm de profondeur où le pH atteint 8.58 et la conductivité 0.167. Si les épandages spasmodiques viennent de temps en temps enrichir les sols avec des matières fines, les vents en revanche les emporte par déflation. L'impact de cette activité éolienne est d'autant plus fort que le couvert végétal naturel formé de touffes de xérophytes épineuses déjà à très faible taux de recouvrement continue à être exterminé par une communauté irrésistiblement habituée à en faire la principale source d'énergie domestique, même avec l'amélioration des revenus. Des nebkas et des ripple marks sont largement

visibles sur cette plaine, contrastant nettement avec les aires verdoyantes des nouvelles mises en valeur agricole. C'est là un impact positif des extensions, à savoir la lutte contre la désertification, mais quelle sera la situation demain en continuant à irriguer un sol de bonne qualité avec une eau visiblement dure ?

3 - Terroirs villageois et ressources en eau

Les caractéristiques des ressources en eau exploitées dans les terroirs des différents villages sont décrites suivant leur hiérarchisation d'amont en aval, ce qui coïncide avec l'agencement selon la disponibilité des eaux (du moins superficielles) qui est nettement décroissante d'amont en aval.

3.1 - Zaouïa :

Le terroir de Zaouïa est irrigué par les eaux de l'oued Toudgha prélevées à quelques centaines de mètres en amont par dérivation sur la Séguia Aït Baha en rive droite et la Séguia Aït Moumen en rive gauche. La qualité des eaux ne diffère pas trop de celle d'où elle dérive, à savoir celle de la source Aghbalou N'tizgui qui est bonne, peu chargée (conductivité 0,4 – 0,5) et légèrement alcaline (pH 7,5). Cette eau est disponible toute l'année avec la pérennité de l'écoulement de l'oued alimenté en cette partie amont par les sources de la partie aval des gorges. Cette disponibilité assure un système d'exploitation agricole intensif sans recours au pompage.

3.2 - Aït Oujenna

Le terroir d'Aït Oujenna est desservi par la Séguia Tabiyan dérivant l'eau sur la rive droite depuis la source Imarighen et la Séguia Ouriz dérivant l'eau de l'oued un peu en aval de cette source. La qualité des eaux reste assez bonne avec un pH de 7,5 à 8 et une conductivité de 0,7 à 0,8.

3.3 - Tikoutar

Le terroir de Tikoutar est irrigué par la Séguia du même nom dérivant l'eau de l'oued à partir de l'amont depuis la Séguia Asfalou à la hauteur du ksar du même nom. L'eau est également disponible toute l'année, avec la même qualité que celle utilisée par les agriculteurs d'Aït Oujenna, assez bonne avec un pH de 7,5 à 8 et une conductivité de 0,7 à 0,8.

3.4 - Iaâdouane - Aït Yaâla

Le terroir d'Iaâdouane est encore alimenté en eau d'écoulement, sauf au cours des années sèches. La photographie aérienne de 1964 révèle que la disponibilité des eaux d'écoulement n'est généralement assurée que pendant l'hiver. La physionomie du paysage montre un arrêt presque brusque de la verdure d'irrigation à partir de ce site vers l'aval, à l'exception toutefois de quelques parcelles déjà équipées de motopompes à l'époque. Actuellement, la khattara elle-même asséchée, les eaux sont pompées dans la nappe du sous-écoulement peu profonde pour pallier au manque d'écoulement dans la séguia Iaâdouane qui dérive l'eau de l'oued à la hauteur d'Ifri-Aït El Kadi. La qualité des eaux est relativement médiocre avec un pH encore aux alentours de 8 mais conjugué avec une conductivité électrique atteignant déjà 1,5 à 1,6.

A Aït Yaâla, l'eau devient également rare comme en témoigne la photographie aérienne de 1964 qui révèle que la disponibilité des eaux d'écoulement n'est assurée que pendant les

Abderrahmane El Harradji: Le Milieu Physique et les Ressources Naturelles 19
dans le Bassin de Tinghir (Oued Toudgha): IMAROM working paper 6.

hivers humides. La physionomie du paysage ne montre la verdure d'irrigation que dans quelques parcelles déjà équipées de motopompes à l'époque. La rive gauche est beaucoup plus large mais avec des cultures semi-extensives, voire extensives selon la fiche technique du périmètre irrigué datant de 1982. L'eau reste encore disponible toute l'année pour quelques parcelles le long de l'oued, irriguées par la séguia Aït Yaâla. La qualité de l'eau y serait dangereuse avec une forte alcalinité (pH 9,2 et conductivité 0,82, mesurés en temps de crue).

3.5 - Aït El Meskine

Le terroir de ce douar était traditionnellement irrigué par une khattara actuellement en abandon, au profit d'un pompage dans des puits individuels curieusement creusés dans les demeures des agriculteurs en amont des jardins. Seules quelques rares motopompes échappent à la règle et se trouvent installés dans les jardins. La qualité des eaux est alcaline (pH autour de 8, mais dure avec une conductivité autour de 1.500).

3.6 - Bou Taghat

Le terroir de ce village particulièrement situé en dehors de l'oued Toudgha, sur les flancs de l'oued Tifroukhine – Touzdiyine est irrigué avec une khattara caractérisée par une eau dure (pH 8.8 , conductivité 1.33). Des puits ont servi à l'extension, mais la salure de l'eau en fait abandonner une vingtaine sur une cinquantaine existante. La conductivité peut atteindre 3.5.

3.7 - Taghia

Le terroir de Taghia est irrigué par khattara pratiquement asséchée par exploitation intense par pompage de la nappe dont elle dérive en amont dans le piémont haut-atlasique. Le site caractérisé par l'exiguïté des terres et l'imperméabilité d'une grande partie de l'amont (socle anti-atlasique) est peu favorable à la disponibilité de l'eau. même les quelques puits creusés ne puisent que ce qui échappe de l'amont vers un sous-écoulement de moins en moins important. L'idée d'emmagasinage d'eau vient tout récemment d'être matérialisée par l'unique bassin-réservoir privé construit dans l'espoir de maintenir en vie des champs d'une palmeraie qui agonise.

3.8 - Tadafelt

Le terroir de Tadafelt est irrigué par le eaux d'une khattara qui ne subit pas d'impact de pompage en raison de l'absence de périmètre irrigué à l'amont. Mais toutefois, les aléas climatiques seraient pesants avec un impluvium restreint et imperméable, même avec l'importance des formations superficielles détritiques quaternaires.

3.9 - Ghilil

Ce vaste terroir de mise en valeur récente n'est pratiquement irrigué qu'à partir des puits par pompage. Autrefois, on utilisait également les eaux de crues dérivées à partir du barrage implanté au pied de la butte de Ghilil, avec les eaux des khattaras actuellement mortes. Les eaux sont abondantes dans des puits qui ne cessent de s'approfondir, mais sans atteindre une situation vraiment alarmante (une vingtaine de mètres en moyenne). La qualité des eaux est caractérisée par une légère alcalinité (pH 7.3 – 7.4), mais d'une dureté remarquable (conductivité 1.98 – 1.84).

4. Conclusion : bilan et perspectives de l'exploitation des ressources

Cet exposé sur les caractéristiques et l'état du milieu physique souligne l'existence de potentialités relativement importantes au niveau des ressources naturelles, malgré les contraintes du climat sec. Il est certain qu'en dehors de l'irrigation aucune production agricole n'est assurée. Mais la disponibilité de l'eau pérenne dans la partie amont du bassin de Tinghir constitue un atout considérable qui serait à l'origine d'une sédentarisation de longue date basée sur l'agriculture. De vastes étendues de bonnes terres, cependant pauvres en matière organique, sont encore inexploitées vers l'aval, et d'importantes quantités d'eau ne sont pas encore utilisées dans l'irrigation. La situation actuelle n'est pas encore alarmante au niveau de l'exploitation des ressources en eau. A court terme, la rationalisation de leur utilisation aura des effets considérablement positifs, tandis qu'à long terme la récupération des eaux de crue constitue une réserve potentielle importante.

À l'échelle du bassin, la situation est parfois paradoxale. En amont, l'exiguïté des terres fait excéder l'eau disponible pour l'envoyer vers l'aval où les terres souffrent généralement du manque d'eau. Mais cet excès reste irrégulier, ce qui est à l'origine de deux comportements opposés. Certains agriculteurs abandonnent leurs champs, d'autres puisent dans la nappe pour le maintien de leur terroir, sinon pour la conquête de nouveaux périmètres d'irrigation. C'est ainsi que certains "investisseurs" vont jusqu'à même transporter un sol pour l'étaler sur une dalle de croûte ou de conglomérats (Taghzout), ou encore épierrer continuellement des cailloutis pour en exploiter la matrice fine (L'hart N'Igourramène) en vue d'une agriculture intensive. En revanche, de nombreux terrains sont, soit abandonnés soit exploités d'une manière extensive. Dans certains endroits, une eau dure peut être utilisée dans l'irrigation avec une répartition rigoureuse entre les ayant-droits (Boutaghat), alors qu'une eau douce est parfois gaspillée ailleurs (Aït El Mesquine).

Dans l'ensemble, la répartition des parts d'eau n'est pas équilibrée dans la vallée du Toudgha. Par endroits, l'exploitation des ressources est loin d'être rationnelle. Les droits d'eau coutumiers font bénéficier les ayants droits de volumes qui ne sont pas proportionnels au tailles des exploitations. L'eau dont bénéficient les exploitants de l'amont est d'un volume supérieur aux besoins, tandis qu'en aval, c'est l'inverse. Certaines pratiques agricoles favorisent un gaspillage énorme, en l'occurrence la taille parfois démesurée des unités parcellaires d'irrigation, les séguias de grandes tailles en terre, l'éparpillement des moyens financiers dans le creusement et l'équipement des puits individuels, ainsi que la localisation des puits parfois creusés dans la résidence loin des champs d'irrigation. Par ailleurs, il est curieux de constater la marginalisation, voire le déclin du palmier-dattier avec l'absence de replantation et de rajeunissement des palmeraies. De même, l'absence quasi-totale de maraîchage ainsi que d'autres cultures plus rentables, faits résultant beaucoup plus de comportements sociaux que de méconnaissance dans un milieu agricole ancestral qu'est le monde oasien du Sud Marocain.

Il est vrai que la vie communautaire d'autrefois s'est largement désintégrée dans ce monde, mais elle tend actuellement à être reprise dans un nouveau cadre, en l'occurrence, celui de la coopération, de l'association et du partenariat. Mais dans la vallée du Toudgha, le mouvement coopératif et associatif semble encore très timide, sinon, pratiquement inexistant, au profit d'un individualisme parfois excessif dans de nombreux endroits.

On remarque que les sols ont en général des profils qui révèlent des concentrations de calcaire. L'endurcissement de certains horizons gêne beaucoup les plantes. Leur alcalinité semble généralement modérée. Les mesures effectuées sur les dizaines d'échantillons prélevés dans les différents profils montrent un accroissement généralisé de cette alcalinité en

Abderrahmane El Harradji: Le Milieu Physique et les Ressources Naturelles 21
dans le Bassin de Tinghir (Oued Toudgha): IMAROM working paper 6.

comparaison aux mesures effectuées en 1980, Cette constatation n'est en fait basée que sur l'observation générale, étant donné que les profils étudiés ne sont pas les mêmes et ne sont pas forcément pris dans les mêmes sites.

Cette augmentation serait liée à l'irrigation de longue durée dans un milieu sec, avec des eaux généralement peu surchargées, à l'exception de certains sites. A la rareté et l'insuffisance des pluies vient s'ajouter la forte évaporation. Le pH est généralement supérieur à 8 ou même à 9 en certains endroits. La conductivité électrique des sols est cependant généralement faible, à des exceptions près. La structure des sols est généralement fragmentaire, rarement massive, nette et fréquemment polyédrique. L'analyse chimique fait état d'une prédominance calcique. La pauvreté des sols en matières organiques est compensée par l'ajout fréquent de fumier qui est d'usage très fréquent, tandis que les éléments fertilisants sont ajoutés par le biais d'engrais chimiques. Ces sols acheminés par le remaniement des terres décapées en amont sur les versants ou encore remaniées à partir des terrasses érodées par sapement des berges n'ont subi aucune évolution sérieuse in-situ. Leur mise en culture est incontestablement un facteur de leur préservation contre l'érosion et la désertification comme en témoignent les paysages, cependant l'irrigation doit être en général surveillée et contrôlée, plus particulièrement dans les périmètres à risque de salinisation par usage d'eaux salées.

Bibliographie

MARGAT J. (1953) : Rapport sur l'hydrologie et les problèmes de l'eau au Todgha. Centre des Études Hydrologiques, ONI, Rabat.

MARGAT J. & AKRAJAI L. (1981) : Étude pédologique du Todgha-Ferkla. In Études des périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique de la zone d'action de l'ORMVAO, (Périmètre de Tinghir).

MILHI A. (1997) : Carte Géologique du Maroc au 1/100 000, feuille " Tinghir ". NMSG n° 377, Minist. Des Mines & Géol. ; Rabat.

NAIM M. (1996) : La migration internationale de travail et les transformations socio-spatiales dans les oasis présahariennes du Maroc : le cas de la vallée du Todgha (Milieu Rural). Thèse de Doct. Univ. de Nice, 2 tomes, 505 p.

ONEP (1998) : Alimentation en eau potable des agglomérations rurales de la vallée du Todgha. Etude générale de production et de distribution. Groupement Maroc Développement & SIERD. Rabat.

ORMVAO (1982) : Etude des Périmètres de Petite et Moyenne Hydraulique de la Zone d'Action de l'O.R.M.V.A de Ouarzazate : fiche du périmètre de Tinghir. Rapport de 54 p. + annexes et cartes. (Réalisée par SCET Maroc)

RISER J. (1988) : Le Jbel Sarhro et sa retombée saharienne (Sud-Est Marocain), étude géomorphologique. NMSG n° 317, Minist. Des Mines & Géol. ; Rabat.

Carte Topographique du Maroc au 1/100 000 ; feuilles : Tinghir, Tinjdad, Boumalne et Alnif. Division de la Cartographie, Rabat.

Photographies aériennes : Mission de 1963 au 1/50 000, Mission de 1987 au 1/20 000.