

# ASPECTOS HIDROLÓGICOS DE LA DEPRESIÓN DE MARHRAOUA Y SUS MÁRGENES (MEDIO ATLAS SEPTENTRIONAL DE MARRUECOS)\* \*\*

Enrique López Lara, Rafael Baena, Inmaculada Guerrero y Carlos Posada  
*Universidad de Sevilla<sup>1</sup>*

Khalid Obda, Ali Taous y Abdellah Sabaoui  
*Universidad Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fez (Marruecos)<sup>2</sup>*

## RESUMEN

El artículo presenta una aproximación desde la perspectiva hidrológica a la Depresión de Marhraoua y sus márgenes, situada en el Medio Atlas Septentrional, en Marruecos. Ante la carencia de datos hidrométricos y de estudios en detalle, se intenta comprender las especificidades hidrológicas aplicando un enfoque físico, que explora y analiza las interacciones de las condiciones geomorfológicas y climáticas de la cuenca. Las principales características hidrológicas de la depresión de Marhraoua y sus márgenes se analizan mediante las implicaciones geológicas y morfológicas, la configuración de la red hidrográfica y la observación directa de los comportamientos hidrológicos de la mayoría de los afluentes del río Melloulou y sus fuentes de alimentación. El régimen hidrológico de la cuenca es pluvionival. Los afluentes que drenan las altas cumbres de Bou Iblane, de Jbel Hallouf y del Azrou Ouassès tienen un modo de alimentación nival, que se transforma en nivopluvial entre los 2.800 – 2.000 m. y en pluvial en la amplia depresión que cubre una superficie importante de la cuenca. A pesar de la abundancia de tormentas y de las fuertes pendientes, los sectores endorreicos (ej. Tameda) más las infiltraciones en los afloramientos liásicos (que forman los pliegues) y en las depresiones kársticas (poljés y dolinas) reducen relativamente la violencia de las crecidas y amplían los estiajes del Melloulou y de sus principales afluentes. La presión antrópica a lo largo de los valles aluviales y la sucesión de los años secos repercuten severamente en la amplitud de los estiajes.

**Palabras clave:** hidrología, karst, ued Melloulou, Depresión de Marhraoua y sus márgenes, Medio Atlas Septentrional, Marruecos.

## RÉSUMÉ

Cet article est consacré à l'étude hydrologique de la dépression de Marhraoua et ses bordures. Vu le manque de données hydrométriques et leurs incertitudes, nous avons essayé de comprendre les spécificités hydrologiques en s'appuyant sur une approche physique

\* Fecha de recepción: 28 de septiembre de 2007.

Fecha de aceptación y versión final: 30 de noviembre de 2007.

\*\* Trabajo producto de la Cooperación Universitaria con Marruecos, mediante un proyecto de investigación compartido sobre el Medio Atlas Septentrional (Marruecos), financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional, entre la Universidad de Sevilla y la Universidad Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fez. Referencia A/3445/05.BOE, 24 de enero de 2006.

<sup>1</sup> Departamento de Geografía. Universidad de Sevilla. C/Doña María de Padilla, s/n. 41004 SEVILLA (España). E-mail: [elopezl@us.es](mailto:elopezl@us.es)

<sup>2</sup> E-mail: [khalidobda@yahoo.fr](mailto:khalidobda@yahoo.fr)

explorant et analysant les interactions des conditions physiographiques et climatiques du complexe bassin versant. Ainsi les principales caractéristiques hydrologiques de la dépression de Marhraoua et ses bordures sont mises en relief grâce à la compréhension des implications géologiques et morphologiques, de la configuration du réseau hydrographique et de l'observation des comportements hydrologiques de la majorité des affluents de l'oued Melloulou et leurs sources d'alimentation. Le régime hydrologique à l'échelle du bassin versant est pluvionival. Les affluents drainant les hauts sommets de Bou Iblane, des Jbel Hallouf et Azrou Ouassès ont un mode d'alimentation essentiellement nival. Il devient nivopluvial aux environs des altitudes de 2.800 et 2.000 m. et essentiellement pluvial dans la large dépression qui couvre une surface importante de bassin versant. Malgré l'abondance des orages sur les hautes altitudes et les fortes pentes, les secteurs endoréiques (ex. Tameda) et les infiltrations dans les affleurements liasiques (formant les rides) et dans les dépressions karstiques (les poljés et les dolines) atténuent relativement la violence des crues et soutiennent les étiages de Melloulou et ses principaux affluents. La pression anthropique le long des vallées alluviales et la succession des années sèches amplifient la sévérité et la longueur des étiages.

**Mots clef** : hydrologie, karst, ued Melloulou, Dépression de Marhraoua et ses bordures, Moyen Atlas Septentrional, Maroc.

## 1. INTRODUCCIÓN

Marhraoua es una amplia Depresión rodeada por el noroeste y por el sureste de altas montañas, formando un conjunto perteneciente al Medio Atlas Septentrional. Está drenada por el río (ued) Melloulou, principal afluente del río Moulouya. (Figura 1).

La hidrología ocupa un lugar marginal en los estudios de Geografía Física en Marruecos. Los análisis se dedican sobre todo a las secciones accesibles de los ríos equipados con estaciones hidrométricas. Los pequeños afluentes montañosos, que drenan cuencas remotas y cuyo acceso es difícil, no llaman la atención de los investigadores, salvo casos excepcionales. Existe una tesis del conjunto del río Melloulou (MOUHDI, 1993), que se interesó por las características climáticas y por los principales aspectos hidrológicos, basándose en datos extraídos de las estaciones hidrométricas situadas en el llano del Guercif (estaciones Balfrah y Guercif). Sin embargo, el estudio no aborda los factores y los comportamientos hidrológicos de los afluentes del Melloulou procedentes de las altas montañas.

Este artículo presenta los condicionantes geológicos y morfológicos que condicionan la configuración hidrográfica y las principales características hidrológicas de la depresión de Marhraoua y de las vertientes de las altas montañas que la bordean.

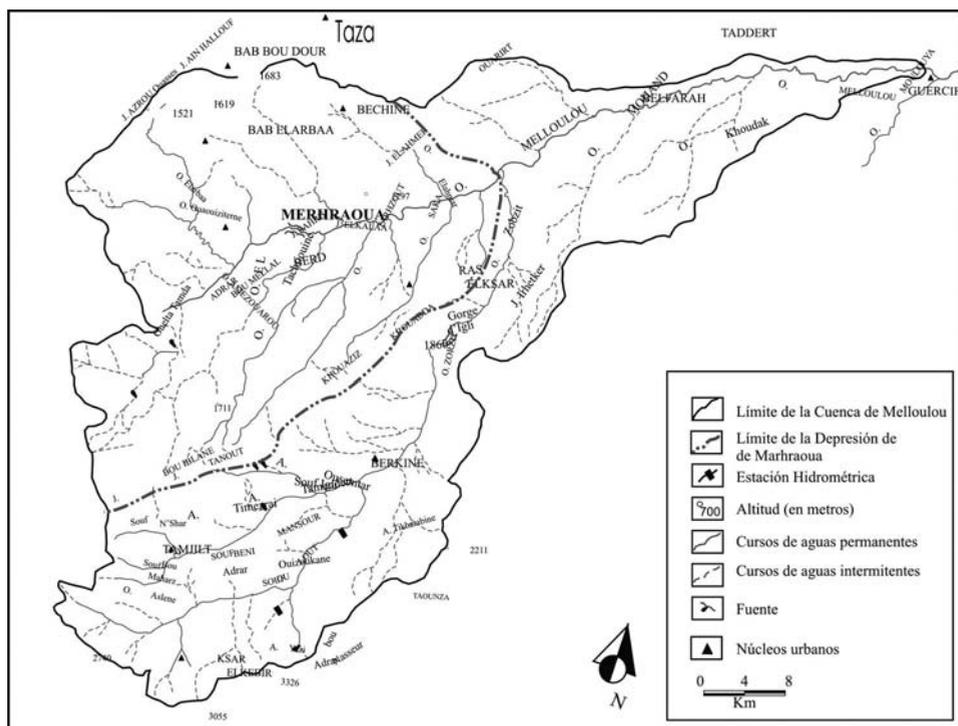


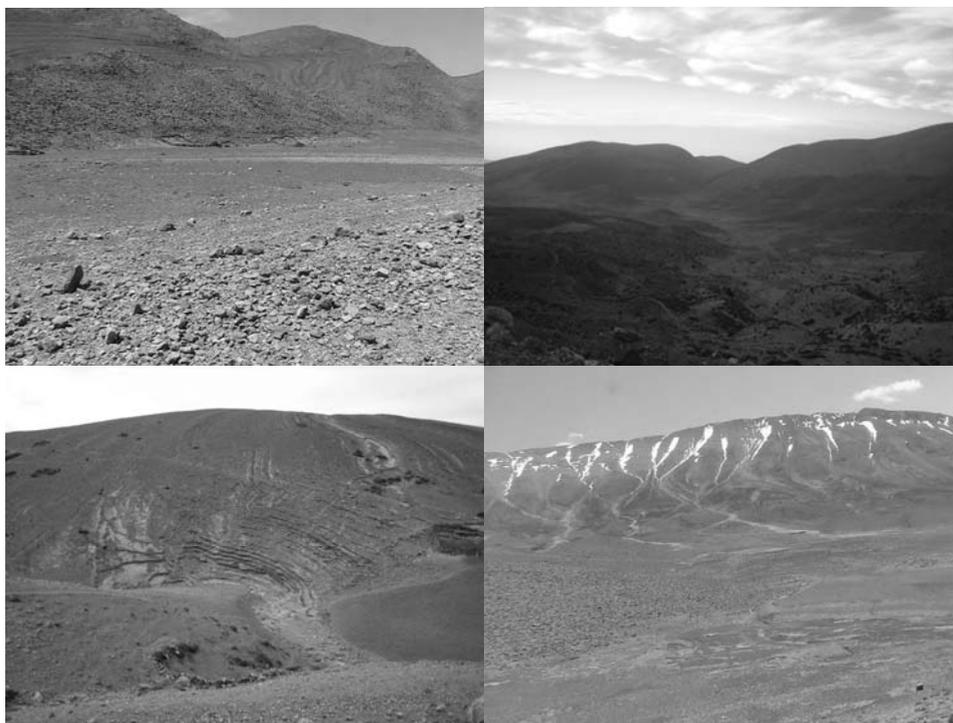
Figura 1. Situación de la depresión de Marhraoua y sus márgenes en la cuenca vertiente del río Melloulou.

## 2. IMPLICACIONES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

La cuenca del Melloulou se sitúa en la parte septentrional del Medio Atlas, extendiéndose sobre siete unidades estructurales que se suceden desde el noroeste hasta el llano del Guercif, al este (Figura 2). Estas unidades estructurales constan de cuatro pliegues anticlinales paralelos orientados suroeste-noreste y tres sinclinales. Los pliegues son estrechos, correspondiéndose con el relieve más elevado de la cuenca. Las principales unidades estructurales de la cuenca del Melloulou son:

1. El primer pliegue anticlinal bordea el Accidente Norte del Medio Atlas, delimita la cuenca al noroeste mediante los picos del Jbel Hallouf y del Jbel Azrou Ouassès. La litología varía, estando constituida principalmente por calizas y dolomías fracturadas y karstificadas. Los afloramientos permo-triásicos aparecen sobre todo en los bordes del accidente.
2. Al este del mencionado primer pliegue anticlinal se abre la extensa zona sinclinal de Marhraoua y Bechine, donde dominan las formaciones margocalizas.
3. El pliegue anticlinal de las montañas Ouarirt, Ahmar, Shrij, Ich Nerkibat y Adrar Bou Mellal, que presenta afloramientos calcáreos y margocalcáreos.

4. Los sinclinales de Tamjout y de Tamtroucht funcionan como redes que vierten aguas en el sinclinal principal de Marhraoua.
5. El pliegue anticlinal de Bou Iblane-Issouka, afectado por varias fallas que constituyen el Accidente Sur del Medio Atlas, formado por el Lías inferior y medio, limita las vertientes drenadas hacia la depresión de Marhraoua, al norte y las depresiones de Berkine y de Tizi Tamalout, al sur. En el flanco septentrional del Jbel Bou Iblane (2.000-3.190 m) la karstificación se ve afectada por fenómenos de gelifracción. Se observan vertientes uniformemente reguladas, con escasos lapiaces. Las calizas masivas del Lías inferior, que nivelan las alturas de la vertiente septentrional del Jbel Bou Iblane, abastecen conos rocosos, incluidos los más antiguos que cortan valles secos. Se encuentran también algunos poljés, que forman cubetas, fondos rellenos de terra-rossa o embudos invadidos por fragmentos rocosos gelifractados. (Fotografías 1, 2, 3 y 4).



Fotografías 1, 2, 3 y 4. Poljés al pie del Bou Iblane correspondientes a cubetas con fondos cubiertos de terra-rossa o a dolinas invadidas por fragmentos rocosos gelifractados.

6. La zona sinclinal de Berkine y de Tizi Tamalout, al sur, se corresponde con las dos últimas depresiones, donde convergen las aguas de las vertientes meridionales de Bou Iblane y las vertientes septentrionales de Bou Nasser, antes de dirigirse al norte, donde está el río Zobsit, uno de los afluentes principales del Melloulou.

7. El pliegue oriental de Bou Nasser, Adrer Siouane y Taouza constituye la línea de división de aguas oriental del Melloulou. Está formado esencialmente por materiales calcáreos en las cumbres y de margo-calizos a pie de las montañas.
8. El llano de Guercif es una cuenca sedimentaria en forma de amplia cubeta, con rellenos del Mioceno, Plioceno y Cuaternario. Su substrato se forma mediante la prolongación de las capas jurásicas del Medio Atlas. Esta parte subsidente representa la principal depresión regional donde todos los caudales superficiales y subterráneos de las unidades topográficas e hidrogeológicas de Bronca (río Msoun), Medio Atlas (afluentes del Moulouya) y mesetas convergen para formar en el llano del Guercif un oasis rico en agua y suelo, dentro de un medio árido – estepario.

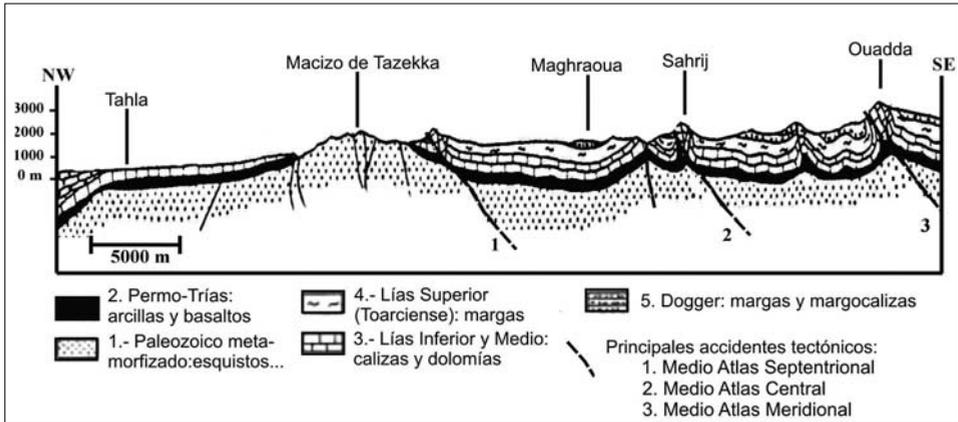


Figura 2. Corte geológico este-oeste del Medio Atlas nororiental (Sabaoui, 1998)

### 3. CONDICIONES BIOCLIMÁTICAS

Las precipitaciones se caracterizan por sus variaciones espacio-temporales. Las primeras se deben fundamentalmente a la altitud y a las leyes de aislamiento y exposición de las vertientes. Las segundas, las variaciones temporales, representan una de las características señeras del clima mediterráneo. La nieve es frecuente sobre las altas cumbres, a partir de 1.200 m., permaneciendo sobre éstas varias semanas. En años normales, el macizo de Bou Iblane conoce fuertes nevadas desde mediados de noviembre a principios de junio. Las precipitaciones se suceden fundamentalmente en invierno y en primavera, siendo los meses menos lluviosos julio y agosto. Las temperaturas son, en general, frías, ya que las medias anuales rondan los 11 - 12°C. Además, descienden por debajo de 0°C durante el período noviembre - marzo. Las temperaturas medias máximas se registran en julio y agosto.

Tabla 1. Régimen mensual de precipitaciones (mm) en el Medio Atlas nororiental (1997).

	Taza	Tahla	Bab Boudir	Bab Larbaa	Maghraoua	Tamtrouchte	Bou Iblane
Enero	178	198	325	152	86	111	69
Febrero	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	22	25	15	36	19	27	20
Abril	79	102	135	141	64	121	121
Mayo	62	70	53	49	30	47	57
Junio	6	17	13	-	3	8	16
Julio	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	8	3	3	19	10	3
Septiembre	94.5	60	88	58	82	79	74
Octubre	15	16	40	46	28	30	23
Noviembre	201.2	36	82	210	95	140	153
Diciembre	153.3	291	276	132	75	116	89
Totales	811	823	1.030	827	501	689	625

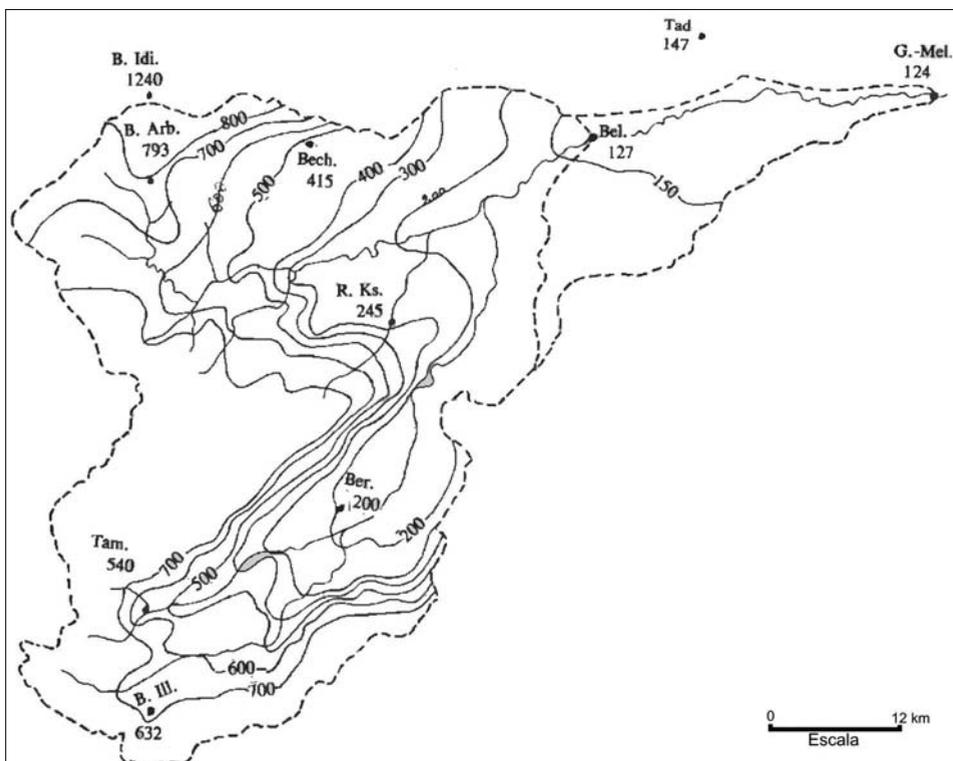


Figura 3. Mapa de isoyetas de la cuenca del Melloulou

Los contrastes climáticos, debidos a la altitud y a la exposición de las vertientes, dan lugar a una vegetación bastante diversa. En general, en las vertientes irrigadas del norte y del oeste, se extienden bosques de robles, pinos de Alepo e incluso cedros. En cambio, al este y al sureste, las vertientes aparecen menos boscosas, con agrupaciones de enebros y tuyas, dándose seguidamente formaciones esteparias de esparto y artemisa. Además en las cumbres de más 2.200 m. de altitud, los bosques se aclaran, dando lugar a vegetación rastrera de montaña. Las altas cumbres montañosas se van tornando prácticamente desérticas, debido al frío y a las heladas nocturnas (Fotografías 5 y 6).



Fotografía 5. En las cumbres, los bosques se aclaran y ceden lugar a vegetación rastrera de montaña alpina.



Fotografía 6. Bosques de robles y cedros.

#### 4. RED HIDROGRÁFICA

El río Melloulou recorre alrededor 100 km. desde su nacimiento, situado en el lago Tamedá, hasta su confluencia con el Moulouya, en Guercif. En el ámbito atlásico plegado, el Melloulou se forma mediante dos ríos principales: el Tmourghoute, que drena la depresión de Marhraoua, y el Zobzit, al sureste, que recoge el agua de los terrenos más elevados de las vertientes meridionales de Bou Iblane y las septentrionales de Bou Nasser. La superficie de la cuenca es de unos 890 km<sup>2</sup>. El Melloulou, antes de su confluencia con el río Zobzit, desarrolla una amplia cuenca, que se extiende desde la montaña Tanout al sur hasta el Jebel Azrou Ouassès y J. Aïn Hallouf al Norte. Se corresponde con la depresión de Marhraoua y de sus márgenes, drenadas por varios ríos que constituyen los principales afluentes del Melloulou. La superficie, antes de la confluencia con el río Zobzit es del orden de unos 1.300 km<sup>2</sup>. La mayor parte de la red hidrográfica converge hacia el eje de la depresión de Merhraoua antes de que esta desarrolle la dirección hacia la cuenca subsidente del Guercif.

La red hidrográfica que converge en la Depresión de Marhraoua nace al pie de las altas montañas, mediante pequeñas fuentes estacionales y permanentes que drenan los macizos calcáreos. La red de fallas y los afloramientos triásicos en los bordes de estos macizos determinan la ubicación de estas fuentes. Los macizos de rocas calizas, el Bou Iblane y el J. Azrou Ouassès, se corresponden con el paso de los accidentes tectónicos (respectivamente,

el Accidente Sur Medio Atlásico y el Accidente Norte Medio Atlásico) que fracturan las rocas (Figura 2).

En estos macizos se encuentran frecuentes poljés y dolinas. La mayoría de las fuentes existentes en las faldas de estos macizos recogen sus aguas en la red endokárstica. Tras los poljés y dolinas, la red hidrográfica forma torrentes que cavan estrechos y profundos lechos aprovechando las debilidades morfoestructurales y litológicas. A veces, cruzan los pliegues anticlinales de la estructura geológica, como las gargantas del ued Melloulou que recorre el pliegue anticlinal del J. Sahrij y del J. El Klaà. La mayoría de los torrentes convergen hacia el eje central de la depresión de Marhraoua, donde el Melloulou recoge sus principales afluentes antes de dirigirse hacia el llano del Guercif.

Los afluentes de la orilla izquierda son el río Amezzouarou y sus dos brazos: el ued Ouaouiziten y el ued Larbaà y sus afluentes. Estos uedes drenan la parte noroccidental de la depresión de Marhraoua y sus márgenes. Tienen sus fuentes en los pies del J. Azrou Ouassès y J. Aïn Hallouf. Las surgencias kársticas (Al Ansar, Admame) drenan hacia la depresión de Marhraoua mediante el ued Larbaà, mientras que la mayoría de las fuentes lo hacen hacia los poljés y las dolinas mediante múltiples ponors kársticos, que a su vez abastecen probablemente la red subterránea del Alto Sebou, a través de los sinclinales de Tazarine y Zloul. (Fotografía 7).



Fotografía 7. Poljé de Admame.

Fotografía 8. Lago Tameda.

Los afluentes de la orilla derecha vienen respresentados por los siguientes ríos:

- Ued Al Arsa-Tmourhout: en la parte anterior del ued Al Arsa, el ued Igfane es endorreico ya que este último desemboca en el lago Tamda. Pero las infiltraciones de este último, a través de la presa natural y de las capas calcáreas fracturadas y karstificadas, abastecen los afluentes del ued Tmourghout. En el tramo previo al Douar Tmourhout, el ued toma el nombre del mencionado douar, después de haber recibido varios afluentes abastecidos por fuentes situadas a los pies de Ich Nerkibat y Adrar Bou Mellal.
- Ued El Bared: drena las vertientes noroccidentales del J. Bou Iblane y del J. Tanout. Toma sus aguas del piedemonte de estas dos últimas cumbres, para después abaste-

cer los poljés y las dolinas, y tras ellos, cava un valle profundo en las formaciones jurásicas, dando lugar a una fuente del mismo nombre.

- Ued Tarhzout: recoge las aguas de las vertientes noroccidentales de Ich Izediane a través de sus afluentes Tichitiouine, Ich Ouàziz y Hamidet. Se incorpora al Melloulou a la entrada en el llano de Guercif. Sus caudales no son permanentes, pudiendo tener violentas crecidas.
- Ued Saka: drena las vertientes noroccidentales de Ich Ouadda, de vertientes menos elevadas, situadas más al este y compuestas por terrenos impermeables (Lías superior y terrenos miocénicos). Hechos que le confieren a este afluente un régimen hidrológico temporal.

## 5. RÉGIMEN HIDROLÓGICO

La Depresión presenta un régimen pluvionival. Las altas montañas de Bou Iblane, que limitan la depresión al este, y los picos del Jbel Hallouf y Azrou Ouassès al oeste, reciben precipitaciones en forma de nieve durante el invierno. La nieve puede llegar a permanecer en las cumbres de Bou Iblane hasta principios de verano. Su lenta fusión y la fuerte permeabilidad de estos terrenos liásicos, agrietados y karstificados, no permiten caudales superficiales relevantes.

Tabla II. Caudales tipos en m<sup>3</sup>/s del Melloulou en Belfrah y en Guercif para el período disponible y los dos años de mayor y menor aporte.

Caudales tipos	Belfrah			Guercif		
	1976/77	1975/76-86/87	1984/85	1962/63	1955/56-85/86	1965/66
Máximo	231	231	33,7	700	700	23,1
DC Crecida	71,2	40,6	15,6	112	53,3	12
DC1 (Mes)	43,5	24	7,8	66,9	30,5	4,5
DC3	18,3	9,3	1,9	32,6	11,1	1,6
<b>Media</b>	<b>15,6</b>	<b>8,3</b>	<b>2,4</b>	<b>25,9</b>	<b>9,6</b>	<b>1,6</b>
<b>DC6 (mediana)</b>	<b>7,7</b>	<b>3,5</b>	<b>1,1</b>	<b>15,6</b>	<b>3,0</b>	<b>0,7</b>
Media/mediana	2,0	2,4	2,2	1,7	3,2	2,3
DC9	4,6	2,0	0,4	5,8	0,7	0,1
DC11	3,0	1,1	0,3	1,2	0	0
DCE (estiaje)	2,5	0,5	0,2	0,7	0	0
Mínimo	1,0	0	0,04	0,5	0	0

Fuente: Mouhdi (1993)

Sobre los 2.800 m. de altitud, en las vertientes de Bou Iblane, se puede hablar de un régimen fundamentalmente nival, que se torna nivopluvial entre los 2.800 y 2.000 m. y pluvionival en la cuenca del Melloulou, ya que la contribución de la lluvia en las depresiones se manifiesta en los caudales del ued Melloulou. Los lagos (ej. Tameda, Fotografía 8), los poljés y las dolinas (abundantes a los pies de los macizos kársticos) reducen o incluso suprimen la violencia de las crecidas de los torrentes que descienden de las altas montañas.

Los caudales medios del Melloulou en la estación hidrométrica de Belfrah (situada en la confluencia de Melloulou y su afluente el ued Zobsit) varían entre los 8,3 m<sup>3</sup>/s en condiciones normales y los 15,6 m<sup>3</sup>/s en años húmedos y sólo unos 2,4 m<sup>3</sup>/s en años secos.

Como consecuencia, los caudales del Melloulou se presentan escasos e irregulares. La mediana es de dos a tres veces inferior a la media, situación hidrológica característica de los uedes mediterráneos carentes de reservas hidrogeológicas (Obda, K. 2004). Estos uedes sólo tienen un período breve de aguas altas, dominando los períodos de aguas bajas. De esta forma, los caudales diarios no sobrepasan los 3,5 m<sup>3</sup>/s durante la mitad del año hidrológico. Los valores centrales (media, mediana y moda) están alejados unos de otros, estando muy influidos por los máximos y los mínimos. El máximo diario alcanzado es de 700 m<sup>3</sup>/s en Guercif y de 231 m<sup>3</sup>/s en Belfrah. El estiaje tipo es de 0,5 m<sup>3</sup>/s en Belfrah e inexistente en Guercif.

Los usos antrópicos del agua para el riego de las terrazas aluviales en temporada seca reducen los caudales y, en consecuencia, empeoran los estiajes del Melloulou. Sólo los afluentes abastecidos por surgencias kársticas siguen teniendo agua de forma constante en el ued El Bared, en el ued Larbaà y en el ued Tmourhout. Las aguas altas en el ued Melloulou se dan en períodos cortos, registrándose particularmente en primavera (abril), donde coincide a menudo la lluvia, la fusión de la nieve y el aumento de los caudales de las fuentes. Las aguas bajas más acusadas, se observan al final del verano, en los meses de agosto y septiembre, cuando las reservas están bajo mínimos.

Pero el comportamiento hidrológico de los afluentes de la cumbre Melloulou es muy diferente de su colector principal ya que las condiciones geológicas, topográficas y biogeográficas son distintas. El ued El Bared por ejemplo, presenta agua regularmente gracias a la fuente del mismo nombre que es abastecida por el deshielo en Bou Iblane. El análisis de las temperaturas de las aguas de la fuente manifiesta la importancia de las reservas creadas por las infiltraciones en los terrenos liásicos, a través de múltiples ponors que se esparcen en los poljés situados a los pies del Bou Iblane. La temperatura media del agua de la fuente es del orden de 10°C. Temperatura fría que refleja el tipo de alimentación (fusión de la nieve) y su medio de montaña. Esta fuente se sitúa a 920 m. de altitud, al sureste del municipio de Maghraoua. Surge del fondo del lecho del ued Marko, en su etapa anterior al ued El Bared que es un afluente perenne del ued Melloulou (Fotografías 9 y 10).



Fotografía 9. Surgencia del río (ued) El Bared.

Fotografía 10. Ued El Bared, a la salida de la surgencia.

El conjunto de las surgencias del ued El Bared puede sobrepasar los 10 m<sup>3</sup>/s en período de aguas altas (de abril a principio de mayo). El 18 de junio de 2004, el caudal era del orden de 7 m<sup>3</sup>/s. La fuente surge de un sistema de grutas y galerías, cavadas en una capa del Lías inferior. Además, a falta de un estudio de detalle, no está suficientemente aclarado el funcionamiento kárstico hidráulico y el origen de la fuente. No obstante, algunos índices (turbiedad, temperatura del agua, tiempo de reacción a las lluvias y fusión de nieves) permiten prever varios modos de alimentación (TENNEVIN, 1978):

- Durante el período de lluvias y fusión nival, la fuente se abastecería en parte por las pérdidas de la cuenca del ued Marko y las infiltraciones de los cercanos macizos calcáreos;
- Igualmente, podría recibir una parte de las aguas procedentes de las pérdidas del lago Tamda;
- En cuanto a la parte fundamental de su alimentación, en especial durante el estiaje, podría deberse a contribuciones de procedencia lejana, en lenta circulación kárstica, probablemente de los acuíferos profundos ubicados en calizas del sinclinal de Tamtrouchte, asimismo abastecidos por las vertientes karstificadas del Jbel Bou Iblane.

De esta forma la diversidad del régimen hidrológico del Melloulou refleja la variedad de condiciones topográficas, geológicas y morfológicas. Las estaciones hidrológicas situadas aguas abajo informan de la situación hidrológica media del conjunto de la cuenca. De tal manera que en la cuenca del Melloulou existen sistemas endorreicos, destacando la superficie de 84 km<sup>2</sup> drenada hacia el lago Tameda y varios poljés kársticos de las altas montañas surcados por ponors.

El lago Tamda ocupa el fondo de valle del ued Igfane. Se trata de un lago natural formado por un gran desprendimiento antiguo que rellena el valle. Este desmoronamiento se originó, según EL FALLAH (1994) por un paroxismo sísmico. Las observaciones sobre el terreno y los trabajos geológicos efectuados por SABAOU (1998) muestran una excavación profunda al pie de la vertiente de Ich Nerkibat y la aparición en el fondo de la presa de rocas de la vertiente, fracturadas y debilitadas por la karstificación. La abundancia de fallas y fracturas se debe al paso del Accidente Central Medio Atlásico.

La superficie del lago varía de una estación a otra y de un año a otro. La longitud máxima puede alcanzar los 6 km. y la anchura media es del orden de 200 m. Por ello, la superficie máxima alcanzada se aproxima a los de 1,2 km<sup>2</sup> y el máximo volumen, durante un año húmedo, puede superar los 2,5 millones de m<sup>3</sup>. La superficie media en temporada de aguas altas asciende a 70 ha. Las medidas tomadas (profundidad y anchura en varias secciones además de la longitud) el 18/05/2007 permitieron evaluar el volumen de agua en 1,7 millón de m<sup>3</sup> y la superficie en 83 ha. El lago se llena durante los meses lluviosos y de fusión nival, generalmente de noviembre a finales de mayo, antes de vaciarse completamente a principios de julio. El drenaje estival se debe a las pérdidas kársticas y a la evaporación. Excepcionalmente, mediante la combinación de años húmedos y abundantes tormentas de verano, el lago permanece con agua durante todo el año.

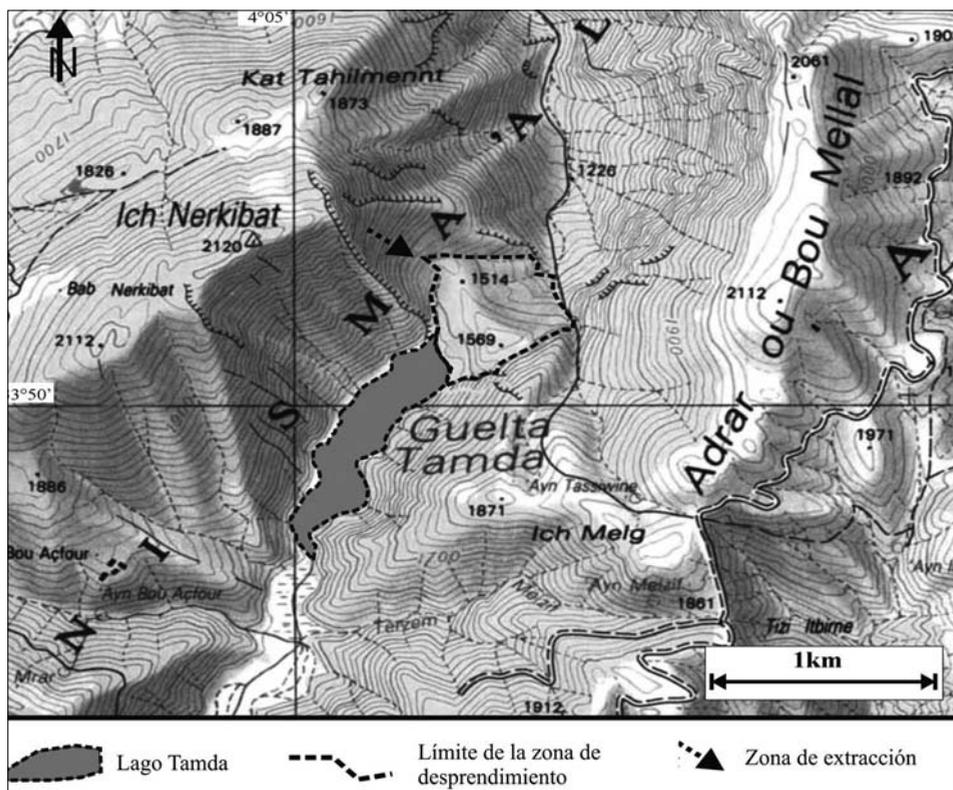


Figura 4. Lago Tamda.

Las pérdidas kársticas del lago, probablemente, alimentan las surgencias kársticas del este, en especial la gran fuente del ued El Bared. La irregularidad del régimen hidrológico, debida al clima mediterráneo, queda acentuada por la contribución de las resevas hidrogeológicas y por la presión antrópica. Las reservas sólo aparecen en las rocas de los estrechos pliegues (citados anteriormente) que delimitan la cuenca y en profundidad en las capas liásicas de la parte inferior confirmados por las gruesas formaciones impermeables que nivelan las amplias depresiones. Las reservas también están alimentadas por poljés y dolinas, mediante ponors y grutas kársticas que conducen las aguas a destinos exteriores a la propia cuenca del Melloulou.

## 6. INFLUENCIAS ANTRÓPICAS

La densidad de la población es muy baja, en particular, en las zonas de mayor altitud, siendo inferior a los 20 habitantes/km<sup>2</sup> a partir de los 2.000 m. Sólo algunos hábitats precarios y provisionales aparecen a lo largo de los poljés y de las dolinas situadas al pie del J. Bou Iblane. Los pastores utilizan este hábitat (en solitario o en familias) sólo durante

las temporadas clementes del verano y la primera mitad del otoño y la segunda mitad de la primavera (Fotografías 11 y 12).



Fotografía 11. Habitats dispersos a lo largo del valle del ued Tmourhout.

Fotografía 12. Habitats precarios al pie del macizo de Bou Iblane.

Estos espacios se corresponden con los prados o pastos de montaña cubiertos de nieve en invierno. Más abajo, las vertientes escarpadas son hostiles para el hábitat, aunque se dan algunas casas dispersas y/o agrupadas a lo largo de los valles y sobre rellanos topográficos. Por el contrario, en las vertientes noroccidentales de Marhraoua la densidad de la población aumenta relativamente en relación a los espacios anteriores.

Los estrechos lechos no ofrecen espacios para la adaptación de terrazas cultivadas, excepto en algunos lugares muy limitados de la depresión central de Marhraoua, donde los afloramientos del pliegue Sahrij-El Klaà han permitido al ued Tmoughout y al ued Amezzaourou ampliar sus cauces principales. Aquí se desarrollan aparecen algunas terrazas aluviales donde se localizan hábitats y la mayor parte de los habitantes se dedican a la ganadería. Recientemente, se ha desarrollado la apicultura, convirtiéndose en una actividad rentable.

La mayor presión antrópica se manifiesta a la salida del ued Melloulou del Medio Atlas septentrional y en su entrada en el extenso llano de Guercif, en donde aprovechan las aguas superficiales del Melloulou, en particular, en temporadas secas. El consumo anual medio, en la estación hidrológica de Belfrah, según datos de la Dirección Regional de la Hidráulica (1985) es de 1.484 l/s. Las extracciones son muy elevadas entre los meses de marzo y junio, desorganizando cada vez más el funcionamiento hidrológico natural y acentuando la irregularidad de los caudales.

## 7. CONCLUSIONES

En comparación con la cuenca del Sebou, los ríos o uedes de la depresión de Marhraoua y sus márgenes están mal dotados de estaciones hidroclimatológicas y, en parte por ello, los estudios que se refieren a temas relacionados con la hidrología son raros.

Las estaciones hidrológicas del ued Melloulou situadas en el llano de Guercif no permiten reflejar la realidad y la diversidad de los hidrosistemas de la depresión de Marhraoua y sus bordes. Estas estaciones reflejan las situaciones hidrológicas medias del conjunto del complejo cuenca del Melloulou.

El enfoque físico, basado en el análisis de las interacciones de las condiciones fisiográficas y climáticas del complejo cuenca vertiente, permite la comprensión de las especificidades hidrológicas y la puesta de manifiesto de la gran diversidad de regímenes y modos de alimentación.

El Melloulou posee un régimen pluvionival, pero sus afluentes montañosos presentan un régimen esencialmente nival. Los uedes que drenan la depresión tienen un régimen puramente pluvial. Las variaciones altitudinales y litológicas confieren a la depresión de Marhraoua y sus márgenes una gran variedad en sus comportamientos hidrológicos. Por ejemplo, existen torrentes que drenan los terrenos impermeables y uedes abastecidos por surgimientos kársticos, como el ued El Bared.

Asimismo, se dan también importantes superficies drenadas por uedes endorreicos, producto de las pérdidas kársticas, como por ejemplo el ued Igfane que surte al lago Tamda. El funcionamiento hidrológico de este sector está notablemente influido por fenómenos kársticos.

Se denota una clara interacción entre la hidrología y la hidrogeología; pérdidas y surgimientos de fuerte caudal se combinan con pequeñas fuentes para proporcionar caudales permanentes a los principales uedes.

La circulación kárstica subterránea, importante y compleja, favorece la aparición de grandes fuentes cuyos caudales se mantienen incluso en períodos de severa sequía. Estas fuentes desempeñan un papel hidrológico importante a escala regional, ya que garantizan la alimentación estival de numerosos cursos de agua que van a la depresión de Marhraoua y a la cuenca subsidente regional del Guercif. Las depresiones funcionan hidrológica e hidrogeológicamente como canales que drenan unos en otros. Los recursos hidráulicos, abundantes y generalmente de buena calidad, presentan gran interés en todo proyecto de desarrollo socioeconómico de las poblaciones locales.

## BIBLIOGRAFÍA

- EL FELLAH, Bouchta (1994). «Guelta Tamda (Moyen Atlas Plissé, Maroc) : un exemple de lac de barrage naturel». *Revue Géographique Marocain*, 16, pp. 115-125.
- MOUHDI, Abdelhamid (1993). *Contribution à l'étude pluvio- hydrologique du bassin versant de l'oued Melloulou (Maroc oriental)*. Thèse de Doctorat, l'Université des Sciences et Technologie de Lille, France.
- OBDA, Khalid (1991) *Etude hydrologique de l'oued Nekor (Rif) : précipitations, écoulement et gestion des ressources en eau*. Thèse de Doctorat, l'Université de Nancy II, France, 343 pp.
- OBDA, Khalid (2004) *Indigences extrêmes des écoulements des oueds méditerranéens : cas des oueds Nekor au Rif et du Haut Sebou au Moyen Atlas*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Maroc 422 pp +15 anexes.

- OBDA, Khalid; LAAOUANE, M.; AMYAY, M. et AKDIM, B. (2000) «La dimension hydrologique de l'anthropisation des espaces fluviaux: cas au Rif, au Saïs et au Moyen Atlas. Connaissance de débit et quantification des ressources en eau». *Revue de Géographie Marocain*.
- OBDA, Khalid; AKDIM B.; LAAOUANE M. et TAOUS A. (2003): «Risques hydrologiques dans la région de Taza (Maroc) Genèse, conséquences et problèmes d'aménagement.» *Géomaghreb*, 1, pp. 47-60.
- SABAOUI, Abdellah (1998) *Rôles des inversions dans l'évolution méso-cénozoïque du Moyen Atlas septentrionale. (Maroc), l'exemple de la transversale: El Menzel-Ribat - Khair- Bou Iblane*. Thèse doctorat d'Etat .Univ Mohamed V, Rabat 432 pp.
- TENNEVIN, Marc (1978) «Paysages karstiques du Moyen Atlas septentrional». *Méditerranée*, 1-2, pp. 23-32.