

Outils SIG et caractérisation physiographique et climatique du bassin versant du barrage Sidi Chahed (NE de Meknès, Maroc)

[GIS tools and physiographic and climatic characterization Watershed Dam Sidi Chahed (NE Meknes, Morocco)]

Abdellah El Hmaid¹, Naoual Monyr², Morad El Abassi¹, Ali Essahlaoui¹, Abdelaziz Abdallaoui², and Abdelhadi El Ouali¹

¹Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Département de Géologie, Equipe Sciences de l'Eau et Ingénierie de l'Environnement, B.P. 11202, Zitoune, Meknès, Morocco

²Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Département de Chimie, Equipe de Chimie Analytique et Environnement, B.P. 11202, Zitoune, Meknès, Morocco

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Dam Sidi Chahed is located downstream of the Mikkes and Lmaleh rivers. It's located about 30 km at the NE of Meknes city and about 30 km at the NW of Fez city on the main road between Fez and Sidi Kacem. It was commissioned in 1997 and has a capacity of 170 million m³. It crosses three different structural units with the Middle Atlas to the south, the basin know the center and south-north Rif wrinkles. The use of ArcGIS and Global Mapper has been used to characterize the edge of the dam and its retention Sidi Chahed from ASTER images making several thematic maps which are: the map contours, the DTM, the map slopes and their exposure, thematic map of sub-basins, the thematic map of the river system and its classification, the superposition of the structural and drainage networks, thematic map of rainfall and late distribution maps of physico-chemical parameters. From thematic maps produced for the watershed studied, several geometric calculations were performed to characterize the watersheds under long view, width, equivalent rectangle, area, perimeter and compactness index. These parameters indicate that sub tanks are elongated favoring low flow rates, a greater flow of water and a total amount of time of considerable precipitation harvested. Rainfall results, which were obtained from the isohyets maps are divided into 7 classes with lower values since the Middle Atlas at the south (850 mm) to the Sidi Chahed dam at the north (450 mm).

KEYWORDS: Dam Sidi Chahed, Oued Mikkes, Geology, ASTER images, DEM, Watershed, Drainage, GIS.

RESUME: Le barrage de Sidi Chahed est situé en aval des oueds Mikkès et Lmaleh. Il est situé à 32 km au NE de Meknès et à 32 km au NW de Fès sur la route principale reliant Fès et Sidi Kacem. Il a été mis en service en 1997 et doté d'une capacité de 170 Mm³. Il traverse trois ensembles structuraux différents : le Moyen Atlas au Sud, le bassin de Saïs au centre et les rides sud-rifaines au Nord. L'utilisation des logiciels SIG a permis de caractériser la zone du barrage Sidi Chahed et sa retenue à partir des images ASTER en réalisant plusieurs cartes thématiques dont on peut citer : la carte hypsométrique, la carte des pentes et de leurs exposition, la carte des sous-bassins versant, la carte thématique du réseau hydrographique et sa classification, la superposition des réseaux hydrographique et structural, la carte géologique et en fin la carte thématique de la pluviométrie. A partir des cartes thématiques réalisées pour le bassin versant étudié, plusieurs calculs géométriques ont été effectués pour caractériser les sous bassins versant de point de vue longueur, largeur, rectangle équivalent, surface, périmètre et indice de compacité. Ces paramètres indiquent des sous bassins de forme allongée favorisant les faibles débits, un temps d'acheminement des eaux plus important et une quantité totale récoltée de précipitations considérable. Les

résultats pluviométriques mettent en évidence des isohyètes réparties suivant 7 classes avec diminution des valeurs depuis le Moyen Atlas au Sud (850 mm) jusqu'au barrage Sidi Chahed au Nord (450 mm).

MOTS-CLEFS: Barrage Sidi Chahed, Oued Mikkes, Géologie, Images ASTER, MNT, Bassin versant, Réseau hydrographique, SIG.

1 INTRODUCTION

L'eau est indispensable à toute vie humaine et végétale. Elle joue un rôle très important dans le développement socio-économique aussi bien au niveau local, régional que national. Dans un pays semi-aride comme le Maroc, l'eau a une fonction fondamentale dans les activités socio-économiques. De ce fait et dans le cadre de la politique de rationaliser l'eau de pluie, de surface et l'eau souterraine, le Maroc a aménagé de nombreux dispositifs permettant de maîtriser cette ressource précieuse et de favoriser le développement économique. L'un des principaux dispositifs est la réalisation des barrages pour conserver l'eau de pluie. Parmi les barrages du Maroc, le barrage de Sidi Chahed se situe entre la ville de Meknès et Fès (Fig. 1). Il est alimenté principalement par Oued Mikkes et Oued Lmaleh. Il avait pour but le renforcement à moyen et à long terme de l'approvisionnement en eau potable de la ville de Meknès et l'irrigation de 1200 ha [1].

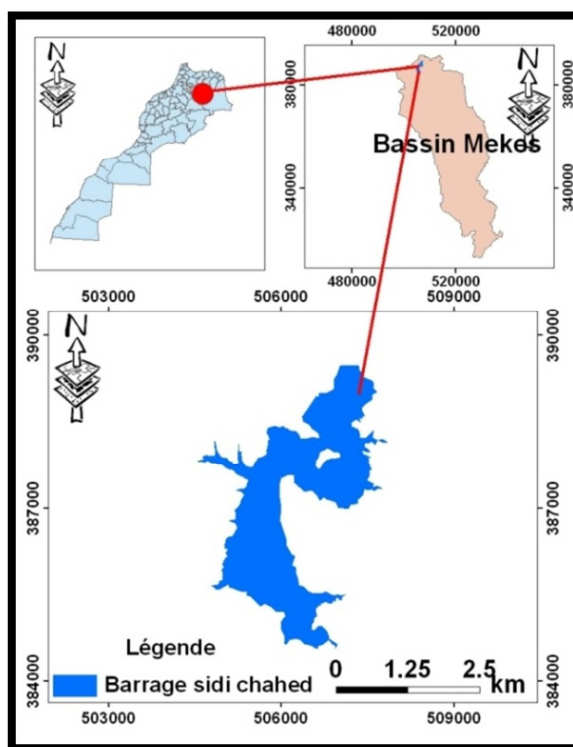


Fig. 1. Situation géographique du barrage Sidi Chahed.

Le barrage de Sidi Chahed et son bassin versant ont été le siège de plusieurs travaux antérieurs [2], [3], [4], [5], [6], etc. Le présent travail, consiste à réaliser des cartes thématiques à l'aide des logiciels utilisés dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG), pour étudier les caractéristiques topographiques (MNT, TIN, carte hypsométrique, cartes des pentes de leurs expositions), hydrographiques (carte du réseau hydrographique avec sa classification), structurale (superposition des réseaux hydrographique et structural) et climatiques (cartes des isohyètes) du bassin versant du barrage Sidi Chahed.

2 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE

Le barrage Sidi Chahed a été mis en service en 1997. Il a une capacité de 170 Mm³ et une hauteur de 60 m au dessus des fondations. Il est situé à environ 32km au NE de la ville de Meknès et à 32km au NW de la ville de Fès, sur la route principale n° 3 reliant cette dernière et Sidi Kacem. Les eaux de l'Oued Mikkes, affluent de l'Oued Sebou, sont régularisées par celles du barrage de Sidi Chahed (Fig. 1).

Le bassin versant de l'Oued Mikkès est drainé par quatre affluents: l'Oued N'ja et l'Oued Atchane en rive droite et l'Oued Tizguit et l'Oued Akkous en rive gauche. Les deux premiers drainent la plaine du Sais et les deux derniers drainent le plateau de Meknès et le causse d'El Hajeb-Ifrane.

En allant du sud vers le nord du bassin versant, l'altitude diminue en parallèle avec les précipitations alors que les températures deviennent plus importantes. Le maximum des hauteurs de pluie est enregistré au niveau du causse et précisément à la station d'Ifrane (Altitude 1600 m), alors que le minimum de pluie est observé à l'aval du bassin au niveau de la station de Sidi Chahed (Altitude 190 m). La détermination de la hauteur pluviométrique moyenne interannuelle dans le bassin versant de l'Oued Mikkès durant la période 1968–2005 est très approximative étant donnée le peu de stations de mesure et les variations du relief. La lame d'eau moyenne calculée par la méthode des isohyètes est de l'ordre de 484 mm [1]. L'indice d'aridité I de la région, de 18 mm/°C (De Martonne 1942), correspond à un climat semi-aride avec $10 < I < 20$ [2].

3 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

De point de vue géologique, le BV de l'Oued Mikkès comporte trois ensembles structuraux différents. Le causse d'El Hajeb-Ifrane, caractérisé par une forte fracturation, occupe la partie sud où prédominent les formations carbonatées représentées par les calcaires et dolomies du Lias inférieur et moyen. Le bassin de Sais, situé au centre, est constitué par les calcaires lacustres et les sables fauves du Pliocène ainsi que les marnes du Miocène. Dans la partie nord, au niveau du pré-rif, affleurent essentiellement les argiles du Trias et les marnes du Miocène supérieur (Fig. 2) [2].

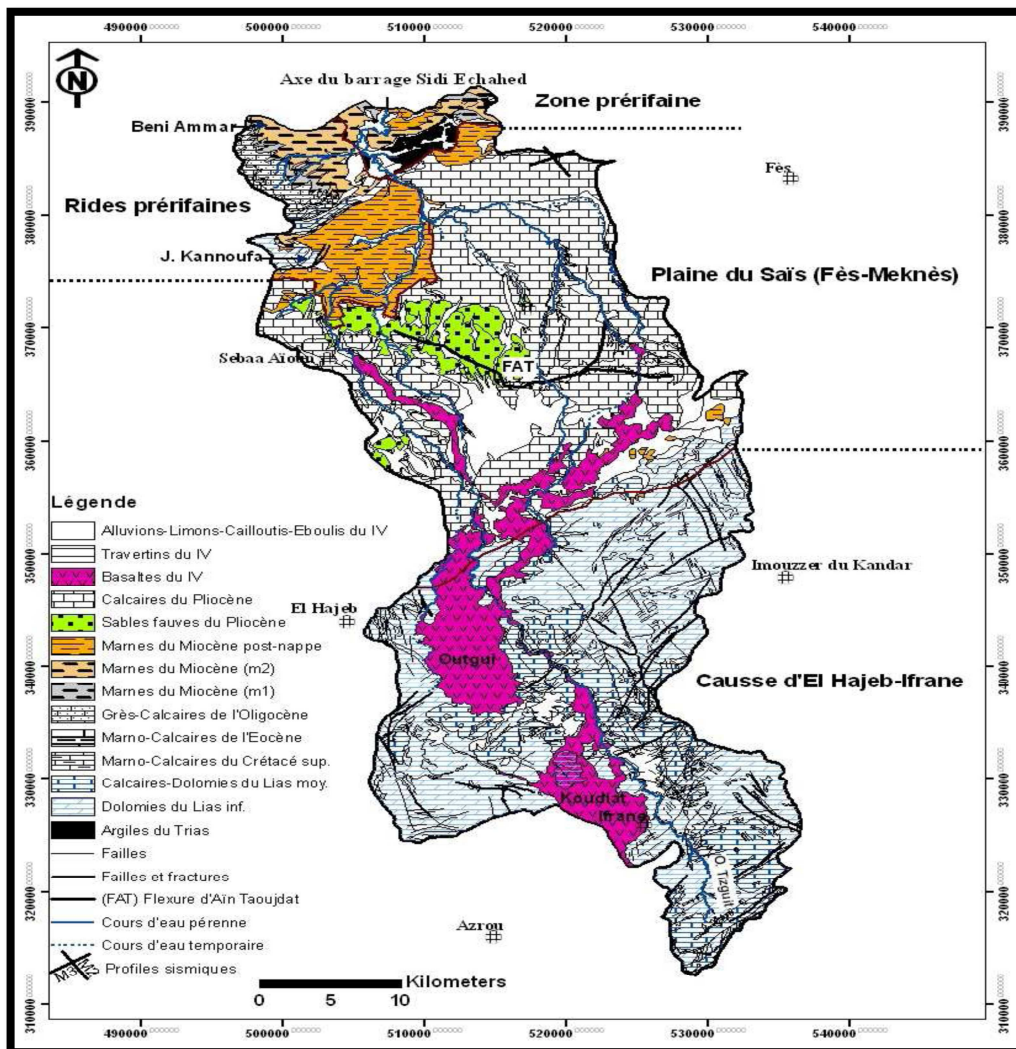


Fig. 2. Carte géologique du bassin versant de l'oued Mikkès [2].

La partie centrale du bassin d'Oued Mikkès fait partie du bassin du Sais. Ce dernier constitue lui aussi la partie centrale du sillon sud-Rifain. Les études antérieures ([7], [8], [9] et [10]) montrent que l'origine de ce bassin serait liée à la dislocation du substratum liasique, qui s'ennoie sous la couverture néogène. Il forme ainsi un large graben qui s'étend depuis le causse Moyen Atlasique au sud jusqu'au domaine pré-Rifain au nord selon une direction nord-sud [2] (Fig. 2).

4 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le système d'information géographique (SIG) peut être défini comme un outil informatique qui permet d'interroger, de localiser, d'analyser et de représenter des données ayant une référence spatiale. Le principe de travail est basé sur une succession des étapes permettant l'élaboration de cartes thématiques. Dans ce cadre les logiciels SIG ont été utilisés pour intégrer, gérer et diffuser des données à référence spatiale. Une des applications principales de ces logiciels est la représentation cartographique de territoires et le stockage des géométries des objets et leurs attributs graphiques en plus des attributs descriptifs.

Le présent travail a fait appel aux différentes cartes topographiques, géologiques, structurales et surtout aux images SRTM et de la zone d'étude.

5 RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'utilisation de l'outil SIG et de l'image ASTER ont permis d'avoir une autre source d'information pour bien comprendre les aspects de l'endroit étudié. Le MNT a permis d'extraire des informations avec l'édition de cartes thématiques relatives à l'altitude, aux pentes et leur exposition, à la délimitation des sous-bassins et aux réseaux hydrographique et structural. Les autres données ont été utilisées pour créer des cartes thématiques relatives à la pluviométrie.

5.1 CARTE GÉOLOGIQUE SIMPLIFIÉE

La carte géologique simplifiée a été obtenue par digitalisation à partir de la carte géologique de Bni Ammar au 1/100000^{ème} [11]. Elle montre la grande prédominance des terrains marneux du Miocène très vulnérables à l'érosion hydrique et aux glissements de terrain surtout en présence d'un relief montagneux accidenté. Dans la partie Est le long de l'oued Lmaleh, prédominent surtout les terrains du Trias qui menacent la retenue du barrage par l'impact des apports salifères en plus du phénomène d'envasement par les argiles. Vers le Sud affleurent surtout les calcaires lacustres de Saïss (Fig. 3).

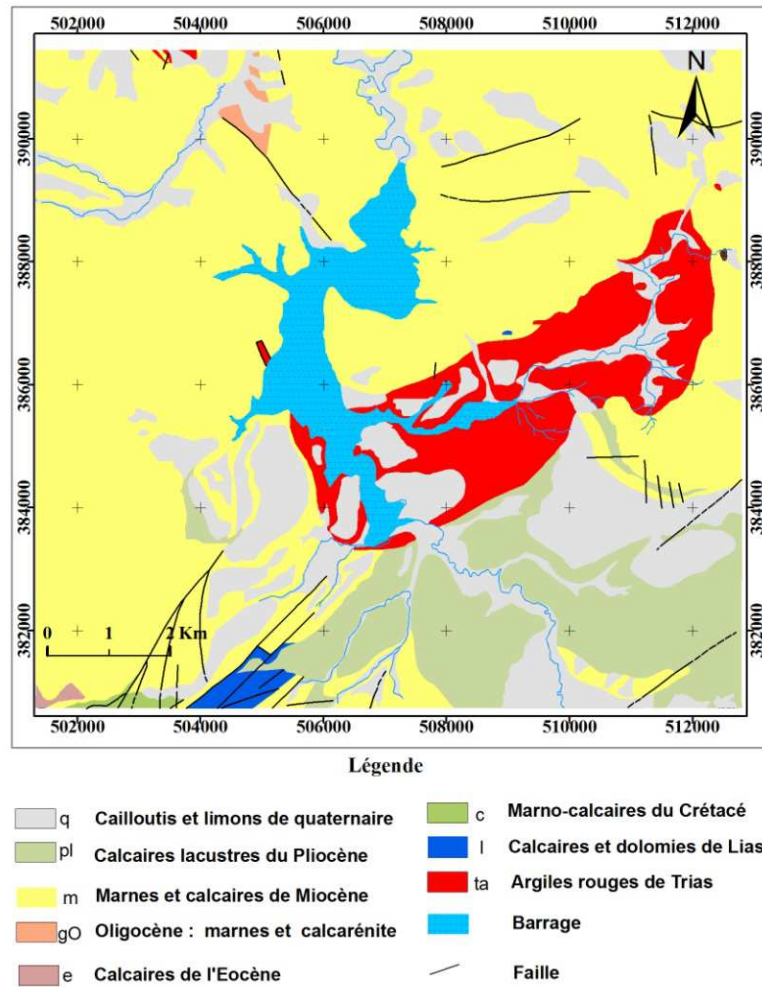


Fig. 3. Carte géologique simplifiée du bassin versant du barrage Sidi Chahed. Extraite de la carte géologique de Beni Ammar 1/50000 [11].

5.2 EXTRACTION DES COURBES DE NIVEAUX

Les courbes de niveaux ont été extraites à partir des images ASTER. Au niveau de la partie centrale de la carte, les courbes de niveaux, très espacées, indiquent le bassin de la retenue du barrage Sidi Chahed. Au tour de la retenue, les courbes, serrées, reflètent les reliefs du bassin versant proche formé par les rides sud-rifaines (Fig. 4).

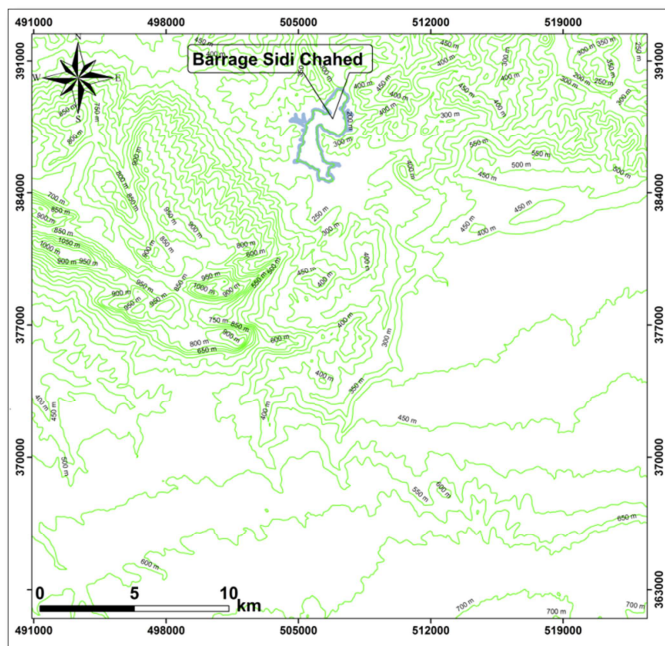


Fig. 4. Carte des courbes de niveaux.

5.3 CARTE HYSOMÉTRIQUE ET TIN DE LA ZONE D'ÉTUDE

La carte hypsométrique et la carte TIN, obtenues à partir du Modèle Numérique du Terrain (MNT), montrent l'existence des altitudes essentiellement faibles d'environ 100 m au niveau du barrage et du réseau hydrographique. Au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la retenue du barrage, les altitudes deviennent de plus en plus élevées (Fig. 5).

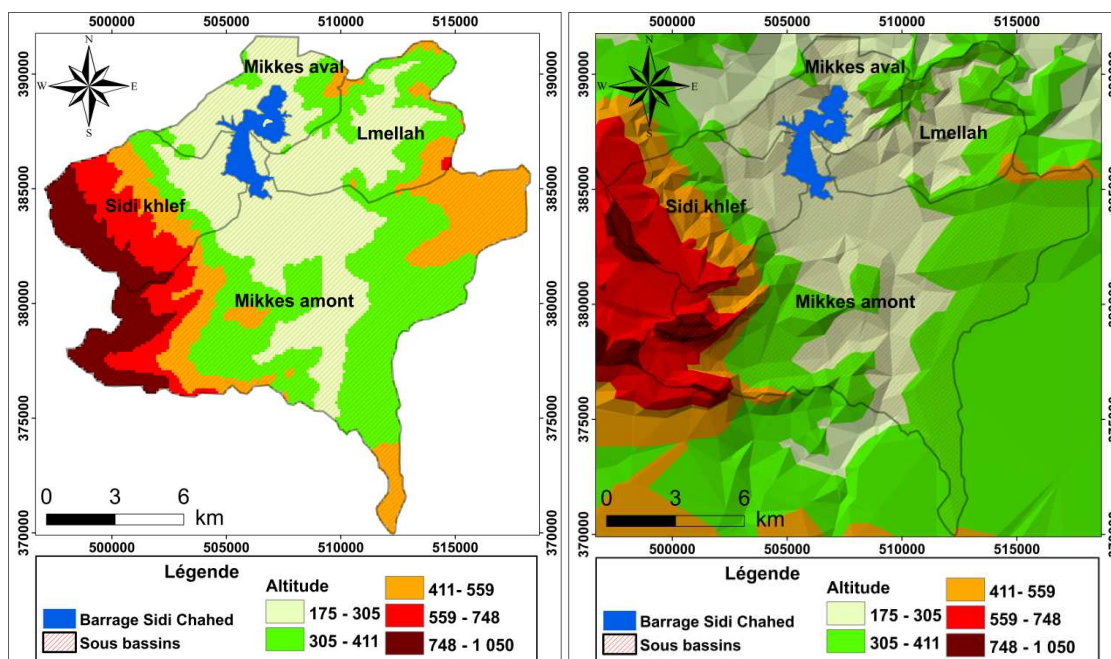


Fig. 5. Carte hypsométrique à partir du MNT à gauche et Carte des altitudes TIN à droite de la région étudiée

5.4 CARTE DES PENTES

La carte des pentes donne la topographie générale de la région. La plus grande partie de la carte est occupée par des pentes fortes relatives aux rides sud-rifaines. Au niveau du barrage et du réseau hydrographique, les pentes deviennent très faibles avec un relief plat (Fig. 6).

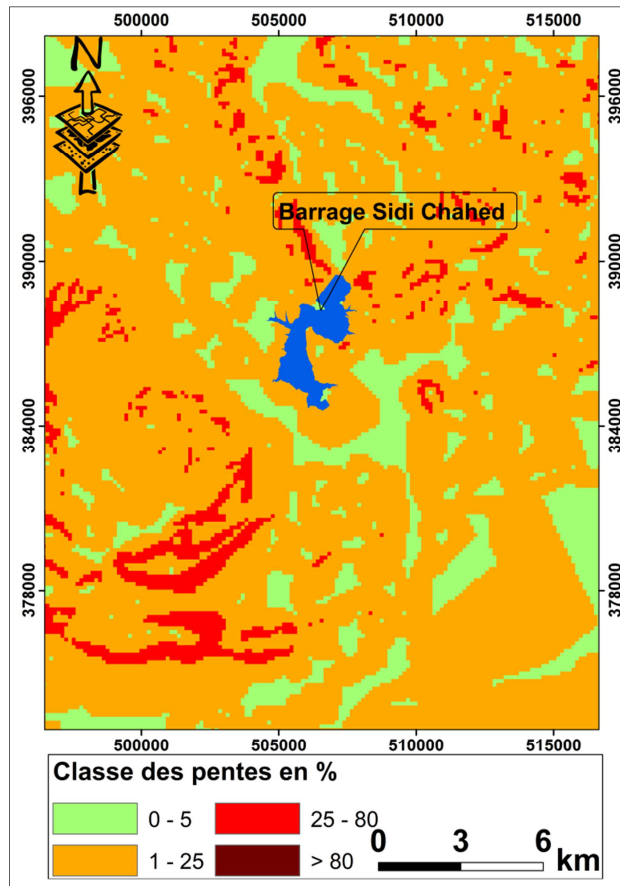


Fig. 6. Carte des pentes en pourcentage.

5.5 CARTE D'EXPOSITION DES PENTES

La carte d'exposition des pentes permet de déterminer l'orientation des pentes avec leurs pourcentages. Ainsi, l'exposition des pentes est dominée principalement par l'orientation NW (Fig. 7 et Tab. 1).

Tableau 1. Exposition des pentes en pourcent.

Exposition	Nord	Nord Est	Est	Sud Est	Sud	Sud Ouest	Ouest	Nord Ouest
Pourcentage	15,84	13,03	11,69	10,25	9,84	8,98	9,61	20,76

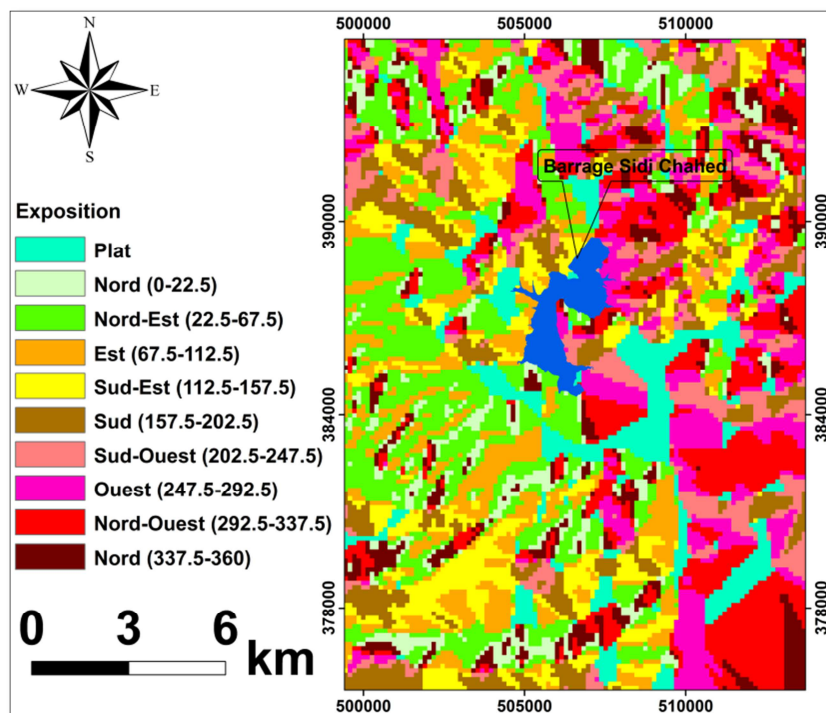


Fig. 7. Carte d'exposition des pentes.

5.6 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE

La carte du réseau hydrographique montre le chevelu hydrographique de la région d'étude permettant l'identification des cours d'eau. A sa lecture, apparaissent trois types de réseaux qui alimentent le barrage avec des oueds principaux à savoir Mikkes au Sud et Lmaleh à l'Est avec 15,56%, des oueds secondaires avec 25,82% et des chaabats avec 58,62% de l'ensemble du réseau hydrographique (Fig. 8, Tab. 2).

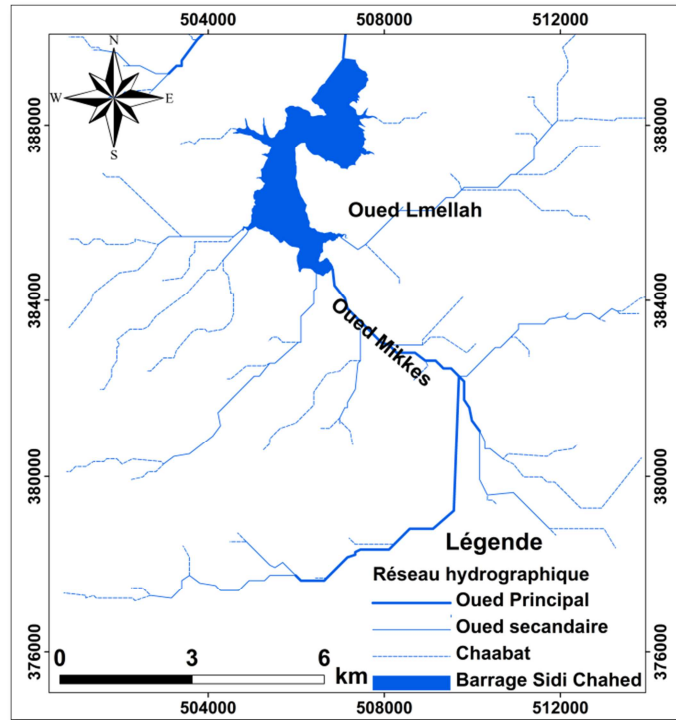


Fig. 8. Classification du réseau hydrographique.

Tableau 2. Caractéristiques du réseau hydrographique

Type de réseau	Longueur (km)	Pourcentage (%)
Oued principal	28,81	15,56
Oued secondaire	47,82	25,82
Chaabat	108,53	58,62

5.7 SUPERPOSITION DES RÉSEAUX HYDROGRAPHIQUE ET STRUCTURAL

Le réseau structural à été digitalisé à partir de la carte géologique de Beni Ammar [11]. La superposition des réseaux hydrographique et structural montre une bonne corrélation entre le réseau des failles et le réseau hydrographique avec plusieurs alignements de même direction. En effet, dans la partie SW, le parallélisme entre les deux réseaux permet de conclure que le réseau hydrographique semble bien guidé par le réseau de fractures préexistantes (Fig. 9).

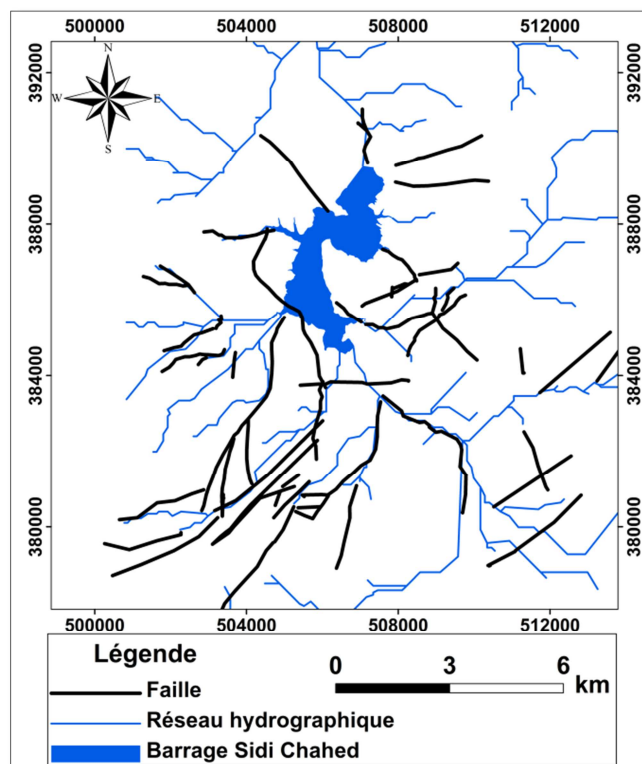


Fig. 9. Superposition des réseaux hydrographique et structural.

Le réseau structural est affecté par un réseau d'accidents de directions hercyniennes NE-SW et NW-SE et d'autres typiquement alpines EW et NS (Fig. 9). Il favorise l'infiltration des eaux au niveau du causse d'El Hajeb-Ifrane en amont du bassin versant et le drainage superficiel des eaux par des rivières au centre et au nord (Oued Tizguit, Oued Atchane, Oued Jdida, Oued Akkous et Oued N'ja) (Fig. 2).

5.8 DÉTERMINATION DES SOUS BASSINS VERSANTS

Le barrage de Sidi Chahed appartient au bassin versant de l'oued Mikkes. A la périphérie du barrage, quatre sous bassins ont été distingués (Fig. 10). Le sous bassin de Mikkes est situé vers le Sud dans la partie amont du barrage avec 36,46% de la surface du bassin versant. Le sous bassin de l'oued Lmaleh se trouve au NE et participe avec une surface de 9,54%. Le sous bassin de Sidi Khlef occupe la partie ouest avec une surface de 6,63%, alors que le sous bassin de Mikkes aval se trouve au Nord avec une surface de 10,9% (Fig. 10 et Tab. 3).

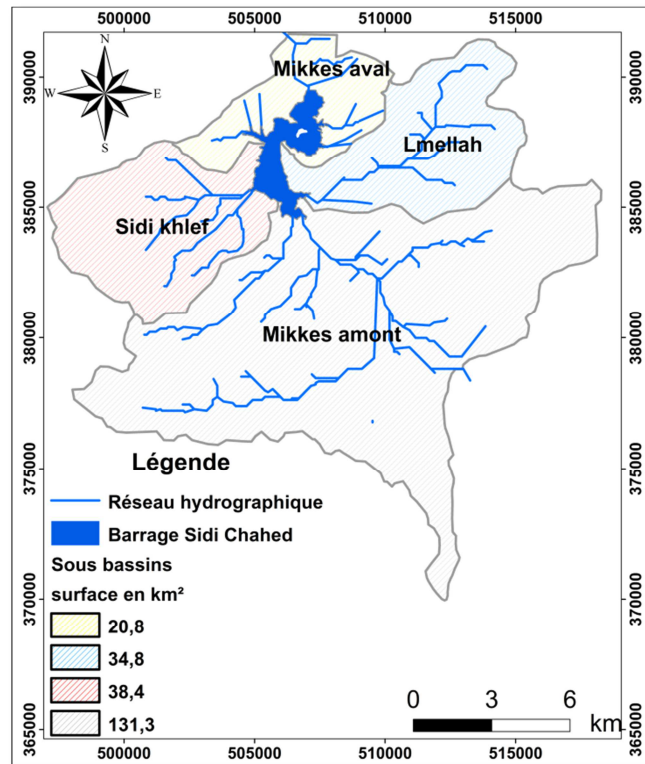


Fig. 10. Carte des sous bassins versants

Tableau 3. Caractéristiques des quatre sous bassins versant (SBV) et de leurs rectangles équivalents

Sous bassins	Surface (m ²)	%	Périmètre (m)	Largeur (km)	Longueur (km)
Sidi khlef	38,4	6,63	28,28	5	7,6
Lmaleh	34,16	9,54	36,54	5,6	9,25
Mikkes aval	20,15	10,9	38,08	2	13
Mikkes amont	131,32	36,46	70,38	21	18,8

5.9 CARTES ET COURBES HYSOMÉTRIQUES DES SOUS BASSINS VERSANTS

Le relief est un facteur essentiel. Il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. C'est un élément capital dans le comportement hydrologique d'un bassin versant.

Les cartes hypsométriques montrent la répartition spatiale des différentes classes d'altitudes avec leur fréquence leur abondance à l'échelle de chaque sous bassins versants (Fig. 11). Dans le SBV de Mikkes amont prédominent respectivement la classe des altitudes les plus faibles 200 – 356m avec environ 45% et une surface de 59km² et la classe des altitudes les plus élevées 710 – 1050m avec 38,73% et une surface de 50,79km². Le SBV de Mikkes aval montre la prédominance de la classe des altitudes les plus faibles 184 – 257m avec environ 48% et une surface de 10km². Le SBV de Lmellah est caractérisé par la prédominance de deux classes de faibles altitudes à savoir la classe 200 – 282m avec 36,88% et une surface de 13,25 km² et la classe 282 – 352m avec 34,73% et une surface de 12,48%. Dans le SBV de Sidi Khlef, les classes d'altitudes sont relativement équivalentes avec une légère importance de la classe des altitudes les plus faibles 200 – 376m qui représentent 30,13% et occupent une surface de 11,59 km².

Les altitudes les plus basses s'étendent sur la partie avale du SBV de Sidi Khlef et sur les parties médianes et avales des SBV de Lmellah et de Mikkes amont et aval. Les altitudes les plus élevées, au niveau du SBV de Mikkes amont jusqu'à 1050m et du SBV de Sidi Khlef jusqu'à 950m, reflètent le caractère relativement montagneux de ces deux SBV.

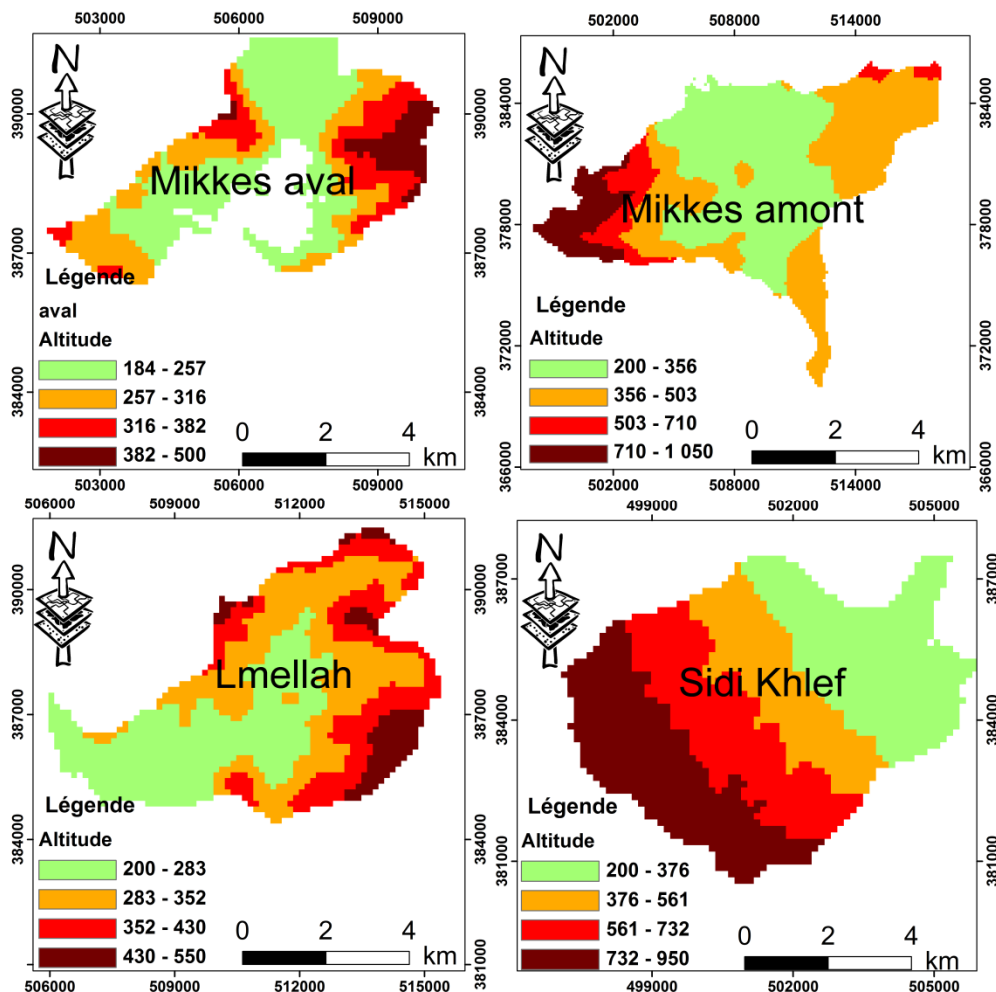
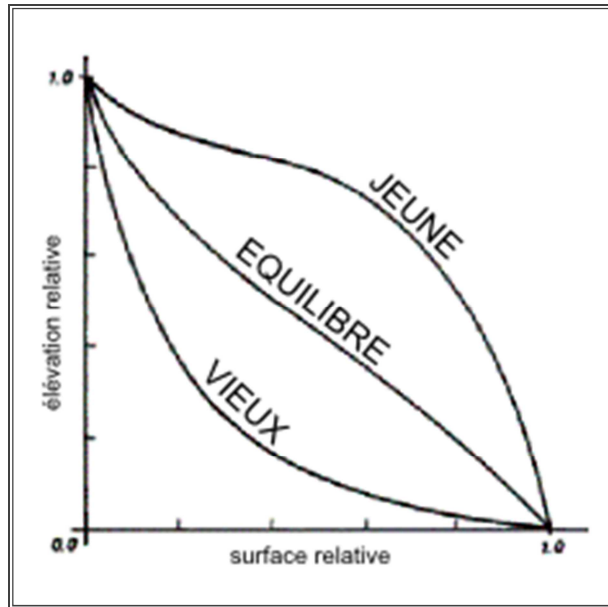


Fig. 11. Cartes hypsométriques des quatre sous bassins versants

A partir de la répartition par tranches d'altitudes des quatre sous bassins versants définis auparavant, les courbes hypsométriques ont été établies (Fig. 12). Ainsi, La forme de la courbe hypsométrique est caractéristique de l'état de maturité du relief (Jeune, en équilibre et vieux) ainsi que de sa capacité érosive. Selon Strahler [12], l'allure de la courbe hypsométrique caractérise le cycle d'érosion du relief actuel étudié (Fig. 12a). En effet, une courbe convexe est caractéristique d'un relief où l'érosion est encore intense (relief immature), tandis-qu'une forme concave reflétera une stabilisation des processus d'érosion (relief évolué) [13] et [14].

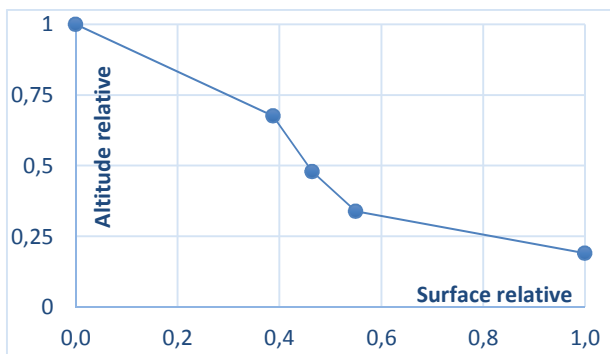
Les différentes courbes hypsométriques ont été tracées à partir des élévations et surfaces relatives calculées pour chaque sous bassin versant (Fig. 12 b, c, d et e). Elles montrent une légère concavité vers le bas, avec une pente assez élevée vers les hautes altitudes. Vers les basses altitudes, la pente devient faible.

L'allure de la courbe hypsométrique du sous bassin de Sidi khlef montre que le relief est plus ou moins en état d'équilibre (Fig. 12e). Par contre Les courbes hypsométriques des sous-bassins Mikkes aval, Mikkes amont et Lmaleh révèlent une morphologie qui tend vers un déséquilibre dans le relief qui pourrait être lié à la nature des formations géologiques, induisant une forte incision par les forces érosives hydriques. Ce facteur, favorisant l'érosion hydrique, est à tenir compte surtout pour les sous bassins se trouvant en amont du barrage Sidi Chahed afin d'atténuer son envasement.



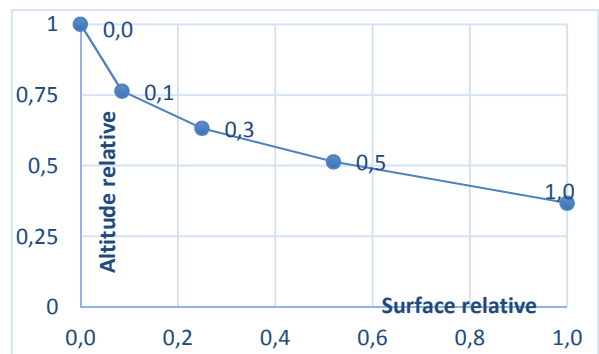
(a)

Forme de la courbe hypsométrique et état de maturité du relief des bassins versants



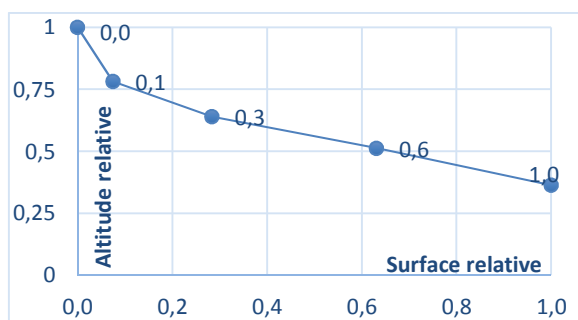
(b)

Mikkes Amont



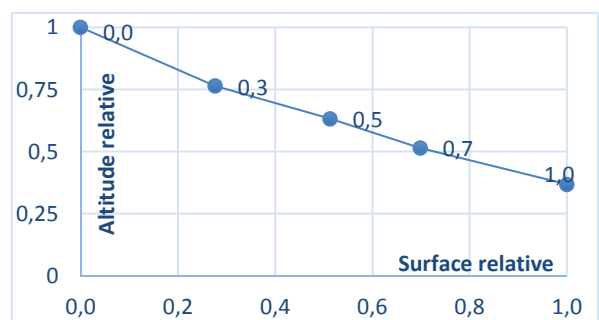
(c)

Mikkes Aval



(d)

Lmellah



(e)

Sous bassin versant Sidi Khlef

Fig. 12. Etat de maturité du relief de BV (a) et courbes hypsométriques des quatre sous bassins versants : SBV Mikkes Amont (b), SBV Mikkes Aval (c), SBV Lmellah (d) et SBV Sidi Khlef (e).

5.10 INDICE DE COMPACTITÉ OU COEFFICIENT DE GRAVELIUS

Le coefficient de Gravelius K_c caractérise la compacité et permet d'identifier la forme du bassin versant : $K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$

Plus ce coefficient se rapproche de la valeur de 1, plus la forme du bassin versant devient circulaire alors que les valeurs élevées supérieures à 1 indiquent un bassin allongé. Dont ce travail l'indice de compacité permet de montrer que les quatre sous bassins sont allongés avec $K_c > 1$ (Tab. 4).

Tableau 4. Indice de compacité des quatre SBV déterminés

Sous bassins versants	KC : coefficient de Gravelius
Sidi khlef	1,70
Lmaleh	1,62
Mikkes aval	1,30
Mikkes amont	2,05

5.11 LE RECTANGLE ÉQUIVALENT

Le rectangle équivalent est une représentation géométrique du bassin versant ayant le même périmètre et la même surface.

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right)$$

$$l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right)$$

A partir des calculs réalisés, tous les sous bassins versants ont une forme allongée. Mikkes amont est le plus grand sous bassin de la zone d'étude. Avec ces caractéristiques, il favorise donc les faibles débits, un temps d'acheminement plus importants et une quantité totale de précipitation récoltée considérable (Tab. 5).

Tableau 5. Caractéristiques des rectangles équivalents

Sous bassins versants	Longueur du rectangle Equivalent (km)	Largeur du rectangle Equivalent (km)	Périmètre du Rectangle équivalent (km)	Surface du Rectangle Equivalent (km ²)
Sidi khlef	14,05	1,73	31,56	24,30
Lmaleh	16,25	2,16	36,82	35,12
Mikkes aval	14,47	2,68	34,3	23,78
Mikkes amont	43,47	3,08	93,1	133,88

5.12 CARTES DES ISOHYÈTES

Les cartes des isohyètes obtenues en 2002 et 2010 permettent d'avoir des résultats sur la pluviométrie moyenne [1] :

$$P = \frac{\sum S_i \cdot P_i}{SBV}$$

Les deux cartes des isohyètes montrent une augmentation des précipitations du Nord vers le Sud (Fig. 13 et 14).

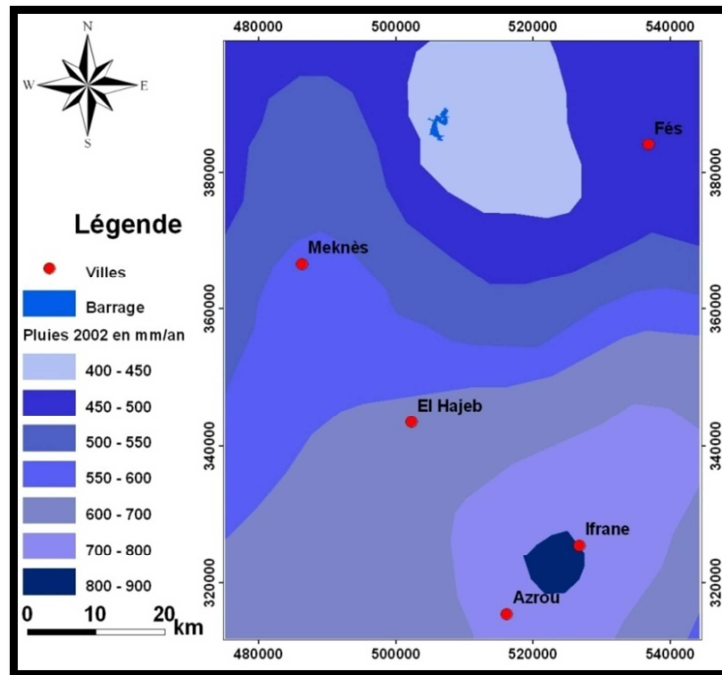


Fig. 13. Carte des isohyètes en 2002.

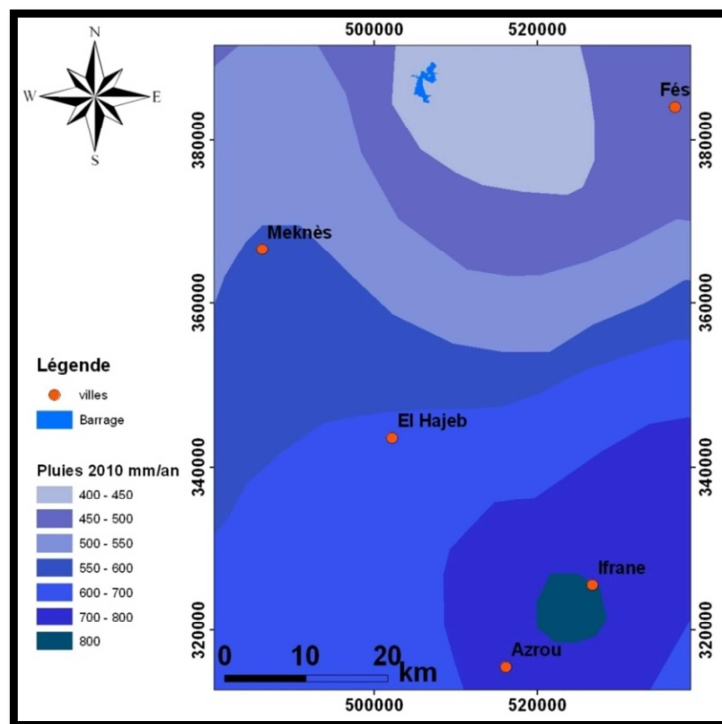


Fig. 14. Carte des isohyètes en 2010.

La comparaison temporelle des cartes des isohyètes indique une similitude de la pluviométrie moyenne entre les années 2002 et 2010 (Fig. 12 et 13 et Tab. 6). En effet, les résultats pluviométriques, tirés des cartes des isohyètes, ne montrent pas de changement climatique entre les années 2002 et 2010 avec une moyenne pluviométrique annuelle de 579,315 mm pour le bassin versant de l’oued Mikkes. Ces précipitations récoltées seront emmagasinées dans la retenue du barrage Sidi Chahed.

Tableau 6. Pluviométrie moyenne (en mm) des années 2002 et 2010 [1]

Intervalle d'isohyètes en mm	(Pi+Pi+1) /2 En mm	Surfaces limitées (2002) en km ²	Pluviométrie (2002)	Surfaces limitées (2010) en Km ²	Pluviométrie (2010)
400-450	425	581,61	38,38	580,25	38,40
450-500	475	1313,66	96,88	1331,02	98,45
500-550	525	977,59	79,68	995,57	81,39
550-600	575	940,19	83,93	920,96	82,40
600-700	650	1683,53	169,89	1646,33	166,64
700-800	750	886,34	103,20	889,01	103,83
800-900	850	58,24	7,69	59,43	7,87

6 CONCLUSION

La caractérisation topographique, morphologique, hydrographique et climatique du bassin versant du barrage Sidi chahed (NE de Meknès, Maroc) a été effectuée en faisant appel aux Systèmes d'Information Géographiques (SIG) et à l'aide de plusieurs logiciels spécialisés dans le domaine. Les données de base se résument aux images SRTM et aux données topographiques, géologiques, structurales et pluviométriques. Leur traitement a permis la réalisation de nombreuses cartes thématiques et leur interprétation.

La carte géologique souligne la vulnérabilité de la retenue du barrage due aux problèmes de la salinité et d'invasement liés directement aux phénomènes d'érosion et de glissement des terrains argilo-salifères qui entourent le barrage Sidi Chahed. Les cartes du MNT et du TIN montrent des altitudes élevées de 865 à 1050 m au SW de la zone d'étude et des altitudes faibles de 125 à 310 m au centre et en aval du bassin versant. Les pentes les plus fortes > 20% se trouvent aux pourtours du barrage alors que les plus faibles se situent au niveau du barrage et du réseau hydrographique. Les quatre sous bassins versants, de forme allongée, favorisent les faibles débits, un temps d'acheminement plus importants et une quantité totale de précipitation récoltée considérable. Le réseau hydrographique semble bien guider par le réseau structural avec prédominance de la direction NE-SW des failles.

Les résultats pluviométriques, tirés des cartes des isohyètes, ne montrent pas de changement climatique entre les années 2002 et 2010 avec une moyenne pluviométrique annuelle de 579,315 mm pour le bassin versant étudié. Ces précipitations récoltées seront emmagasinées dans la retenue du barrage Sidi Chahed.

REFERENCES

- [1] ABHS (Agence du bassin hydrolique de Sebou), "Etude du plan directeur de la collecte des eaux pluviales au niveau du basin versant de Sebou", Agence du bassin hydrolique de Sebou, Fès, Maroc, ANZAR Conseil, 44p, 2012.
- [2] K. Belhassan, "Contribution hydrologique, hydrogéologique et hydrodynamique du bassin versant de l'Oued Mikkes en amont du barrage Sidi Chahed," Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Dehar Mehraz, Fès, 189p, 2011.
- [3] A. EL Hmaidi, D. Abrid, A. Abdallaoui, A. Essahlaoui and A. El Ouali, "Caractérisation sédimentologique et physico-chimique des sédiments de carottes de la retenue du barrage Sidi Chahed, NE de Meknès, Maroc, " *Journal of Hydrocarbons Mines and Environmental Research*, vol. 3, no. 2, pp. 91-96, 2012.
- [4] D. Abrid, A. El Hmaidi, A. Abdellaoui, A. Essahlaoui, "Variation spatial des concentrations en éléments traces métallique dans les sédimentaire de la retenue du barrage Sidi Chahed (Meknès)," *European Journal of Scientific Research*, Vol. 106, no. 4, pp. 503-511, 2013.
- [5] D. Abrid, A. El Hmaidi, A. Abdellaoui, A. Essahlaoui, "Stydy of trace Metals in surface sediments of the dam reservoir Sidi Chahed, Meknes," *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, Vol. 3, Issue 1, pp. 23-32, 2014a.
- [6] D. Abrid, S. Laafou, A. Abdallaoui, A. El Hmaidi. and A. Essahlaoui, "Les métaux lourds dans les sédiments de la retenue de barrage Sidi Chahed (région de Meknès, Maroc)," *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*, vol., no. 5, pp. 1-7, 2014b.
- [7] P. Taltasse, "Recherche géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès," *Notes et Mémoire, Service de géologie*, Rabat, Maroc, n° 115, 300p, 1953.
- [8] L. Aït Brahim, "Tectonique cassante et état de contrainte récente au nord du Maroc. Contribution à l'étude du risque sismo-tectonique," Thèse de Doctorat Es Sciences, Faculté des Sciences, Rabat, 223p, 1991.

- [9] D. Fassi, "*Les formations superficielles de Saïss de Fès et de Meknès des temps géologiques à l'utilisation actuelles des sols*," Thèse de Doctorat Es Sciences, *Notes et Mém. Serv. Géol., Rabat, Maroc*, n° 389, 527p, 1999.
- [10] A. Essahlaoui, "*Contribution à la reconnaissance des formations aquifères dans le Bassin de Meknès-Fès (Maroc), Prospection géoélectrique, étude hydrogéologique et inventaire des ressources en eau*," Thèse de Doctorat, Université Mohammed VI, Rabat, Maroc, 258p, 2000.
- [11] M. Chenakeb et A. Bendkok, "carte géologique du Maroc, Beni Ammar au 1/50000, " Ministère d'Energie et des Mines, Direction de la géologie, Edition du service géologique du Maroc, *Notes et Mémoires*, no. 428, 2004.
- [12] A. STRAHLER, "Hypsometric (area-altitude curve) analysis of erosional topography", *Geological Society of America Bulletin*, 63, pp. 1117-1141, 1952.
- [13] E. N. BANNISTER, "Hypsometries of Michigan's Southeastern Lake Plain", *Journal of Great Lakes Research*, Vol. 6, Issue 2, pp. 154-163, 1980.
- [14] J. LLAMAS, "*Hydrologie générale : Principes et Applications*", Gaetan morin éditeur, 527 p, 1993.