

III-2-1-2-2/ Indice de pente globale

L'indice (I_g) est le rapport entre la dénivelée (D) qui correspond aux altitudes comprises entre 5% et 95% (déduites d'après la courbe hypsométrique) et la longueur du rectangle équivalent (L) :

$$I_g = \frac{D}{L} = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \dots\dots\dots(28)$$

Avec :

I_g : Indice de pente globale en m/km ;

D : Dénivelée entre $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ en m ;

L : Longueur du rectangle équivalent en km.

Les valeurs de l'indice de pente globale sont représentées dans le tableau n°22. L'indice de pente globale permet de montrer le type de relief selon les classifications de l'O.R.S.T.O.M (Tab.21) pour des bassins versants dont la surface est de l'ordre de 25 km².

Le relief est dit assez fort si l'indice de pente global est compris entre 20 et 50 m/km [BELOULOU, 2011].

◆ **La dénivelée spécifique (D_s)**, exprimée en mètre, donne la possibilité de comparer entre les valeurs des différents bassins. Exprimée en m, elle s'obtient à partir de l'indice de pente global et la superficie [BELOULOU, 2011]. La formule est donnée comme suite [ELMEDDAHI, 2008]:

$$D_s = I_g \times \sqrt{A} = \frac{D}{L} \times \sqrt{A} = D \times \sqrt{\frac{I}{L}} \dots\dots\dots(29)$$

Avec :

I_g : Indice de pente globale en m/km ;

A : Surface totale d'un bassin versant en km² ;

L : Longueur du rectangle équivalent en m ;

I : largeur du rectangle équivalent en m ;

D_s : Dénivelée spécifique en m. ce paramètre intervient dans la classification du relief (Tab.21).

L'indice I_g décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes. La dénivelée spécifique D_s ne présente pas cet inconvénient, elle dérive de la pente globale I_g en la corrigeant de l'effet de surface admis étant inversement proportionnel à racine A [LABORDE, 2000]. Les valeurs de la dénivelée spécifique des bassins versants sont représentées dans le tableau n°22.

Tableau n°21 : Classification du relief (Selon l'ORSTOM-France)

Classe du relief	Type du relief	I _g (m/km)	D _s (m)
R ₁	Très faible	< 2	< 10
R ₂	Faible	2 - 5	10 - 25
R ₃	Assez faible	5 - 10	25 - 50
R ₄	Modéré	10 - 20	50 - 100
R ₅	Assez fort	20 - 50	100 - 250
R ₆	Fort	50 - 100	250 - 500
R ₇	Très fort	> 100	> 500

Source : Beloulou. L

III-2-1-2-3/ Indice de pente de Roche

L'indice de pente de ROCHE (I_p) est calculé par les deux formules suivantes [MANSOURI, 2009] :

- En corrélation avec l'indice de pente globale, on a :

$$I_g = 0,8 \times I_p^2 \Rightarrow I_p = \sqrt{\frac{I_g}{0,8}} \dots\dots\dots(30)$$

Avec : I_p : Indice de pente de Roche en m/km. I_g : Indice de pente globale en m/km.

- C'est la moyenne de la racine carrée des pentes mesurés sur le rectangle équivalent, et pondérée par les surfaces comprises entre deux courbes de niveau H_i et H_{i-1}. Il est donné par la formule [HOUBIB, 2012]. La formule est comme suite :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_i^n \sqrt{a_i \times d_i} \dots\dots\dots(31)$$

Avec : L : Longueur du rectangle équivalent en m ;

d_i : dénivelée entre deux courbes de niveau en m ;

a_i : Surface partielle entre deux courbes de niveau;

I_p : Indice de pente de Roche.

Les valeurs de l'indice de pente de Roche sont représentées dans le tableau n°22.

III-2-1-2-4/ Pente moyenne d'un bassin versant

La pente moyenne du bassin versant (I_m) est donnée par ROCHE (1963) comme étant la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires pour lesquelles on peut considérer que la ligne de plus grande pente est constante. Une valeur approchée de la pente moyenne est alors donnée par la relation suivante [RIAD, 2003] :

$$S = \frac{I \times \sum D_i}{A} \dots\dots\dots(32)$$

Comme $A=I*L$, donc la formule (32) peut être écrite comme suite :

$$I_m = \frac{D}{L} \dots\dots\dots(33)$$

Avec :

D : dénivelée totale du bassin versant en m ;

A : Surface totale d'un bassin versant en km^2 ;

I : largeur du rectangle équivalent en m ;

L : Longueur du rectangle équivalent en m ;

S ou I_m : Pente moyenne d'un bassin versant en %. Les valeurs de la pente moyenne des bassins versants sont représentées dans le tableau n°22.

Nous pouvons constater, d'après le tableau n°22, que la région d'étude est constituée de deux parties ; la partie sud et sud-est est caractérisée par des reliefs à fortes altitudes qui dépassent les 900 mètres. La partie nord et nord-ouest est caractérisée par des reliefs et des dépressions où les altitudes ne dépassent pas les 400 mètres. L'altitude maximale a atteint les 1200 mètres (bassin versant de Bougous) et les altitudes minimales, correspondent à la valeur zéro du niveau de la mer, caractérisent les bassins versant du littoral d'El Kala.

Les indices de pente globale calculés s'insèrent entre 20 et 50 m/km, ce qui représente des reliefs assez forts. Les valeurs de la pente moyenne des bassins versants s'intercalent entre 20 et 80% et sont moyennement fortes ; seulement le bassin versant du lac Oubeïra possède une pente moyennement faible et qui représente 16%.

III-2-1-3/ Caractéristiques hydrographiques

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des canaux de drainage naturels où s'écoulent les eaux provenant du ruissellement ou celles venant des nappes phréatiques, soit sous forme de sources, soit par restitution continue le long du lit du cours d'eau [ANCTIL & al, 2012]. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due aux quatre facteurs principaux : la structure géologique ; le climat qui règne sur la région; la pente des terrains et l'influence de l'action humaine sur le tracé du réseau [BOUGUERRA, 2014]. Certains paramètres hydrographiques sont indispensables à calculer pour servir à décrire le comportement du chevelu hydrographique sur un bassin versant.

III-2-1-3-1/ Description du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique des bassins versants de la région d'étude se décrit comme étant un réseau dense, ramifié et diversifié ; on parle de rivières, de lacs, d'étangs, de marais...

Tableau n°22 : Caractéristiques orographiques des bassins versants répartis dans la région d'étude.

Bassin versant	H ₅ (m)	H ₅₀ (m)	H ₉₅ (m)	H _{moy} (m)	I _g		D _s		I _p	I _m (%)
					Valeur	Relief	Valeur	Relief		
O.Bougous	977,6	464,4	164,8	456,08	26,4	Assez fort	424,3	Fort	5,8	42,2
O.Sebaa	489,6	279	93,4	233,45	53,1	Fort	249,4	Assez fort	8,1	80,4
O.Kebir-amont	753,8	309,6	96,4	315,31	18,4	Modéré	252,2	Fort	4,8	27,9
O.Ballouta	661,6	323,4	96	295,63	24,8	Assez fort	296,7	Fort	5,6	39,4
Lac Mellah	238,2	91,4	31,3	80,37	12,9	Modéré	122,8	Assez fort	4,1	21,8
Lac Oubeira	185,5	88,2	31,1	58,80	8,3	Assez faible	88,5	Modéré	3,2	16,1
Lac Noir	283,8	126,9	42	115,08	39,6	Assez fort	200,6	Assez fort	7,1	57,3
Lac Bourdim	236,6	97	33,5	79,55	22,3	Assez fort	110,7	Assez fort	5,3	38,5
Lac Tonga	425,3	128,9	32,1	141,24	18,9	Modéré	256,1	Fort	4,9	28,9
O.Sidi Salem	508,8	312,5	139,3	290,62	40,4	Assez fort	241,4	Assez fort	7,1	60,1
O.Nahal	209,3	121,2	38,4	96,51	27,1	Assez fort	83,1	Modéré	5,8	39,7
O.Ksob	200,6	108,5	34,6	84,53	27,9	Assez fort	64,6	Modéré	5,9	42,1

Deux figures sont représentées, l'une caractéristique d'un écoulement de surface où un ensemble de ruisseaux s'affluent vers le même cours d'eau principal celui de l'oued El Kebir et l'autre caractéristique d'un écoulement de surface où tous les ruisseaux se dirigent vers un même point d'une fosse formant les lacs.

A/ Bassin versant d'El Kebir- amont

L'oued El Kebir Est- est un cours d'eau qui s'écoule depuis les territoires tunisiennes, traverse plusieurs régions du PNEK et qui s'associe avec oued Bounamoussa pour donner naissance à l'oued Mafragh d'où son nom correspond au bassin versant de la Mafragh. Notre bassin versant ou sous bassin versant correspond à la partie amont de l'oued El Kebir où il s'est nait. Le sens d'écoulement est presque orienté Est / Ouest.

L'oued El Kebir résulte de la confluence entre deux oueds ; oued Leben vers la gauche et oued Mellila vers la droite. Ce dernier est alimenté par oued M'kaoura plus à gauche et oueds Seloul, oued Melah et oued Sabouna plus à droite (Fig.51-3). Il faut noter que plusieurs Chaâbats sont à l'origine de la formation de ces oueds.

B/ Bassin versant de Ballouta

L'oued Ballouta est un affluent de l'oued El Kebir Est, vers le sud, et qui s'écoule depuis la Tunisie en prenant le sens ajusté Sud- Est / Ouest. Oued Ballouta est alimenté principalement par l'oued Mkimene qui est lui aussi alimenté par oued Berbara. Actuellement, oued Ballouta est l'un des deux oueds qui alimente le barrage de Mexa en Algérie et un autre barrage en Tunisie est construit sur l'oued Berbara (Fig.51-4).

C/ Bassins versants de Bougous et de Sebaa

C'est le plus grand bassin versant et possède la plus haute altitude enregistrée dans la région d'El Kala (Dj. Ghorra, 1202m). L'oued Bougous est lui aussi un affluent de l'oued El Kebir Est, vers le sud. Il se forme par la confluence de l'oued Kerrata qui est alimenté par l'oued Bir Djeddi et l'oued Sidi Trad qui se forme par la confluence, depuis la Tunisie au Sud, de l'oued Berla qui est alimenté par l'oued Berka et l'oued Meruiel qui est alimenté par l'oued Messalene. Quelques oueds alimentent oued Bougous ; on a oued Ras Oum Ali, oued Bellota et oued es Senid.

Le sens d'écoulement de cet oued est plutôt Sud - Est / Nord-Ouest. A présent, oued Bougous est le deuxième oued qui alimente le barrage de Mexa alors qu'un autre barrage plus en haut, celui du barrage de Bougous, est construit sur cette oued (Fig.51-1).

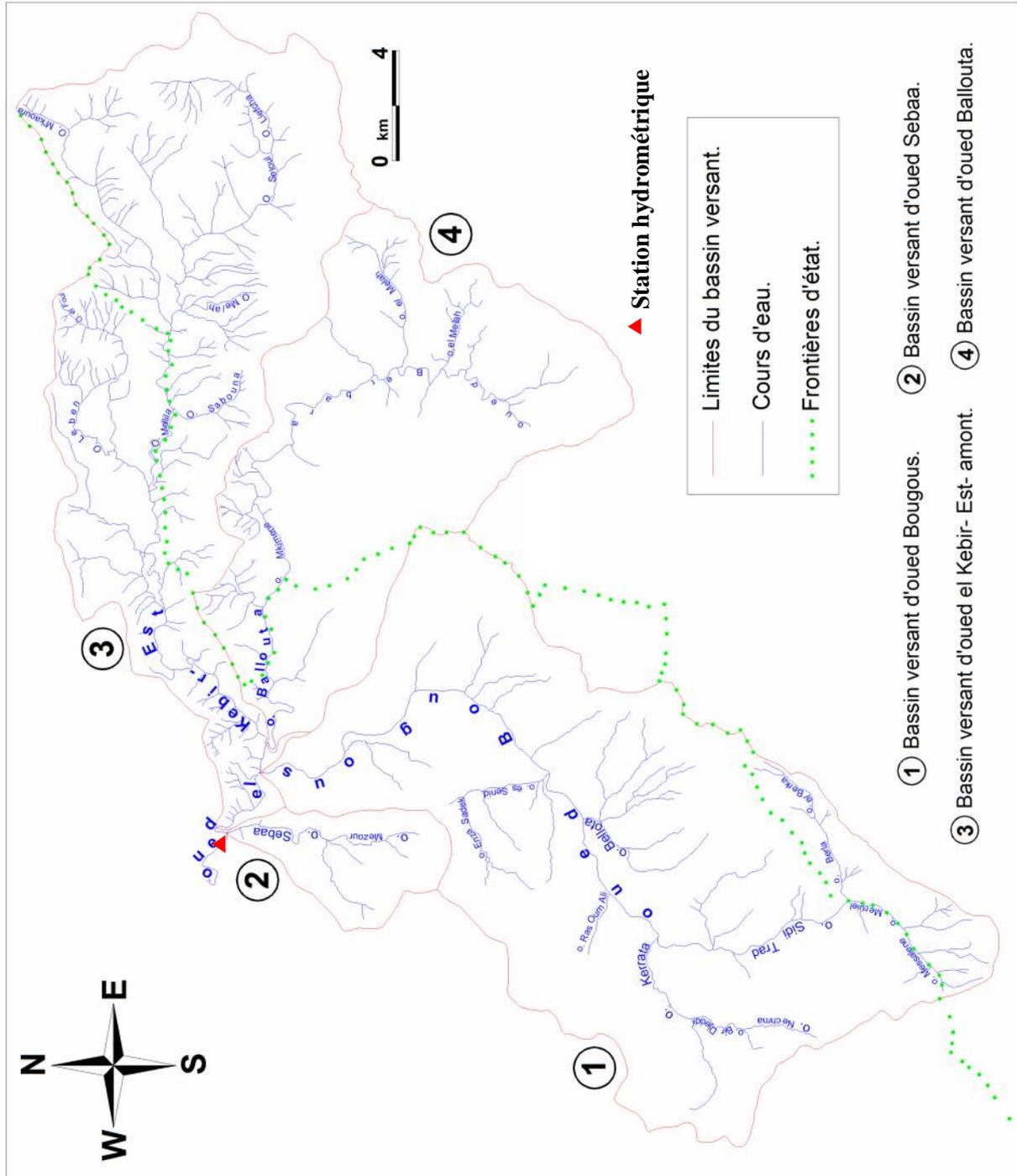


Figure n°51 : Réseau hydrographique des bassins versants répartis dans la région d'étude (1).

Le bassin versant de l'oued Sebaa est positionné au voisinage du bassin versant de l'oued Bougous vers la gauche. L'oued Sebaa est un petit affluent de l'oued El Kebir Est, vers le sud, et il est alimenté par l'oued Mezour. Le sens d'écoulement est normalement Sud / Nord (Fig.51-2).

D/ Bassins versants du Mellah et d'Oubeïra

Deux bassins versants qui possèdent aussi des retenues naturelles ; nous citons le lac Mellah, Oubeïra, Garaet el Oueze et le lac Bleu. On parle de dépressions parfois fermées (endoréiques), comme pour le cas du lac Oubeïra, où tous les écoulements de surface s'achèvent vers le même endroit. Généralement, ce sont les chaâbets qui alimentent le lac et nous pouvons citer deux importants oueds comme pour l'oued Bou Hachicha, et l'oued Degrah qui est alimenté par l'oued Dar Djab Allah (Fig.52-6).

Le lac Mellah correspond à une dépression ouverte (exoréique) vers la mer Méditerranée et qui se forme par l'accumulation des eaux des oueds provenant des hauteurs de Djebel Koursi es Sghir. On a l'oued el Aroug qui s'écoule de puis le sud du lac, l'oued Mélah, et l'oued er Rekibet qui est alimenté par oued el Kleb et oued ben Zeze. Le lac Bleu, à droite du lac Mellah, représente une très petite dépression fermée alimentée par les eaux atmosphériques et la nappe d'eau souterraine (Fig.52-5).

E/ Bassins versants de Bou Redim et du lac Noir

Deux bassins versants qui renferment deux retenues naturelles ; on parle du lac ou marais de Bou Redim et le lac Noir. L'hydrographie de ces deux bassins versants correspond à des Chaâbets qui s'écoulent à de faibles pentes et prennent un sens d'écoulement Nord - Est / Sud-Ouest. L'oued Bou Redim est un affluent de l'oued El Kebir Est, vers le nord, où on identifie une zone humide d'importance internationale appelée : le marais de Bou Redim (Fig.52-8). Le lac noir, lui aussi représente une zone humide protégée par l'état algérienne, se situe en amont de l'oued el Baim qui est lui aussi un affluent de l'oued El Kebir Est, vers le nord, et qui se forme par la confluence de Chaâbet Mabdoua à gauche et Chaâbets de Feid el R'armouk à droite (Fig.52-7).

F/ Bassins versants du Tonga et de Sidi Salem

Le bassin versant du lac Tonga possède une retenue naturelle qui est le lac ou l'étang Tonga (ou Garaet Mta el Hout) et qui est caractérisé par sa diversité faunique et floristique

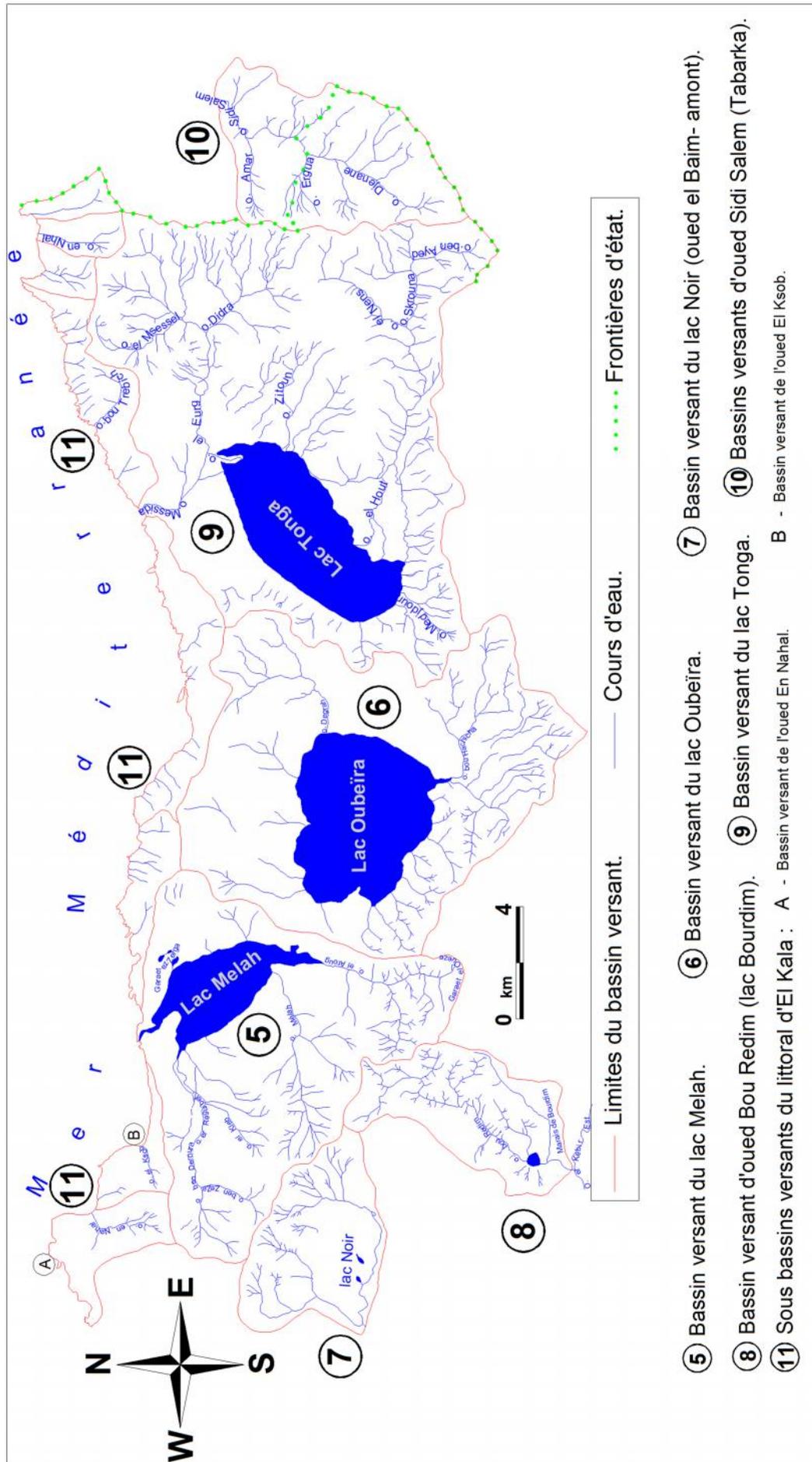


Figure n°52 : Réseau hydrographique des bassins versants répartis dans la région d'étude (2).

rarissime. Le lac correspond à une dépression ouverte vers la mer Méditerranée par l'oued Messida. Les eaux qui s'écoulent des Chaâbets, dans les hauteurs du bassin versant, se joignent pour former des cours d'eau qui se déversent dans le lac ; nous citons, plus au Sud, oued Medjdour, oued el Hout qui provient de la confluence de l'oued el Nens et l'oued Skrouna. Vers l'est et le nord, on a l'oued Zitoun et oued el Eurg qui se forme par la conjonction de l'oued Didra et oued el Msessel (Fig.52-9).

Le bassin versant de l'oued Sidi Salem est le seul bassin versant où ses eaux s'écoulent depuis les territoires algériens vers la Tunisie. L'oued Sidi Salem résulte de la conjonction des oueds Djenane, Eurga et Amar. Il forme, avec oued Kireluara, l'oued Zerga qui est l'un des affluents de l'oued El Kébir qui se verse dans la mer Méditerranée à l'est de Tabarka. Le sens d'écoulement de cet oued est normalement Sud - Ouest / Nord-Est (Fig.52-10).

G/ Bassins versants du littoral d'El Kala

Le littoral du parc national d'El Kala s'étend sur environ 45 km de largeur. Il représente un ensemble de micros bassins versants et qui possèdent un réseau hydrographique moins dense et moins ramifié. Nous pouvons citer par exemple ; les micros bassins versants de l'oued en Nahal (cap Rosa) (Fig.52-11-A), de l'oued el Ksob (Fig.52-11-B), de l'oued Bou Trebiche et de l'oued en Nhal (cap Segleb).

III-2-1-3-2/ Classification des réseaux hydrographiques

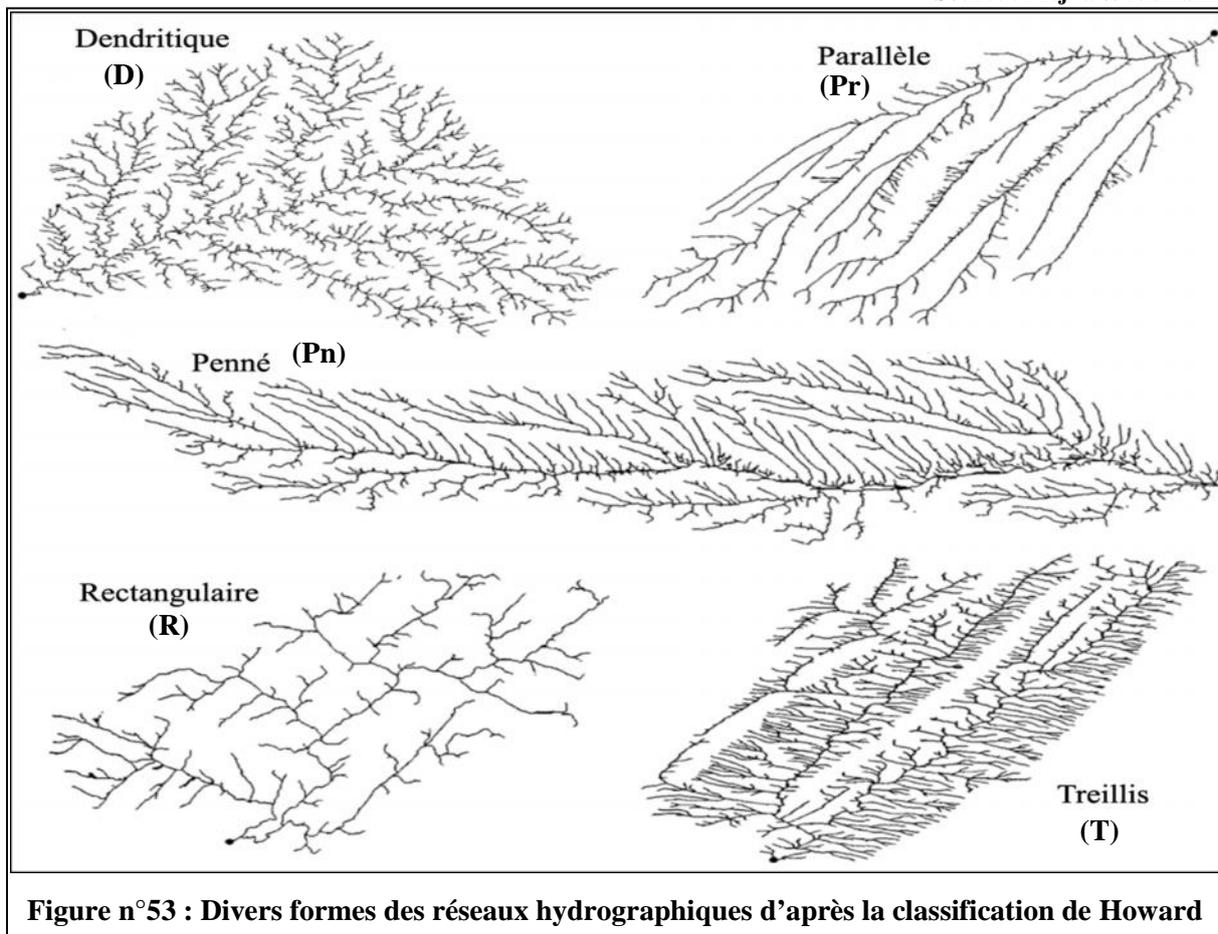
Quand on parle de la classification d'un réseau hydrographique, d'une part, on se concentre sur sa structuration et la conjonction de ses ramifications et ses chenaux ; la classification de Howard (1967) est la plus correspondante. D'autre part, l'intensité et l'agencement selon un ordre d'importance où des biefs se joignent pour donner un autre plus grand ; le choix de la classification de Strahler (1957) est le plus distinctif.

A/ Classification selon la forme

Howard (1967) évolue le système hydrographique suivant des classifications figuratives. Les modèles d'agrégation, qui recueillent l'eau provenant de nombreuses sources et de le transporter vers une seule sortie, sont répartis suivant les classifications dendritiques, parallèles, pennées, rectangulaires et treillis (Fig.53). Le réseau dendritique est arborescent avec une ramification équilibrée entre les canaux de différentes tailles, des cours d'eau peu irrégulière, les filières orientées dans plusieurs directions, et les affluents qui combinent à un angle aigu. Le réseau parallèle possède des cours d'eau qui ont tendance à être très droites et

parallèles, et les affluents qui s'arrangent à des angles tendus. Le réseau penné apparaît comme plume avec un canal majeur qui a la tendance à être très simple et orienté dans une seule direction et de nombreux petits affluents rejoignent le cours d'eau à des angles régulières. Dans le réseau rectangulaire, la sinuosité du cours d'eau est introduite par un grand nombre de virages et les affluents qui se confondent parfois à des angles bien droits. Enfin, le réseau en treillis apparaît treillis parce que les petits ruisseaux ont la tendance à être nombreux et courte en comparaison avec les grandes rivières. La sinuosité du cours d'eau est faible. Ces classifications sont également supposées être liées à des conditions dans lesquelles les réseaux sont formés. Les réseaux dendritiques produisent généralement dans les régions avec peu d'activité tectonique, dans des régions à pentes douces et une lithologie relativement uniforme. Les réseaux parallèles se produisent généralement dans les endroits avec des pentes modérées à raides ou lorsque les reliefs sont de formes allongés [MEJI'A & NIEMANN, 2008].

Source : Meji'a & Niemann



La classification des réseaux hydrographiques des bassins versants répartis dans la zone d'étude, d'après Howard, est mentionnée dans le tableau n°24.

B/ Classification selon la grandeur

Un bassin versant est dit d'ordre n , signifie que son grand cours d'eau principal est chiffré par un nombre n qui est obtenu suivant une notation ordonnée ; on parle de l'ordre d'un cours d'eau.

Il existe plusieurs types de classification. Celle de Strahler est parmi les plus répandues : tout cours d'eau sans affluent est d'ordre 1, alors que tous les tronçons de rivière formés par la réunion de deux cours d'eau d'ordre x sont d'ordre $x+1$ (Fig.54). Cette règle n'identifie pas de cours d'eau principal [ANCTIL & al, 2012].

La classification des réseaux hydrographiques des bassins versants répartis dans la région d'étude, d'après Strahler, est indiquée dans le tableau n°24 (Voir Tab.23).

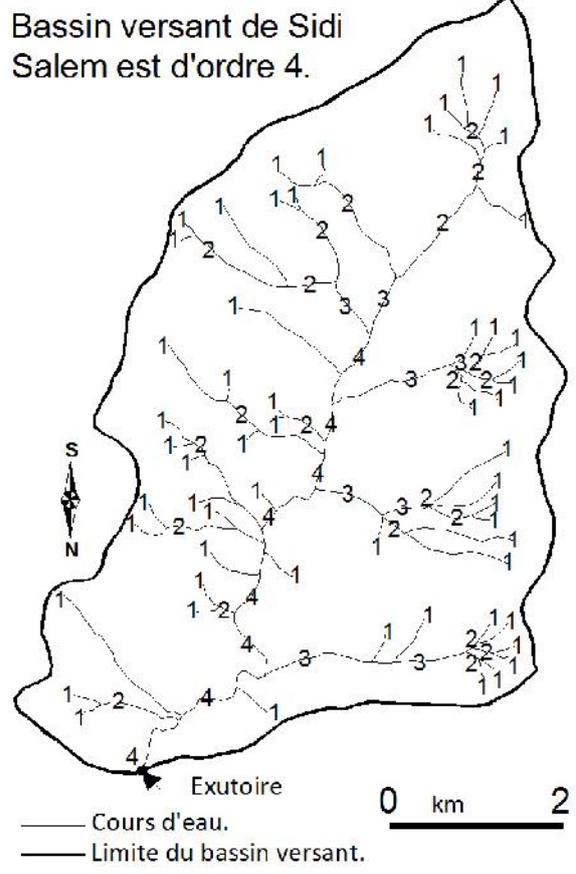


Figure n°54: Ordre d'un bassin hydrographique d'après la classification de Strahler (1957).

III-2-1-3-3/ Densité de drainage

La densité de drainage est définie comme le rapport de la longueur totale des cours d'eau, de tout ordre, à la surface du bassin [ELMEDDAHI, 2008]:

$$D_d = \frac{\sum l_i}{A} \dots\dots\dots(34)$$

Avec : D_d : Densité de drainage en km/km^2 ou km^{-1} ;

l_i : Longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en km ;

A : Superficie du bassin en km^2 .

La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatiques et anthropiques. En effet, les secteurs situés en zones de roches perméables ont en général des densités de drainage faibles, alors que les secteurs de roches imperméables ont des densités plus élevées. Les conditions climatiques jouent également un rôle important : les climats ayant des précipitations réparties également tout au long de l'année auront des densités de

drainage plus faibles que les régions à climat très contrasté comme les zones semi-arides. Les activités humaines ont parfois un rôle important sur l'évolution hydrologique. Cette influence peut avoir un effet régulateur mais aussi un effet accélérateur du ravinement [RIAD, 2003]. Les résultats de calculs des densités de drainage sont reportés dans le tableau n°24.

Les tableaux ci- dessous (Tab.23) correspondent aux longueurs des cours d'eau (l) par ordre de classe (i) selon Strahler et en déduisant, donc, la longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin (l_i).

Tableau n°23 : Longueurs cumulées des thalwegs des bassins versants (en kilomètre).

Ordre du cours d'eau	1	2	3	4	5	Total
Bassin versant : de l'oued El Kebir- amont	87,37	27,07	34,46	15,38	17,43	181,71
Bassin versant : du lac Tonga	72,14	23,19	12,71	9,1	7,04	124,18
Bassin versant : du lac Noir (Baïm)	13,47	7,37	5,89	5,47	0,42	32,62
Bassin versant : de l'oued Bougous	84,59	32,67	5,83	28,33	-	151,42
Bassin versant : de l'oued Ballouta	25,84	11,69	7,38	21,54	-	66,45
Bassin versant : de l'oued Sidi Salem	13,23	9,45	4,12	6,52	-	33,32
Bassin versant : du lac mellah	26,32	20,42	9,68	6,32	-	62,74
Bassin versant : du lac Oubeïra	28,42	18,11	7,79	3,16	-	57,48
Bassin versant : de l'oued Bou Redim	10,95	9,47	4,63	2,53	-	27,58
Bassin versant : de l'oued Sebaa	3,83	5,83	5	-	-	14,66
Bassin versant : du littoral d'El Kala	22,68	13,23	1,47	-	-	37,38
Bassin versant : de l'oued en Nahal	2,63	1,89	1,47	-	-	5,99
Bassin versant : de l'oued El Ksob	1,47	1,68	-	-	-	3,15

III-2-1-3-4/ Coefficient de torrentialité

Le coefficient de torrentialité tient compte de la densité de drainage et de la densité du thalweg élémentaire d'ordre 1. Il est égal au produit de ces derniers [HOUBIB. H, 2012]. Il se calcule à partir de la formule [DJEMAI. M, 1985]:

$$C_T = D_d \times F_1 \dots\dots\dots(35)$$

Avec :

$$F_1 = N_1/A \dots\dots\dots(36)$$

Où : F_1 : Fréquence des thalwegs d'ordre 1 ;

N_1 : Nombre de thalweg d'ordre 1 ;

A : Superficie du bassin versant en km^2 ;

D_d : Densité de drainage en km/km^2 ;

C_T : Coefficient de torrentialité. Les résultats de calculs des coefficients de torrentialités sont reportés dans le tableau n°24.

III-2-1-3-5/ Temps de concentration

C'est le temps que parcourent les particules d'eau ruisselées au point le plus loin pour arriver à son exutoire. Quand le temps de concentration est important, on a la possibilité d'une crue extrême du cours d'eau. On va utiliser la formule de GIANDOTTI pour déterminer ce paramètre [GAAGAI, 2008] :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A}+1,5L_p}{0,8\sqrt{H_{moy}-H_{min}}} \dots\dots\dots(37)$$

Avec :

A : superficie du bassin versant en km² ;

L_p : Longueur du thalweg principal en km ;

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant en m ;

H_{min} : Altitude minimale du bassin versant en m ;

T_c : Temps de concentration en heure. Les résultats de calculs des coefficients de torrentialités sont reportés dans le tableau n°24. Par exemple, dans le bassin versant du lac Tonga, le temps de concentration pour ces deux oueds (El Eurg et El Hout) sont respectivement 4,64 et 4,73 heures. On parle de de 4 heures, 38 minutes et 14 secondes pour l'oued El Eurg et 4 heures, 43minutes et 51 secondes pour El Hout.

III-2-1-3-6/ Vitesse d'écoulement de l'eau

Elle est donnée par l'expression suivante [MANSOURI, 2009] :

$$V = \frac{L_p}{T_c} \dots\dots\dots(38)$$

Avec :

L_p : Longueur du thalweg principal en m ;

T_c : Temps de concentration en sec ;

V : Vitesse d'écoulement de l'eau en m/sec. Les résultats de calculs des coefficients de torrentialités sont reportés dans le tableau n°24.

D'après le tableau n°24, le réseau hydrographique est majoritairement dendritique et la plupart des bassins versants, répartis dans la région d'étude, sont d'ordre 4. La densité de drainage calculée indique des valeurs faibles (< à 1,5 km⁻¹) où dominent un climat humide et des sols moyennement perméables favorisant donc une forte érosion fluviales.

Le temps de concentration calculé est court (T_c < à 8,5 h) et la vitesse d'écoulement des eaux de surface correspond à des faibles valeurs (V < 1,4 m/sec), ce qui crée un écoulement à faible débit et ne favorise pas des crues extrêmes des cours d'eau.

Tableau n°24 : Caractéristiques hydrographiques des bassins versants répartis dans la région d'étude.

Bassin versant	Principal Cours d'eau	Classification du réseau hydrographique		N _i	D _d (km ⁻¹)	C _T	L _p (km)	T _c (h)	V (m/sec)	
		Howard	Strahler							
O. El Kebir-amont	Oued El Kebir –Est (amont)	Treillis - Dendritique	Ordre 5	211	0,97	1,08	36,51	8,23	1,23	
Lac Tonga	Oued El Eurg	Dendritique	Ordre 5	246	0,68	0,92	11,51	4,64	0,69	
	Oued El Hout	Rectangulaire - Treillis	Ordre 4				14,08	4,73	0,83	
Lac Noir (Baïm)	Oued Baïm (amont)	Dendritique	Ordre 5	61	1,27	3,01	08,84	5,12	0,48	
O. Bougous	Oued Bougous	Rectangulaire	Ordre 4	56	0,59	0,13	35,83	7,33	1,36	
O. Sidi Salem	Oued Sidi Salem	Dendritique	Ordre 4	57	0,93	1,49	10,13	3,34	0,84	
O. Ballouta	Oued Ballouta	Rectangulaire	Ordre 4	62	0,46	0,20	28,30	7,21	1,09	
Lac mellah	Oued El Aroug	Dendritique	Ordre 4	134	0,69	1,03	06,74	3,80	0,49	
	Oued Mélah	Dendritique	Ordre 4				07,37	3,97	0,52	
	Oued er Reguibet	Parallèle	Ordre 4				08,63	5,08	0,47	
Lac Oubeïra	Oued Bou Hachicha	Dendritique	Ordre 4	137	0,50	0,60	06,53	7,10	0,26	
	Oued Degrah	Rectangulaire	Ordre 3				06,11	5,77	0,29	
O. Bou Redim	Oued Bou Redim	Treillis	Ordre 4	100	1,12	4,58	10,53	5,54	0,53	
O. Sebaa	Oued Sebaa	Parallèle	Ordre 3	7	0,66	0,21	08,67	2,84	0,85	
Littoral d'El Kala	Oued en Nahal	Treillis	Ordre 3	71	0,7	0,8	0,75	03,16	2,16	0,41
	Oued El Ksob	Treillis	Ordre 2				03	0,59	0,33	02,11

III-2-2/ Mobilisation des eaux de surface

Il est nécessaire de gérer et de contrôler ces quantités d'eaux superficielles vulnérables d'une manière plus rationnelle et intégrale afin de satisfaire l'accroissement des besoins en eau actuels et futurs et de mieux garder l'équilibre avec l'écosystème aquatique ; on parle d'une gestion intégrée pour un développement durable. La région d'El Kala est caractérisée par son abondance en eaux superficielles, ce qui pousse les autorités concernées à implanter plusieurs types d'ouvrages de mobilisation des eaux de surface ; deux barrages (Mexa et Bougous) et peu de retenues collinaires sont édifiés dans la région :

✚ Le barrage de Mexa (ou Mexanna) est le premier barrage construit dans le parc d'El Kala entre 1994 et 1999 et il est alimenté par l'oued Bougous, l'oued El Kebir- Est et l'oued Ballouta. Il se situe à une altitude de 45 mètres ; c'est un barrage en terre.

Mexa (Pht.17) est destiné à l'alimentation en eau potable pour les wilayas d'El Tarf et d'Annaba. Sa capacité totale est estimée à 47 Hm³/an alors que sa capacité utile (dernier levé en 2004) est de 30,27 Hm³/an. Sa longueur est de 402 mètres environ (Source ANBT).

Photo personnelle prise en 2013



Photo n°17 : Barrage de Mexa.

✚ Le barrage de Bougous (Pht.18) est situé en amont du Mexa et il est réalisé sur l'oued Bougous entre 2005 et 2010. Sa capacité totale est évaluée à 65 Hm³/an. Ce barrage se localise à une altitude de 80 mètres ; c'est un barrage en terre.

La réserve d'eau de ce barrage est destinée aux besoins en eau potable et industrielle de la wilaya et à la compensation partielle du volume d'eau suite au réaménagement du barrage de Mexa (Source ANBT).

Concernant les retenues collinaires, la wilaya d'El Tarf compte plusieurs retenues collinaires. Une retenue collinaire existait dans la région d'El Kala à Mechtat Garouni d'une capacité de $0,04 \text{ Hm}^3$ [BAHROUN, 2006]. Une autre retenue collinaire sur l'Oued Sebaa, dans la région de Bougous, d'une capacité d'environ $0,08 \text{ Hm}^3$ (Pht.19). Elles sont utilisées pour l'irrigation et l'abreuvement du cheptel.

Photos personnelles prises en 2013



Photo n°18 : Barrage de Bougous.



Photo n°19 : Retenue collinaire sur l'oued Sebaa.

III-2-3/ Hydrométrie

Afin d'étudier la relation de la transformation des pluies en débits ruisselés, la station hydrométrique d'Aïn El Assel a été installée sur l'oued El Kebir- Est. Cette station est équipée d'un canal collecteur en béton calibré d'une échelle limnigraphique de neuf mètres permettant de déterminer les hauteurs d'eau (Pht.20).

Le point de jaugeage correspond à un écoulement résultant de l'accumulation des eaux ruisselées de l'oued Bougous, de l'oued Ballouta, de l'oued Sebaa et les affluents de l'oued El Kebir en amont (Fig.51).

III-2-3-1/ Variation des débits en fonction des pluies

Un suivi effectué durant l'année 1996/1997 (avant la construction des deux barrages) a permis de déduire une forte dépendance entre les pluies atmosphériques et les débits de l'oued El Kébir- Est (Tab.25) (Fig.55).

Photos personnelles prises en 2013

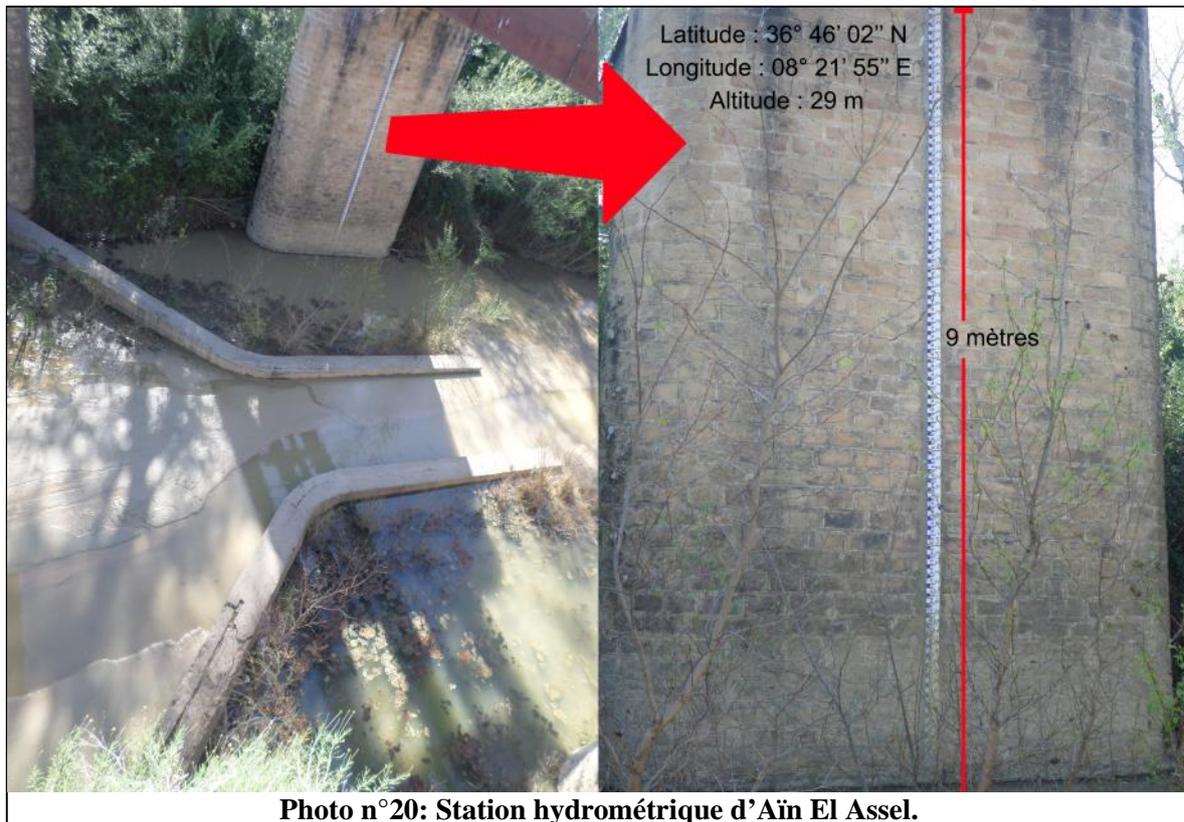


Photo n°20: Station hydrométrique d'Aïn El Assel.

Tableau n°25 : Pluies et débits enregistrés dans la station d'Aïn El Assel (année 1996/97).

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jut	Aou
Pluies (mm)	13,1	51,5	60,4	55	115,6	68,2	15	41	06	12,8	00	00
Débit (m3/sec)	00	0,01	0,02	0,02	0,81	13,02	0,76	0,83	1,26	0,06	0,04	0,02

Source : ANRH Constantine

La distribution des débits est variable sur toute l'année. Au cours des mois pluvieux (saison humide) où les fortes pluies tombées sont enregistrées dans les mois de janvier et de février, la réponse est aperçue avec un débit qui atteint son maximum durant le mois de février. Dans les mois moins pluvieux (saison sèche) où les faibles pluies tombées sont observées surtout dans les mois de mai, de juin et septembre, la réponse est quasiment nulle et le débit de l'oued est très faible.

La courbe des débits de l'oued El Kébir-Est se croît au fur et à mesure que les quantités de pluies commencent à tomber. La réponse de l'oued est probablement liée à la saturation du sous-sol, la topographie et le couvert végétal. Au début du mois de septembre, le débit est nul (si on ne parle pas d'erreurs de prélèvement) et les pluies sont enregistrées à des faibles quantités. Après, les pluies tombées augmentent dans les mois d'octobre, novembre et décembre où les débits apparaissent en faibles quantités (recharge de la nappe) et augmentent

quand les pluies atteignent le maximum. Cette courbe s'abaisse considérablement et les apports sont presque inestimables pendant les mois de juin, juillet et août où les pluies s'abaissent aussi.

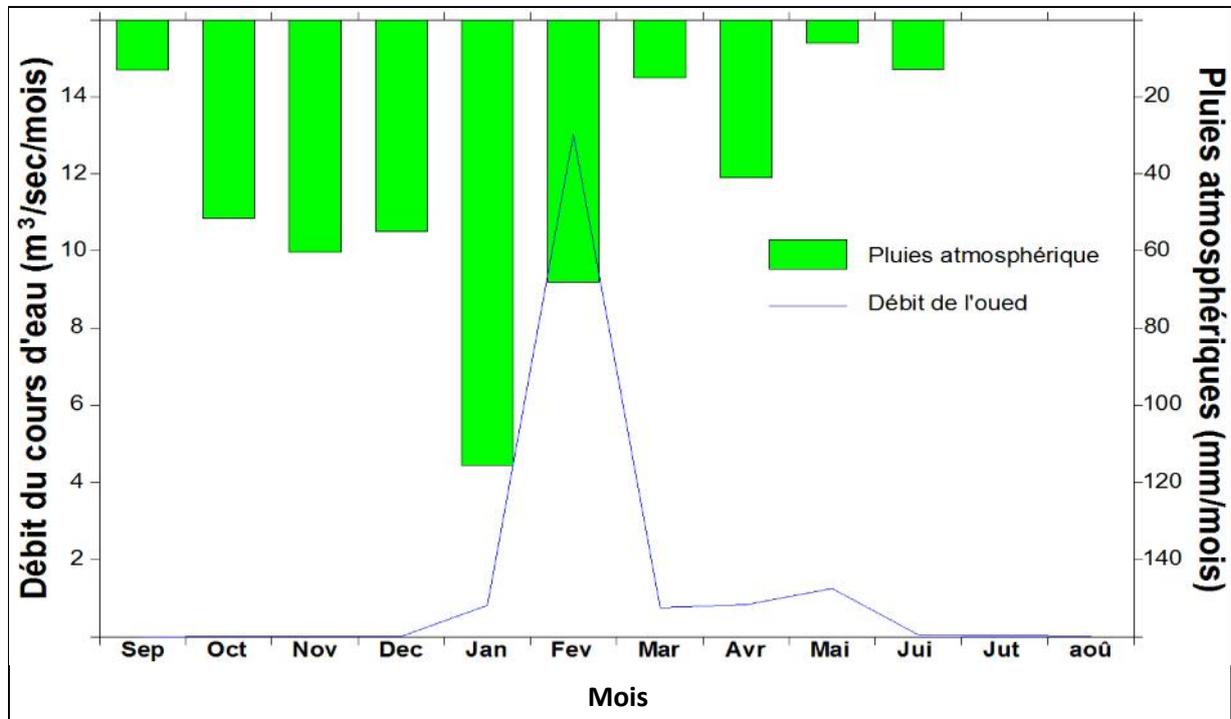


Figure n°55: Relation pluies/ débit (année 1996/97).

III-2-3-2/ Inondations du 2012

Les inondations qui ont touché la wilaya d'El Tarf (Pht.21) les 22 et 23 février 2012 ont fait, selon la presse algérienne, trois morts, près de 7000 sinistrés et des dégâts estimés à deux milliards de dinars algériens. Le secteur agricole est le plus affecté par les inondations avec l'endommagement de 24 000 hectares (soit 550 millions de dinars). Le secteur de l'hydraulique est aussi touché par cette catastrophe naturelle avec des pertes de 467,5 millions de dinars algériens ; le dommage des équipements électriques et hydrauliques des stations et forages, des stations liées à ce secteur. Les forêts ont aussi subi des dégâts sérieux avec la détérioration de 210 km de pistes forestières, le tout est estimé à 404 millions de dinars.

Du point de vue climatique, d'importantes quantités d'eau de pluies sont tombées au cours des quatre mois qui précèdent le mois de février (Fig.56). Plus de 100 mm sont tombées durant le mois d'octobre et continues à s'accroître jusqu'à atteindre les 300 mm au mois de février. On parle d'une saturation du sol et qui a permis à des quantités importantes d'eau de s'écouler en surface vers les dépressions et les deux oueds (El Kebir-Est et Bounamoussa) qui forment le bassin de la Mafragh. Les eaux de surface s'accumulent en masse et causent des

Source : Canal Algérie TV



inondations dans plusieurs endroits en coupant ainsi les routes principales dans la wilaya d'El Tarf. Les trois barrages, surtout les deux barrages de Mexa et de Bougous, ont connu un débordement énorme poussant les dirigeants des barrages à lâcher un volume important de ces eaux.

Source : ANRH Constantine

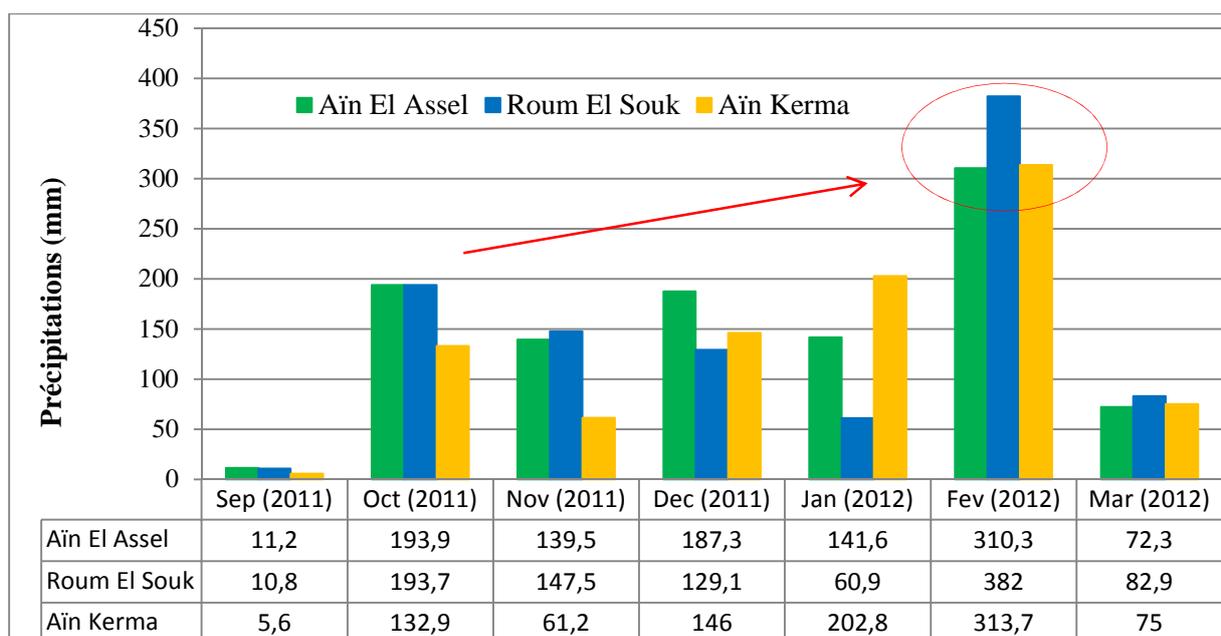


Figure n°56: Fortes pluies enregistrées dans les stations pluviométriques (W. El Tarf).

Le traitement des images satellitaires réalisées par l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) a permis une délimitation cartographique précise des terres touchées par les inondations. L'imagerie satellitaire d'une très haute résolution émise par Alsat 2A (Fig.57) indique l'étendue du sinistre. Nous pouvons distinguer l'extension des eaux des lacs de Tonga et d'Oubeïra, terres inondées au voisinage de Berrihane, de Sebaa et d'El Chatt jusqu'à Sidi Kaci et Ben M'hidi (dépression de Mekhada).

Source : ASAL-Alsat 2A

