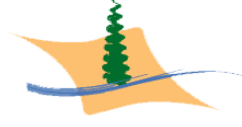


المملكة المغربية
Royaume du Maroc

Le Premier Ministre
Haut Commissariat aux Eaux et Forêts
et à la Lutte Contre la Désertification



الوزير الأول
المنذوبية السامية للمياه
والغابات ومحاربة التصحر

PROJET DE GESTION DES AIRES PROTEGEES

**Etudes de Diagnostic en Hydrogéologie du
SIBE de Tamga**

Aboulabbes Omar
« Consultant en Géologie Hydrologie »

Avril 2007



World Bank



Global Environmental Facility

A Contexte physique des Bassins Versants :

A1 Caractéristiques abiotiques :

Climatologie régionale :

Précipitations :

Les précipitations dans le bassin versant sont dans l'ensemble très irrégulier. Elles sont marquées par un creux estival. Les trois mois de l'été sont secs au sens d'Auvreville (1949), puisque le total des précipitations pour chaque mois est inférieur à 30 mm (Tab. 1 et Fig. 1).

Tableau 1 : Distribution mensuelle des précipitations de quelques stations de la zone

Station	Altitude	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
Ouaouizerte	1000	72,1	63,3	72,0	72,4	33,8	6,8	2,7	1,9	18,4	34,9	49,9	80,3	508,5
Tamga	1180	41,9	56,8	20,5	49,5	29,6	8,5	1,2	10,1	9,9	37,4	34,5	30,7	330,6
Tillouguite	1200	54,9	55,6	49,5	60,0	38,5	6,4	4,0	5,9	19,4	51,4	34,4	49,7	429,7
Azilal	1430	76,6	72,8	106,9	90,1	43,0	16,9	2,6	6,2	19,7	48,9	80,0	90,5	654,2
Zaouia Ahançal	1640	56,1	45,4	57,3	58,3	36,5	9,6	1,2	8,3	48,1	28,0	51,7	51,7	445,6

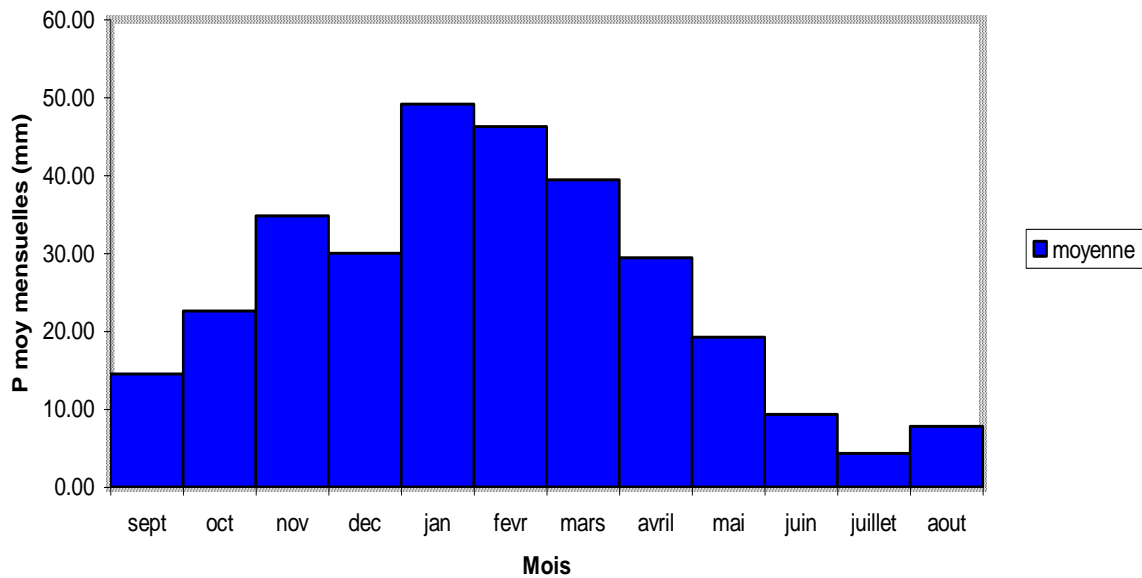


Figure 1 : Distribution des précipitations moyennes mensuelles

Régime saisonnier :

Le régime saisonnier des pluies est détaillé dans le tableau 2 ; il est du type HPAE.

Tableau 2 : Distribution saisonnière des précipitations de quelques stations de la zone.

Station	P. totale (mm)	Précipitation moyenne saisonnière (mm)				Régime
		Automne	Hiver	Printemps	Eté	
Ouaouizert	510.9	104.3	217.8	176.4	12.4	HPAE
Tamga	332.6	81.7	131.5	99.6	19.8	HPAE
Tilouguite	429.7	103.5	161.9	148.0	16.3	HPAE
Azilal	578.5	126.9	220.6	207.4	23.6	HPAE
Z. Ahançal	446.5	121.2	153.2	152.1	19.0	HPAE

Analyse fréquentielle des précipitations maximales en 24 heures :

L'analyse fréquentielle des précipitations maximales en 24 heures se base sur les caractéristiques de la distribution statistique des données des précipitations.

Les données des précipitations maximales en 24 heures s'ajustent bien à la distribution normale avec une moyenne de 33,47 et un écart type de 13,39 mm.

L'ajustement des données relatives aux précipitations maximales de durée de 24 heures pour la station de Tamga à une distribution du type normal a permis de calculer les hauteurs d'eau pouvant tomber en 24 heures et qui sont de 50,3 mm, 55,6 mm, 61 mm et 64,6 mm pour des périodes respectives de 10, 20, 50 et 100 ans de période de retour.

Neige

Bien que peu de données concernent ce type de précipitation, il est néanmoins admis que la neige tombe chaque année sur les parties forestières de la zone étudiée. Les chutes de neige sont liées étroitement aux altitudes et à l'exposition. Plus l'altitude est importante plus les neiges sont importantes et durent plus longtemps. De même pour l'exposition ; plus la zone est abritée des rayons solaires, plus la neige est fond lentement. Il est admis dans la zone que chaque année la neige dure au moins une dizaine de jours. Les enquêtes de terrain ont permis de noter que la neige fait son apparition à partir de 1700 mètres d'altitude. Cette altitude moyenne varie en fonction des températures au moment de la chute des précipitations. Les enquêtes de terrain permettent aussi de conclure que les neiges représentent 40 % des précipitations.

Agressivité climatique :

Bien qu'ils dépendent des précipitations, les processus érosifs ne sont que faiblement corrélés avec les moyennes des précipitations. En effet, ce sont les pluies exceptionnelles qui sont les plus liées aux phénomènes érosifs.

Le calcul de l'agressivité climatique a été réalisé selon la méthode de Wischmeier. L'indice de l'agressivité climatique de Wischmeier est une indication moyenne et à long terme de la capacité érosive des pluies. Dans ce cas, son calcul a été réalisé indirectement par l'usage des précipitations moyennes. Le tableau 3 donne les indices érosifs de certaines stations de la zone.

Tableau 3 : Indices érosifs des pluies de quelques stations de la zone (MJ.mm.ha⁻¹.an⁻¹).

Station	Ouaouizerte	Tamga	Tillouguite	Azilal
Indice R	1933,6	968,5	1462,9	2361

Les indices érosifs de la zone du sibe montre que les pluies sont plus agressives du point de vue érosion à Tillouguit qu'à Tamga. Bien que la différence ne soit pas significativement importante.

Sécheresse

D'après la courbe de la figure 5, on remarque que les précipitations annuelles se distribuent d'une façon irrégulière au fil du temps ; les fluctuations sont très importantes par rapport à la moyenne annuelle.

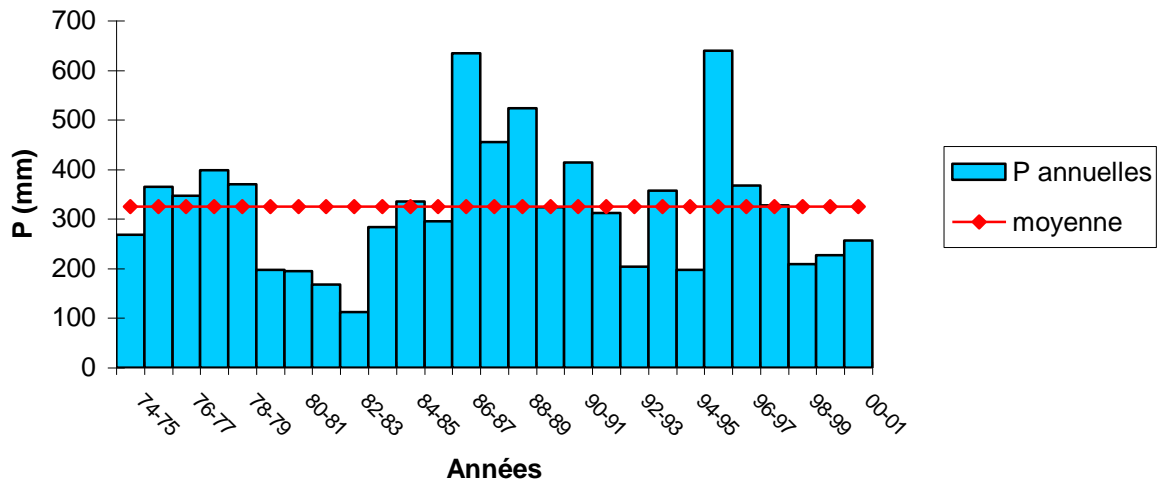


Figure 5 : Précipitations annuelles durant la période 1974-2001.

A partir de l'année 1978, et jusqu'à 1984, la région où se trouve la station a connu un déficit pluviométrique important et prolongé. Le même phénomène s'observe ces dernières années. Par contre, les années 1988, 1989, 1990 et 1996 ont été très pluvieuses (on a noté des valeurs supérieures à la moyenne).

Le tableau 4 indique les périodes de sécheresse qu'a connues la station durant les 27 années d'observation (1974-2001).

Durant la période 1974-2001, la zone a connu six périodes de sécheresse, par rapport à la moyenne, dont la plus importante est celle qui s'étend sur 5 années successives. La durée moyenne de la période de sécheresse est de 2 années. En ce qui concerne la gravité (déficit en mm) des périodes de sécheresse, le déficit moyen de chaque période est d'environ 217 mm d'eau. La période des 5 années a enregistré un déficit maximum de 670,9 mm.

Régime thermique

Le tableau 5 résume les données thermiques de la station d'Azilal.

Tableau 4 : Analyse des périodes de sécheresse pour la station climatique de Tamga.

Période de sécheresse (Précipitations < moyenne)	Durée de sécheresse (années)	Gravité (déficit pluviométrique, mm)
1	1	574,4
2	5	670,9
3	1	29,7
4	2	134,3
5	1	127,5
6	3	283,2
Moyenne	2,166	217,17

Tableau 5 : Distribution des températures minimales et maximales de la station d'Azilal (1430 m).

Station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne
Temp. max.	13,4	14,6	17,1	19,7	22,7	28,0	34,0	33,8	28,3	22,7	17,8	13,6	22,1
Temp. min.	2,2	3,6	5,3	6,9	9,5	13,3	17,8	18,3	14,0	10,3	6,2	3,1	9,2
Amplitude	11,2	11	11,8	12,8	13,2	14,7	16,2	15,5	14,3	12,4	11,6	10,5	12,9
Temp. Moy.	7,8	9,1	11,2	13,3	16,1	20,7	25,9	26,1	21,2	16,5	12,0	8,4	15,7

Les données thermiques font ressortir, pour la station d'Azilal, que la moyenne des maxima du mois le plus chaud, qui est juillet, est de 34,0°C, alors que la moyenne des minima du mois le plus froid, et qui est janvier, est de 2,2°C. L'amplitude thermique est de 31.8 °C.

Evaporation

L'évaporation mensuelle est représentée par le graphe de la figure 6.

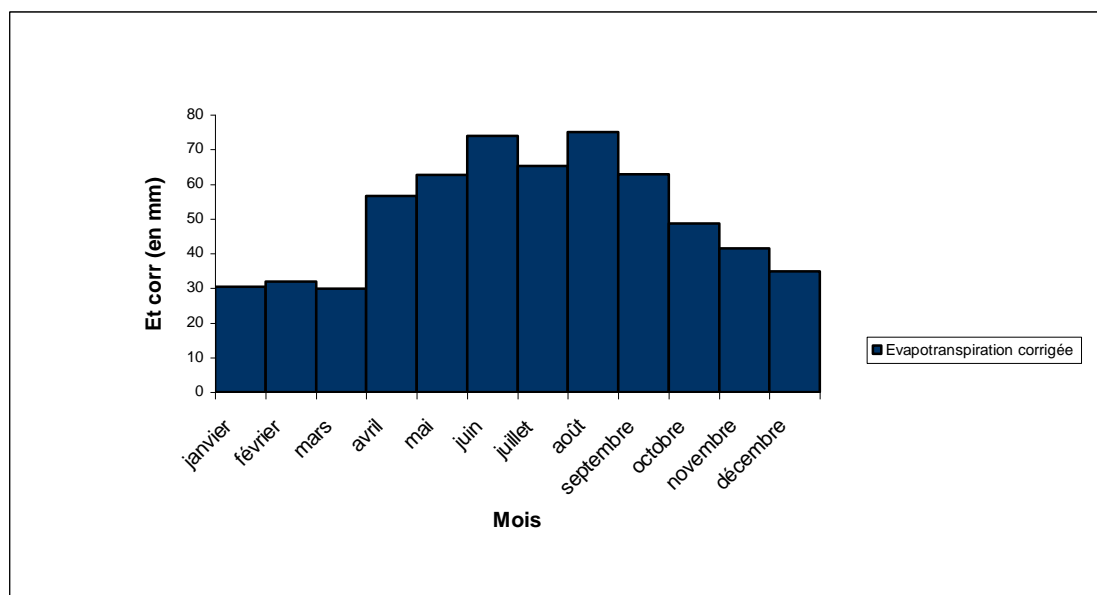


Figure 6 : Evapotraspirations mensuelles moyennes pour la zone de Tamga.

Etage Bioclimatique

Pour Azilal, le coefficient pluviothermique d'Emberger est de 62,5 (Fig. 7). La station est donc sous l'influence d'un climat méditerranéen semi-aride supérieur, à variante fraîche. Cependant, et selon la carte des étages bioclimatiques (Sauvage, 1963), Tamga appartient à l'étage sub-humide froid. Il faut noter toutefois qu'en raison de la topographie et des altitudes, qui varient d'une manière importante dans le SIBE, et étant donné que les précipitations et les températures sont étroitement liées à ces aspects et enfin, vu que la station d'Azilal ne reflète pas fidèlement le bioclimat du SIBE, l'analyse de la végétation montre qu'il existe dans la zone trois unités bioclimatiques, correspondant à des niveaux altitudinaux différents :

- Une unité caractérisée par un bioclimat semi-aride supérieur frais, marquée par des formations de genévrier rouge (*Juniperus phœnicia*) et de thuya (*Tetraclinis articulata*), souvent accompagnés de pin d'Alep (*Pinus halepensis*). Les niveaux altitudinaux correspondant à cet étage bioclimatique s'échelonnent entre 1000 et 1600 mètres.
- Une deuxième unité bioclimatique appartenant au sub-humide frais à froid, se trouve à des altitudes de 1500 à 2200 mètres. La végétation caractérisant cette unité se compose du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) associé au genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).
- Enfin, la troisième unité bioclimatique est celle du semi-aride froid qui va de 1500 à 2500 mètres. La végétation qui caractérise cet étage est le

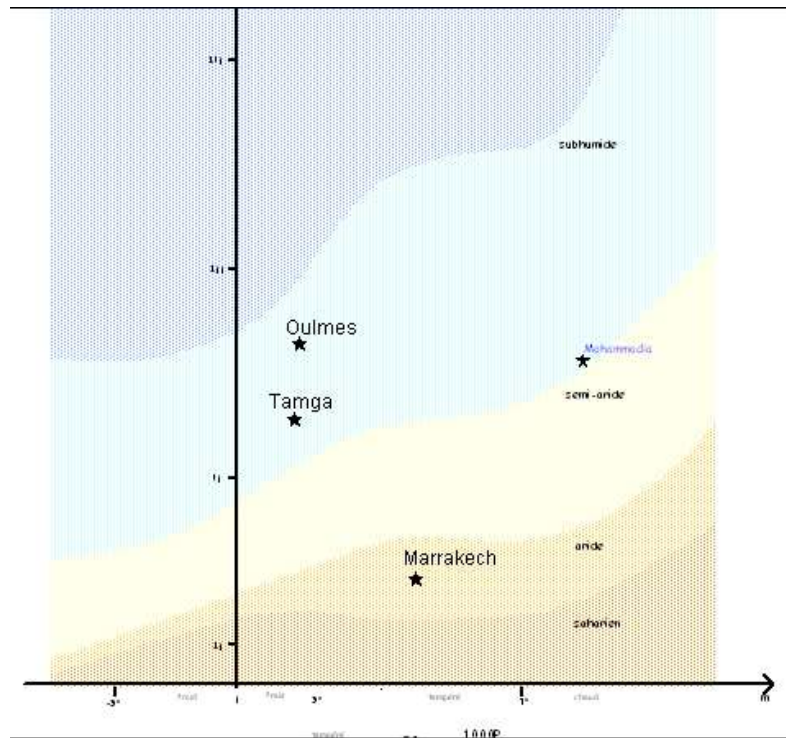


Figure 7 : Etage bioclimatique de la zone de Tamga selon le diagramme d'Emberger

génévrier thurifère associé, dans les steppes d'altitude, à *Ormenis scariosa* et des xérophytes épineux.

Profil géologique et géomorphologie descriptive

Géologie

Il n'existe pas de carte géologique détaillée de la région. Les observations suivantes ont été directement recueillies sur le terrain. Du point de vue stratigraphique, on distingue essentiellement les formations du trias, du lias, du jurassique moyen, du tertiaire et du quaternaire (Fig. 8).

Trias

Il s'agit d'argiles rouges typiques qui affleurent dans la zone située au nord-ouest de la mine de Tazoult et dans la partie supérieure de la vallée, au sud et au sud-ouest du village de Zaouiat Ahançal. Ces argiles sont généralement incluses dans des masses de roches gabroïques intrusives datant du jurassique. Lorsque ces argiles affleurent à la surface du sol, elles sont sujettes à des formes érosives intenses en raison de leur friabilité.

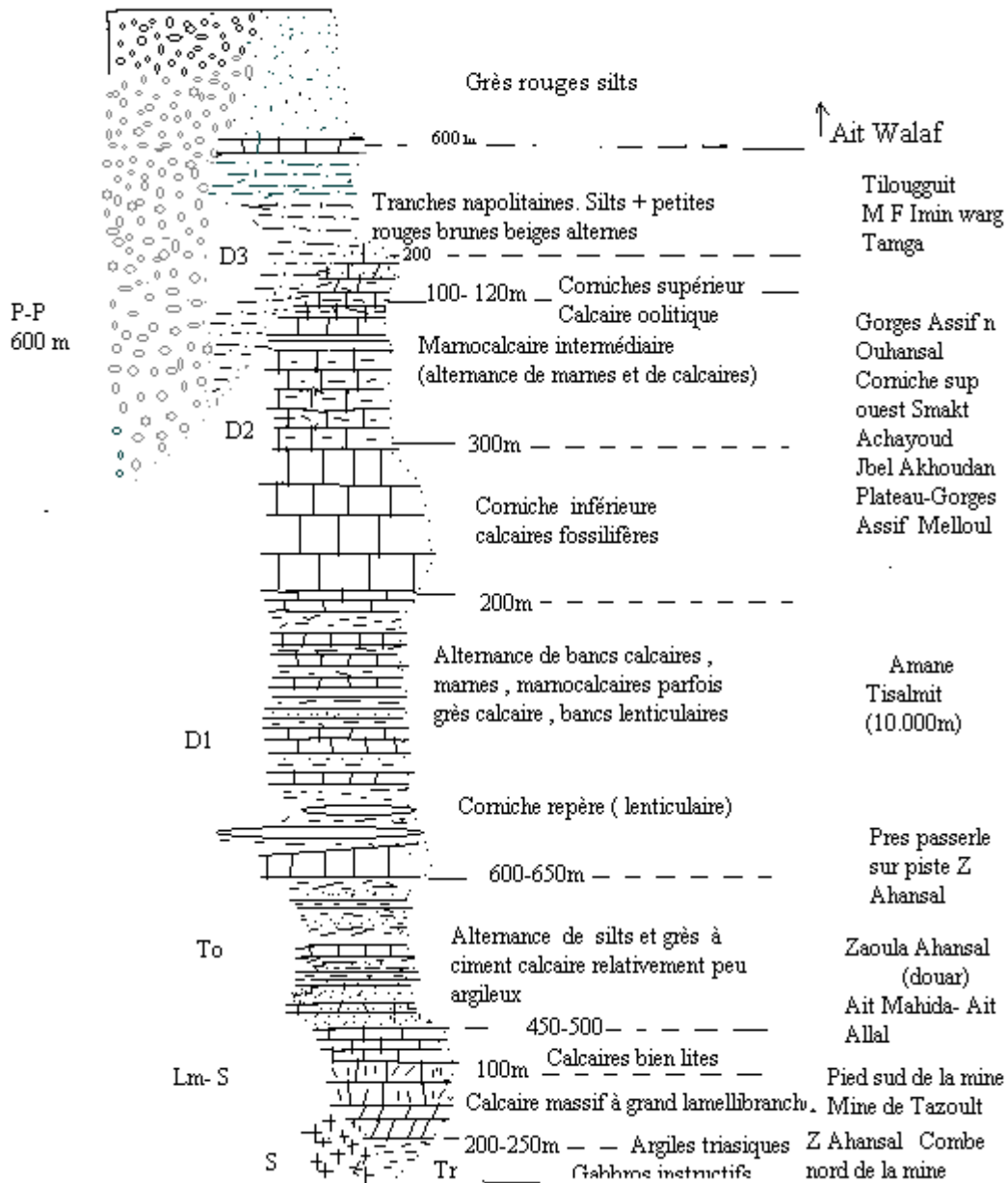


Figure 8 : Echelle stratigraphique de Tillouguit-Zaouiat Ahançal

Lias

Il est représenté, de bas en haut, par des calcaires massifs à gros lamelli-branches (lias inférieur moyen) puis par des calcaires lités bio-détritiques, rapportés au lias moyen à supérieur. Au toarcien s'instaure une sédimentation à caractère détritique à dominance gris-brun à beige

Les calcaires constituent les flancs redressés de la chaîne de Tazoult, tandis que les grès occupent le fond de la vallée, entre la passerelle métallique de Tifwina et le pied sud de la mine, ainsi qu'à l'ouest et à l'est de Zaouia

Ahançal ; ce complexe gréseux ne semble pas être représenté sur le versant nord-ouest de l'anticlinal de Tazoult wawirout.

Jurassique moyen (dogger)

C'est l'étage géologique le plus représenté dans la région. On relève de bas en haut les faciès suivant :

- Alternance de marnes, marno-calcaires, grès argileux, qui peut atteindre 600 m d'épaisseur. A la base de ce complexe, existe l'Aalénien, une corniche repère de grès calcaire marque la limite lithologique avec les grès toarciens.
- Calcaire corniches, déposées à l'aaléno bajocien dans un domaine pléogéographique de plate-forme carbonatée. La corniche inférieure forme la haute falaise marquant le rebord du plateau des Ait Abdi, et la retombée nord de ces couches est tranchée en demi cluses par l'oued au nord-ouest de la mine taswat nibilane.
- Les silts et pélites, alternativement brun rouge lie de vin beige, gris
- Les grès rouges.

Tertiaire

Le tertiaire est représenté par la puissante formation conglomératique ponticoplkiocène de Masterfane (la cathédrale), reposant en discordance sur tous les termes du jurassique moyen.

Quaternaire

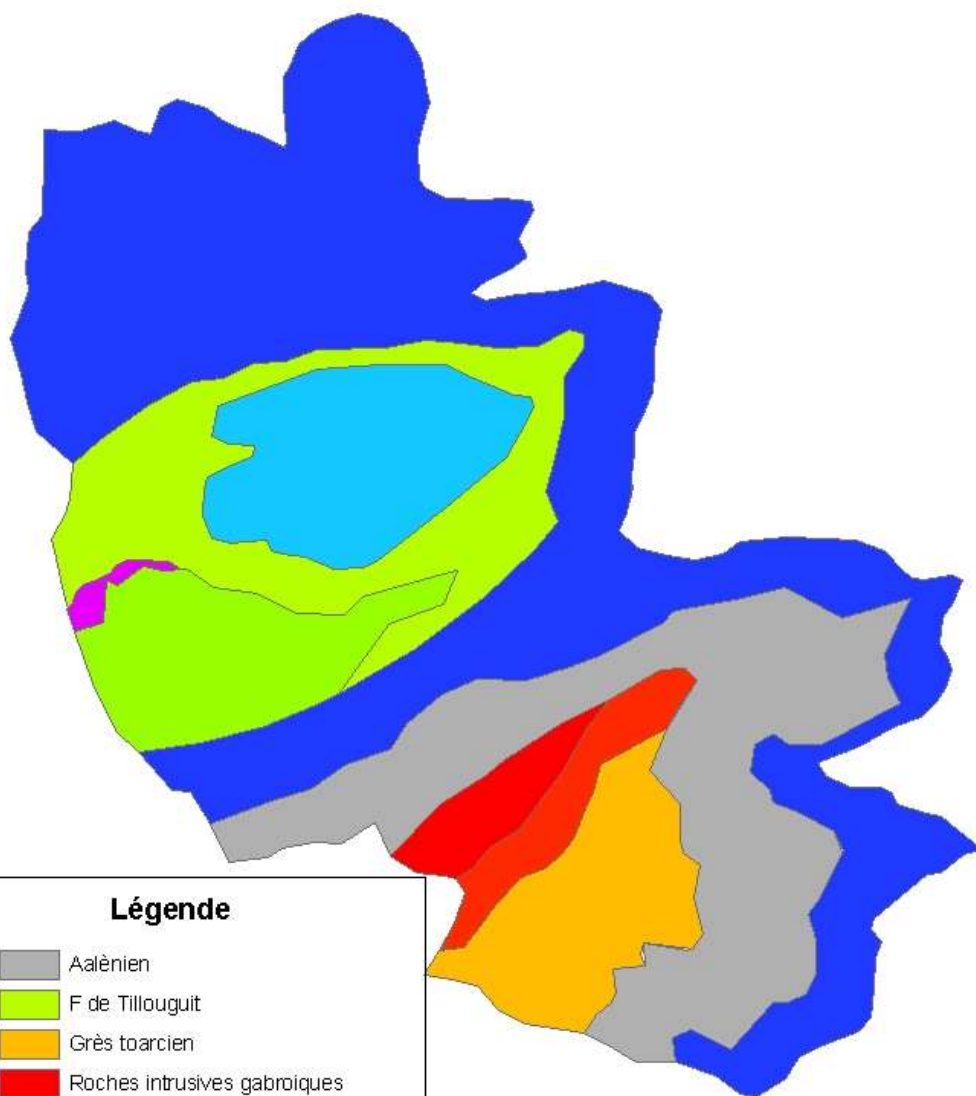
Le quaternaire se résume en un chapelet de cônes d'éboulis et de brèches, en partie cimentés par de la calcite, au pied des falaises calcaires, ainsi qu'en des amas alluvionnaires au fond des principaux thalwegs. Ces formations sont sujettes à des formes d'érosion intenses allant de l'érosion pluviale, sur pentes douces, à des érosions en rigoles/ravinement, lorsque les pentes sont modérées ou fortes.

Profil géomorphologique

La zone du sibe de Tamga appartient du point de vue géomorphologique à la zone dite de moyenne montagne avec quelques zones appartenant à la zone de haute montagne. Les zones de moyenne montagne, qui sont une zone de transition entre les systèmes collinaires et la haute montagne, bordent dans la zone du sibe, les deux principaux cours d'eau : l'oued Ahançal et l'oued Melloul ou l'oued Akhachane.

SIBE DE TAMGA

CARTE DES UNITES GEOLOGIQUES



Légende

-  Aalénien
-  F de Tillouguit
-  Grès toarcien
-  Roches intrusives gabroïques
-  calcaires Lias
-  calcaires corniches aaléno bajocien
-  conglomérat pontico pliocène
-  conglomérat pontico pliocène

C'est la zone de moyenne montagne qui domine la surface du sibe. L'altitude varie de près de 1000 m à 2000m. C'est une zone caractérisée par un relief très accidenté, avec des versants à pentes très fortes, à escarpements vigoureux et dominant des vallées très encaissées comme le montrent les figures des coupes transversales au niveau des vallées de l'oued Oukhachane et Ahancal(figures 1et 2). Ces vallées sont souvent bordées de hautes falaises comme c'est le cas le long de l'oued Ahancal et l'oued Akhachane. Les falaises existent aussi comme limite entre les zones de moyenne montagnes et celle de la haute montagne comme c'est le cas dans la zone d'Aguerd n Igli, ou Jbel Toukhsine. L'orientation des lignes des crêtes et des vallées ont engendré des versants ayant des expositions multiples qui expliquent en partie une diversité remarquable des essences forestières.

Echelle : 1 cm = 50 m

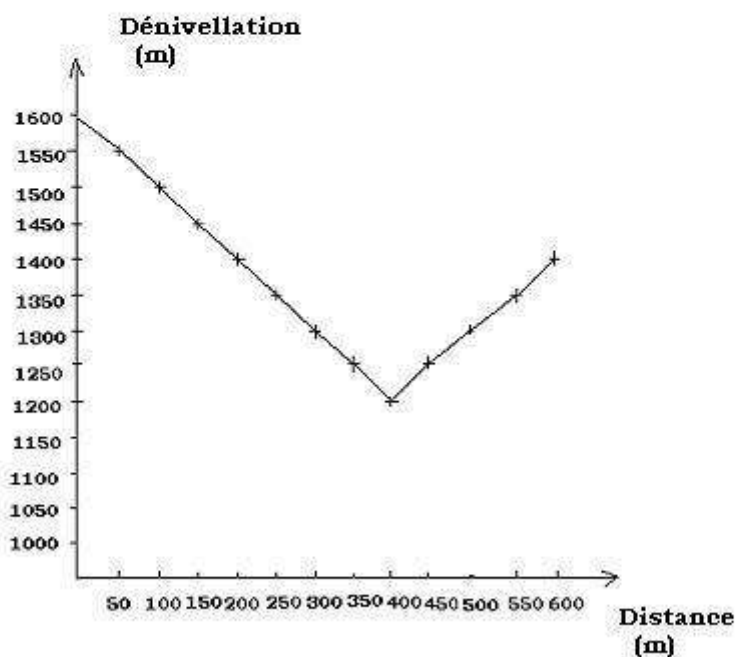


Figure : Section transversale de l'oued n-Oukhachane au niveau de Smekt

Système érosif et distribution stationnelle

Sur le plan du processus érosif, les SIBE est spatialement quasi-dominé par des zones instables. En effet, la combinaison de la topographie, marquée par des pentes très fortes, du substrat, caractérisé par des roches et des sols friables, d'un couvert végétal, moyennement dense, et enfin et surtout celui de la végétation au sol, fait que des formes diverses de l'érosion apparaissent aux niveaux des sols du SIBE. D'une manière globale, les zones stables ne représentent qu'une faible superficie de la surface totale du SIBE. Les zones instables occupent la majeure partie de la zone de l'étude. Ces zones instables sont composées de diverses formes d'érosion allant de l'érosion diffuse à l'érosion en rigoles ou par ravinement.

Les zones stables

Ces zones qui demeurent réduites sont représentées par :

- Les masses rocheuses dont la stabilité sont dues à la nature du substrat.
- Les zones agricoles situées sur des terrains plats mais non menacées par les crues. On y trouve aussi les zones de cultures sur des terrasses. Les surfaces de ces zones sont réduites et ne représentent qu'un faible pourcentage de la surface totale du SIBE.
- Les zones forestières situées sous une densité de végétation importante (de plus de 70 %) et sur un sol profond. Ces cas s'observent sur des versant nord boisés par du chêne vert sur sol brun forestier. Ces sols connaissent toutefois un risque d'instabilité de degré 2 (échelle de 0 à 5) dont les facteurs d'instabilité sont la topographie et l'action de l'homme.

Les zones instables

Ces zones comprennent toutes les zones touchées par les différents processus érosifs. On utilisera dans cette étude la classification des processus érosifs de Pap/car.

- Les zones touchés par l'érosion pluviale :

Ces zones touchées par l'érosion pluviale ou l'érosion diffuse, concernent la majeure partie de la surface du SIBE. En effet, ce processus érosif qui se manifeste par une perte de terre d'une manière uniforme, sur toute la surface, sous l'action de la pluie, touche aussi bien les terres agricoles sur pentes que les surfaces boisées sur sols meubles ou friables, sans couverture végétale suffisante et sur pente modérée à forte.

A l'intérieur de cette unité on peut distinguer différentes sous-unités allant de l'érosion pluviale à faible degré d'expansion à l'érosion pluviale généralisée.

- Les zones touchés par l'érosion en rigoles/ravinement :

Le processus érosif qui caractérise ces zones est le creusement de rigoles ou ravines à la surface du sol. Ces manifestations apparaissent lorsque l'infiltration est dépassée par l'intensité de pluie et que survient un ruissellement de surface. Les sols touchés par ce type d'érosion sont d'abord les sols cultivés situés sur des pentes modérées à forte ; les sols cultivés présentent en effet les conditions optimales pour ce genre d'érosion. En effet, ces terres qui se trouvent déjà sur des sols moyennement profonds et meubles et de texture argileuse, sont labourés et donc privés de protection végétale au moment de la saison des pluies. Les pentes variées sur lesquelles sont localisées ce type de terre représente le facteur déclenchant de cette forme d'érosion. Les surfaces touchées par ce type d'érosion sont tout de même localisées.

- Les sapements de berges :

Le long de la plupart des cours d'eau, durant les crues fortes et torrentielles, des effondrements des berges et des terrasses adjacentes ont lieu. Ce phénomène qui touche les terrasses agricoles se trouvant le long du cours principal, oued Ahançal, de même que la route qui le longe, conduit à l'élargissement du cours d'eau.

Les zones inondées

Ce sont des zones qui sont situées le long des cours d'eau. Elles peuvent être soit des terres agricoles (terres irriguées), soit des terres incultes. Elles sont inondées selon l'ampleur des crues. La surface concernée par ce processus érosif est réduite.

Les Sols

Sols minéraux bruts ou peu évolués

Les sols minéraux bruts sur les versants des ravins en forte pente suivent sur des marnes de grès ou des pelites.

Les lithosols

Les lithosols sont développés sur des calcaires compacts et sur les roches mères citées plus haut. Ils dominent presque toutes les parties basses de la vallée et l'ensemble des chaînes calcaires plissées. L'horizon A est très peu épais ou absent.

Sols clacimagnésiques

Ces sols sont riches en terre fine silicatée, notamment en argile (sols fer-sialitique). Le profil est du type A(B)C. On y distingue :

- Sols bruns calcaires

- Sols bruns calciques
- Sols rouge fersialitiques
- Sols bruns rouge calciques

A2 Nature du réseau hydrographique

Caractères physiques

La surface du SIBE est traversée par l'oued Ahançal. Ce cours d'eau est un affluent de l'oued El Abid. Il est aussi le cours d'eau principal du sous-bassin versant de l'oued El Abid. Ce sous-bassin versant représente l'un des trois sous-bassin versant formant le bassin versant de l'oued Oum Er Rabia'. L'oued Ahançal traverse le SIBE, sur 19,2 Km, du sud-ouest vers le nord-est, avant qu'il ne rejoigne la retenue du barrage Bin El Ouidane. Durant cette traversée le cours d'eau est rejoint par un certain nombre d'affluents venant de part et d'autre du cours d'eau. Les principaux affluents venant de la partie est sont l'oued Oulmoun dont la source est le Jbel Choucht, et l'oued Warg provenant du côté ouest. Les principaux affluents qui rejoignent Oued Ahançal sont l'oued Aqqa N'Igli, l'oued Ansagoz, dont les sources se trouvent à Jbel Taytriq, l'oued Irghis et Assemgane, prenant leurs sources à Jbel Laqroun et enfin le plus important affluent, l'Oued Oukhachane, dont la source est située en dehors de la zone du sibe. Les cours ont des directions d'écoulement largement déterminées par la direction des structures géologiques.

Le réseau hydrographique est du type dendritique reflétant ainsi la nature de la lithologie. Il est assez dense (2.5Km/Km²). Le réseau hydrographique a ainsi une capacité à évacuer les eaux de ruissellement provenant des précipitations relativement importantes qui tombent sur l'impluvium du SIBE (Fig. 9).

La topographie, qui est marquée par des classes de pentes pouvant aller jusqu'à 40 %, fait que la plupart des cours d'eau coulent le long de vallées encaissées. Ces vallées dénotent des dénivelés pouvant aller jusqu'à 400 mètres et des largeurs de 1 à 1,5 Km. Le tableau 6 présente les différents oueds de zone.

Régime hydrologique

Le régime hydrologique est le résultat combiné des précipitations, de la nature du substrat, du régime thermique et enfin de la nature de la végétation. Les précipitations, dont une partie tombe sous forme de neige, sont adéquates, régulières et bien distribuées.

Tableau 6 : Différents oueds parcourant le SIBE.

Nom oued	Longueur (m)	Pente moyenne (%)
Akhachane	6100	4
Irghis	16000	10,5
Oussemgane	7000	12,75
Wawrirout	4300	27
Iminwarg	9000	5,5
Talmest	7000	11,4

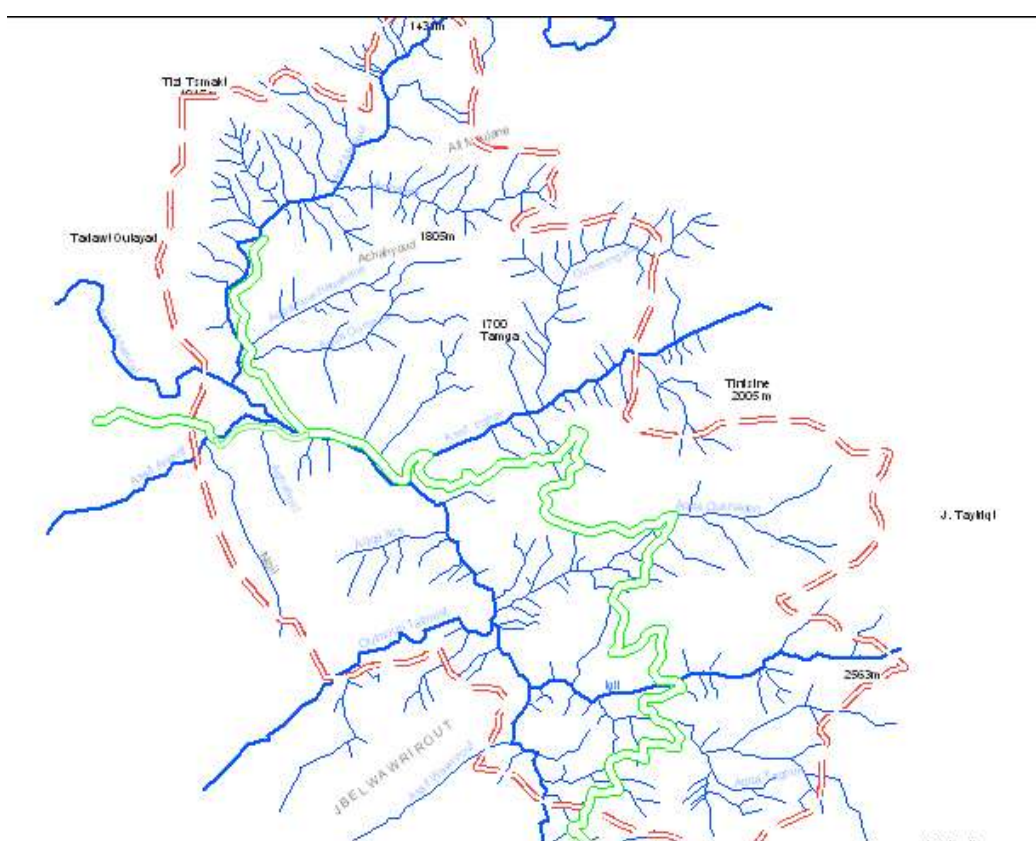


Figure 9 : Réseau hydrographique du SIBE

Le substrat est caractérisé par de nombreuses fractures et des sols favorisant une bonne infiltration des eaux de pluie. Enfin, la végétation est caractérisée par des formations forestières lui conférant un bon degré de couvert végétal et enfin un régime thermique caractérisé par des températures relativement basses et donc donnant des évaporations relativement réduites. Tout cela conduit à un régime hydrologique caractérisé par un écoulement important dont une partie est constituée par un écoulement de base. L'écoulement de base est expliqué par :

- La nature des roches, caractérisées par de nombreuses fissures, failles, etc... favorisant une infiltration importante de l'eau.
- L'importance et les caractéristiques des bassins versant d'où proviennent les cours d'eau.
- La nature, les hauteurs et la distribution des précipitations tombant sur la zone.
- La présence de nombreuses sources alimentant les cours d'eau.

Au niveau du site cinq cours d'eau ont un régime permanent :

- Le cours d'eau principal qui traverse le SIBE, l'oued Ahançal, dont le débit d'étiage a été estimé à 2,40 m³/sec.
- Assif (oued) Akhachane : Le débit de fin d'étiage est estimé par l'auteur à 1,25 m³/s.
- Assif Talmest
- Assif Irghis dont le débit d'étiage est estimé par l'auteur au mois de septembre à 0,25 m³/sec.
- Assif Anladf

Mais il faut noter toutefois, qu'en dépit des éléments qui tendent à montrer que le régime hydrologique est marqué par une certaine fluctuation dans le temps. En effet, à côté des éléments positifs relativement à un régime permanent, existent aussi des éléments se rapportant aux conditions du sol et de la végétation qui tendraient à expliquer les fortes fluctuations des débits des cours d'eau. Les observations de terrain, de même que les enquêtes et témoignages, montrent en effet que les cours d'eau sont capables de drainer des quantités très importantes d'eau sous forme de crues très importantes. Les causes de ces crues sont :

- Les caractéristiques des précipitations : En effet, des pluies tombant sur un manteau neigeux ou une augmentation soudaine de température causeraient des fontes brusques de neige qui peuvent être la cause des crues. De même, les orages d'été (notamment août et septembre) peuvent être d'une importante intensité tout en étant épars dans l'espace et sont souvent la cause principale des crues d'été.
- L'état des sols et de la topographie : En effet, les sols sont dominés par des sols squelettiques (type AC ou rankers), à faible capacité d'infiltration et de stockage d'eau de pluie, de même que la nature de la topographie est dominée par des pentes très élevées.

- La relative pauvreté du couvert végétal : En effet, bien qu'il existe des formations forestières importantes et de bonne densité, le sous-bois et la couverture herbacée au moment de la saison pluvieuse est réduite.

La crue qui est survenue au mois d'août 2004 a été estimée par des mesures de terrain à 691 m³/sec à l'oued Ahançal. Pour la même période, au niveau d'un ravin, affluent de l'oued Akhachane, Aqqa Inilf, d'une largeur de 5 mètres, la crue a été estimée à 54 m³/sec.

Les crues peuvent surprendre autant par leur violence que par l'effet de surprise. En plus des effets sur l'érosion des sols, ces crues causent des dégâts importants au niveau des routes, chemins, terrasses agricoles et infrastructures diverses (station piscicole de l'association des pêcheurs).

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau est liée au régime hydrologique des cours d'eau dont les fluctuations dans la zone du SIBE sont très marquées. Pendant la période estivale, à l'exception des périodes des orages, l'eau a une bonne qualité marquée par une faible charge en sédiments et une faible turbidité. La température de l'eau est relativement basse. Cependant, durant les crues, la qualité de l'eau se dégrade considérablement. La charge en sédiments s'élève d'une manière drastique. Ce qui reflète la domination du ruissellement de surface et les processus érosifs prenant place durant ces périodes.

D'une manière globale, et d'après les enquêtes menées auprès des populations et des techniciens forestiers, il s'avère que la qualité de l'eau s'est dégradée progressivement mais d'une manière notable. Le cours d'eau qui abritait autrefois (il y a moins de vingt ans) des espèces de salmonidés comme la truite, ne peut plus accommoder ces espèces aujourd'hui et ce malgré les efforts de repeuplement menés notamment par l'association ayant amodié la pêche dans l'oued Ahançal. Les crues violentes et fortement chargées en sédiments ont détruit les habitats de ces espèces et empêchent leur reconstitution.

A3 Nature des plans d'eau

La zone du sibe ne dispose pas de plan d'eau.

B Mode d'exploitation de la ressource hydrique

B1 Usages des sols dans le bassin versant

Statut et usages

L'occupation des terres dans la zone du SIBE constitue un indicateur important de l'usage des sols. En effet, et en l'absence de cartographie exacte des occupations des terres, l'auteur pense que cette occupation serait très proche de celle de la commune de Tillouguite qui montre que la majorité des terres dans la zone, soit 71 %, sont des terrains forestiers, 25 % des terres sont des terrains de parcours et terres incultes, alors que seul 4 % des terres sont des terres cultivées.

L'usage des ressources forestières, pastorales, hydrologiques et en sols est partagé, en terme d'espace, entre les quatre fractions de la zone du SIBE et qui sont les Tamga, Ait Yacoub, Ait Tamajoute Nogri, Ait Atta et Irmoumen Imin Warg. Chaque groupement a l'usage d'un terroir dont les limites sont bien connues par les populations. Dans la zone du SIBE, le terroir le plus important du point de vue surface est celui de Tamga.

Les sols de la zone du SIBE sont soumis à différents usages dont particulièrement :

- **Les sols forestiers** : ces sols qui supportent des formations forestières de différentes essences (Pin d'Alep, chêne vert, thuya,...) font partie du domaine privé de l'Etat, puisque les forêts dans la zone sont délimitées. Bien que ces forêts soient délimitées et qu'un aménagement existe pour elles, on relève que le plan d'aménagement est ignoré dans la pratique. Toutefois, les populations utilisent le domaine forestier pour satisfaire divers besoins. Ceux-ci sont :
 - Les besoins en bois de feux et de service :

Les populations de la zone n'utilisent que le bois de la forêt aussi bien pour les besoins de cuisson et de chauffage que pour satisfaire les besoins en bois de service comme l'approvisionnement en poutres et en perches pour la construction des habitations. Si les besoins en bois de service ne sont pas bien connus, les besoins en bois de feux ont été estimés à 2 tonnes par famille et par an. Si le bois mort et/ou apporté par les crues semble être abondant et pourrait satisfaire les besoins des populations de la zone, il n'en est pas de même pour le bois de service.
 - Les besoins en unités fourragères :

Ces besoins sont sans conteste ceux qui représentent le plus de risque de dégradation des ressources forestières. En effet, durant les mois, les arbres forestiers demeurent la seule ressource pastorale pour satisfaire les besoins du cheptel animal, qui est en majorité formé de caprins. Le feuillage du chêne vert, sa production fruitière (glands) et les branches de thuya offrent des possibilités fourragères vitales en période de sécheresse, de soudure et d'enneigement. Les écimages de chêne vert, de thuya, et de frêne sont des pratiques courantes dont l'intensité est variable selon les années.
 - Les besoins en terres agricoles
- **Les sols agricoles** : Les sols agricoles peuvent être divisées en deux groupes, les sols utilisés pour l'agriculture pluviale et les terres irriguées. Les premiers sont des enclaves dans les formations forestières qui sont cultivées principalement pour la céréaliculture. Les deux prin-

principales spéculations sont l'orge et le blé dur. Quant aux terres irriguées, ils sont localisées soit le long du cours d'eau lorsque le lit est assez large et qu'il y a des terrasses de dépôts, soit sur des pentes où des terrasses ont été construites par l'utilisation des pierres. Les spéculations dans ces terres irriguées sont variées, allant des légumes et des arbres fruitiers (pommiers, cognassiers, figuiers, etc..) à la luzerne et au maïs.

B2 Systèmes d'exploitation et de gestion de l'eau

Propriété de la ressource

Les ressources en eau suivent le même usage au point de vue propriété que les autres ressources. L'usage est réservé aux membres des groupements humains et notamment dans ce cas ceux des quatre fractions mentionnées plus haut. Ce règlement d'usage est en fait appliqué avec souplesse. D'autres membres des autres groupements peuvent avoir accès à la ressource, sauf en cas de conflit ou de non disponibilité de celle-ci. Dans ce cas le règlement est alors strictement appliqué.

Les ressources en eau de la zone sont utilisées pour :

- La satisfaction des besoins domestiques.
- L'eau des sources est puisée et amenée aux habitations pour satisfaire les besoins, sauf pour la lessive qui est faite directement au niveau des cours d'eau.
- L'irrigation des terres : Pour cette utilisation, des prises d'eau (Ougoug) sont réalisées au niveau du cours d'eau afin d'amener l'eau au niveau des terres irriguées qui sont quasiment des terrasses.
- L'entraînement des moulins à eau pour moudre les céréales : Dans la zone du SIBE, il existe en effet quelques moulins à eau qui fonctionnent grâce à des prises d'eau à partir des différents cours. Le nombre de ces installations est en train de diminuer à cause de l'installation d'un moulin électrique à Tillouguite. Il faut noter cependant que cette utilisation ne consomme pas d'eau puisque l'eau utilisée comme force motrice est réinjectée dans le cours d'eau ; ni la quantité, ni la qualité d'eau ne sont alors affectées par cette utilisation.

Réglementation

La réglementation en vigueur dans la zone du sibe est celle de la communauté locale. Les prises en eau pour l'irrigation sont réalisées dans le cadre d'un accord local entre les populations concernées.

En général, vu l'abondance des ressources en eau dans la zone, il n'y a pratiquement pas de conflits générés par l'utilisation de l'eau.

Impacts et conséquences

D'une manière générale, les ressources en eau dans la zone du SIBE sont satisfaisantes au vu des besoins des populations. Cependant, l'éloignement et le besoin d'aménager les sources d'eau constituent des problèmes.

C Analyse et propositions

Ligne d'orientation

Avant de formuler les propositions pour d'éventuelles mesures à prendre dans le secteur de l'hydrogéologie, il est important de signaler que les ressources en sols et en eaux de la zone du SIBE sont étroitement liées aux autres ressources naturelles et notamment la végétation, d'une manière générale, et les modes d'exploitation des sols et de la végétation. En effet, ces deux dernières ressources subissent une détérioration progressive et continue dans le temps. L'observation de l'état de ces ressources dans la zone du SIBE et celle environnante montre toutes les étapes de la dégradation de ces ressources. Le labour des terres, le parcours et particulièrement l'écimage des arbres et notamment celui du chêne vert, du thuya et du frêne dimorphe. La dégradation des ressources en sols par le phénomène de l'érosion et celle de l'eau, au niveau de la distribution et de la qualité, est intimement liée à celle des ressources végétales et particulièrement la forêt. Des mesures et propositions pour contribuer à la restauration de ces ressources dans la zone du SIBE doivent s'insérer dans un espace et un objectif plus vastes. En effet, il serait illusoire de vouloir apporter des mesures uniquement au niveau de la zone. Cesdites mesures seraient sans effet à cause du fait que les ressources hydrologiques sont dépendantes des espaces qui s'étendent loin de la zone du SIBE. De même, pour la forêt ou le parcours, les usages concernent des espaces beaucoup plus vastes que celles du SIBE.

Une ligne directrice guidant les propositions à apporter consiste à placer la zone du SIBE dans une zone plus vaste avec des objectifs plus larges. Ainsi, il serait judicieux de réviser l'actuel plan d'aménagement des forêts de la zone pour y inclure un aménagement participatif de la biodiversité. L'implication effective des diverses communautés usagères de la zone, dans un objectif plus vaste qui intégrerait la forêt, les parcours et les ressources en sols et hydrologiques est un impératif au vu des conditions écologiques et socioéconomiques de la zone.

C1 Intérêts du SIBE pour la ressource EAU

La ressource en eau dans la zone du Sibe joue un rôle primordial dans la réussite du Sibe. En effet, aussi bien l'état de la végétation, sa diversité que son développement que la biodiversité du milieu aquatique, sont dépendants des ressources en eau qui commencent par les pluies que reçoit la zone du sibe que les écoulements des cours d'eau. Il est indéniable qu'une bonne gestion des ressources végétales et du sol de la zone du Sibe aura des conséquences directes et bénéfiques sur la ressource en eau.

C2 Programmes d'études complémentaires en hydrogéologie

- Etude de l'état des terres labourées dans le SIBE :

Les terrains agricoles ont des impacts sur l'hydrologie de la zone en raison du ruissellement de surface et de l'érosion que subissent ces zones. Des études sont proposées pour inventorier et évaluer les impacts de ces zones sur la qualité et la distribution des eaux des différents cours d'eau.

- Qualité de l'eau - les processus érosifs :

Cette étude aura pour objectif d'évaluer la qualité de l'eau et notamment les fluctuations de cette qualité en fonctions des saisons. Ces études devront mettre en évidence les relations existantes entre la qualité de l'eau et l'état des sols de même que les usages des terres. L'étude devra aboutir à des propositions pour restaurer les attributs des cours d'eau.

C3 Objectifs prioritaires de protection pour les capacités hydriques du BV

Les sols de la zone du SIBE ont vu leurs capacités hydriques notablement dégradés. Ainsi, l'infiltration de la plupart des sols s'est réduite. Ceci a conduit à une réduction de la capacité de stockage de l'eau, une augmentation du ruissellement de surface lors des averses et une augmentation et une aggravation des processus érosifs. La réhabilitation des fonctions des sols en tant que régulateurs du régime hydrologique passe par l'identification des facteurs ayant entraîné ces dégradations et leur élimination. D'après la présente étude, les résultats préliminaires montrent que la surcharge pastorale, l'augmentation des terres agricoles et les pratiques liées aux terres de cultures demeurent les principaux facteurs de détérioration des fonctions hydrologiques des sols de la zone. Des actions au niveau de ces deux éléments sont nécessaires pour restaurer et préserver les capacités hydriques des sols du SIBE.

C4 Nature des enjeux pour l'usage des ressources hydriques

En raison de l'abondance relative des ressources en eau dans la zone du sibe, l'usage des ressources en eaux ne représentent pas un enjeu important.

C5 Mesures conservatoires immédiates pour la ressource EAU

- i. Aménagement de la zone des berges :

La zone immédiate du cours d'eau principal, et particulièrement les berges, est d'une importance capitale pour le cours d'eau. En effet, ces zones contribuent d'une manière marquée, aux caractéristiques de l'écoulement.

ii. Conservation des sols cultivés :

Les sols cultivés, bien qu'ayant des surfaces réduites, ont un impact important sur les mécanismes de ruissellement et la qualité de l'eau. Souvent, les surfaces cultivées sont adjacentes au cours d'eau et ont donc des effets directs sur leur comportement. La réhabilitation de ces terres et notamment leur dotation par des mesures de conservation des eaux et des sols devra être une priorité. Cette tâche sera facilitée par le fait que les populations sont conscientes des conséquences négatives de l'érosion sur leurs terres comme en témoignent les terrasses en pierres sèches amassées en courbe de niveau entrepris volontairement par les populations. C'est cette pratique qu'il faut encourager par des mécanismes d'incitation appropriés.

iii. Aménagement des sources pour les populations :

L'aménagement des sources pour les besoins en eau potable ou pour l'abreuvement des animaux est une action qu'il faut entreprendre non seulement dans le but d'améliorer la qualité de l'eau pour ces besoins mais aussi pour réduire les impacts négatifs.

iv. Réduction des délits d'écimage et respect d'une charge pastorale adéquate.

v. Limitation des terres labourées au détriment de la forêt.

vi. Contrôle et régulation du prélèvement de bois de feu et de bois de service.

C6 Stratégie pour une gestion patrimoniale de l'EAU

La stratégie pour une gestion patrimoniale de l'eau doit avoir pour ligne d'orientation principale la concertation avec les populations locales usagère en tenant en considération les objectifs pour atteindre des conditions optimum des ressources en eau pour la conservation et le développement de la biodiversité.

C7 Indicateurs de suivi de la ressource hydrique

Les indicateurs de suivi de la ressource hydrique sont :

La Quantité de l'eau qui constitue un facteur déterminant non seulement pour la vie de la biodiversité aquatique que pour les usages agricoles et domestiques.

La Qualité de l'eau et notamment la charge en sédiment et la température qui conditionnent l'habitant aquatique pour de nombreux organismes.

La Distribution dans le temps de l'écoulement et notamment les durées de l'écoulement et les crues maximums.

CONCLUSION

Les conditions hydrogéologiques et particulièrement les conditions du sol et des ressources en eau sont préoccupantes. Les causes sont une détérioration du couvert végétal et de son rôle sur la protection des sols et de l'eau. Cette détérioration est causée par les usages des sols (cultures sur pentes), de la végétation (défrichement et surexploitation pastorale). Toute mesure de réhabilitation et conservation de la végétation et des sols doit passer par l'implication des usagers et notamment la population locale à travers un cadre de partenariat qui tiendrait concilierait aussi les exigences écologiques pour la réhabilitation que les besoins réels des populations.

Annexe

Termes de référence du spécialiste en hydrogéologie

1. Contexte général

Dans le cadre du projet GEF de Gestion des Aires Protégées, financé par le Gouvernement du Maroc et le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), il est prévu de faire une série de diagnostics et des propositions concrètes en vue d'identifier des actions prioritaires, immédiates et à long terme, qui seront incluses dans les plans d'Aménagement des Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique.

2. Approche

L'approche proposée vise à établir un processus de planification et de gestion flexible et adaptée (*adaptive management*) comme base d'une gestion concertée et consensuelle des bio-ressources des AP et leurs environs. Les activités de planification seront fortement basées sur les principes de décentralisation et de participation, inscrits dans la nouvelle proposition de loi relative aux aires protégées du Maroc.

Dans ce contexte méthodologique pragmatique, l'objectif de la planification est d'assister et d'accompagner l'identification, la mise en œuvre et le suivi des activités de conservation, gestion et valorisation de la biodiversité. Les principaux résultats attendus sont la formulation et la mise en œuvre progressive des plans de gestion pour les SIBEs comme base pour leur futur classement.

Le processus de planification envisagé dans le cadre du PGAP peut se résumer schématiquement comme suit :

1. Diagnostic des sites : Cette phase consiste à l'exécution d'une thèse de diagnostics et de propositions thématiques concrètes qui seront menés par des consultants individuels recrutés par le DEFLCD dans le cadre de la présente sélection. La coordination générale de ces interventions thématiques sera assurée par la CGP à travers l'AT et ses homologues.
2. Planification participative : Cette phase a pour but, entre autres, de valider les options de gestion des plans de gestion. Elle sera initiée en parallèle à l'exécution des diagnostics thématiques et continuera dans la

phase de mise en œuvre des plans d'aménagement. Cette phase sera exécutée par la CGP à travers l'AT et ses homologues.

3. Capitalisation et diffusion des acquis : Cette phase sera assurée par une campagne de communication.

3. Les diagnostics Thématiques

3.1. Objectif

Le but de ce diagnostic est de donner un aperçu sur la situation hydrologique des sites considérés. L'étude devra aussi fournir les éléments d'analyses élémentaires dont la pertinence permettra de dégager des priorités d'actions en vue de préparer le plus rapidement possible les plans d'aménagement des SIBES.

Le consultant fera partie d'une équipe d'experts sectoriels coordonnée par le responsable du volet biodiversité.

3.2. Zone d'intervention

L'étude concernera les aires protégées suivantes :

- Tamga (Azilal)
- Jbel Krouz (Figuig)
- Chekhar (Oujda)
- Jbel Moussa (Tetouan)
- Khnifiss (Tan Tan)

3.3. Tâches du consultant

Le consultant devra effectuer, en suivant le plan ci-après indiqué, une analyse du profil hydrologique des sites.

En outre, le consultant devra participer aux ateliers de concertation avec les populations locales pour l'identification des principales menaces pour la conservation et l'utilisation durable des ressources naturelles, et leurs causes fondamentales (root causes) ;

3.4. Durée de l'étude et modalités de mise en œuvre

L'étude sera exécutée en étroite coordination avec la CGP et l'expert de l'assistance technique en gestion des aires protégées. Chaque étape de l'étude devra être planifiée en concertation avec la CGP. Plus en particulier, afin d'assurer la nécessaire cohérence des activités de l'étude, le consultant devra :

- Participer à l'atelier de démarrage de l'étude qui sera tenu auprès de la CGP afin d'établir les détails de mise en œuvre des activités ;
- Communiquer à la CGP les programmes détaillés des visites sur le terrain au moins deux semaines à l'avance ;
- A la fin de chaque visite sur le terrain le consultant devra remettre à la CGP un succinct compte rendu de la visite en indiquant :
 - i. les dates des visites et les activités entamées ;
 - ii. les personnes rencontrées ;
 - iii. signaler les éléments éventuels importants pour une bonne exécution de l'étude (problèmes et/ou empêchements, découvertes importantes qui nécessitent des actions urgentes, etc.). A l'occasion de l'atelier de démarrage un format standard de ces rapports sera transmis au consultant. La durée effective de ce travail est prévue sur une période de 2 mois à étaler sur une période maximale de 12 mois. Afin d'assurer une bonne qualité du travail, le consultant devra passer au moins 75 % de son temps sur le terrain.

3.5. Rapports à remettre

Le consultant devra remettre les rapports décrits dans l'annexe B du présent contrat en trois copies et sur CD –ROM en format MS Office.

En plus des rapports demandés, le consultant devra contribuer (à travers la rédaction de quelques pages sur des thématiques à définir) à la rédaction d'une publication sur les aires protégées qui sera structuré par la CGP du projet en 2004.