

APPORT DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DANS LA COMPREHENSION DU COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT D'OUED DJENDJEN.

AOULMIT FARID ET CHABOUR NABIL

Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'aménagement.
Université des frères Mentouri Constantine..

Reçu le 18/02/2014- Accepté le 21/12/2014

Résumé

Dans ce présent travail, nous avons mis la lumière sur un processus conduisant à l'élaboration et la validation d'un modèle numérique de terrain (MNT) susceptible d'être utilisé comme un plan d'information primordiale dans la compréhension du comportement hydrologique du sous bassin inférieur d'oued Djendjen, ainsi que la dérivation de certains plans nécessaires aux autres modélisations environnementales.

A l'issue de ce travail, on a délimité automatiquement les limites du bassin d'oued Djendjen et les sous bassins qui le constituent, et tracé son réseau hydrographique. Les résultats obtenus montrent que ce bassin est caractérisé par un drainage très dense, traduisant les grandes potentialités hydriques de la région, ce qui a justifié le choix de ce site pour l'implantation du futur barrage de Tabellout, d'une grande capacité. D'autre part, ce MNT nous a permis de déterminer automatiquement certaines caractéristiques géomorphologiques à savoir, le facteur topographique (LS) qui reflète la susceptibilité du bassin à l'érosion hydrique du sol. Les valeurs de LS trouvées sont très élevées allant jusqu'à 38. Ainsi l'élaboration de la carte des pentes a démontré que le relief est très accentué (environ 35% de la superficie du bassin possède des pentes variant entre 18° et 30°). De plus, les caractéristiques morphométriques du bassin ont été extraites automatiquement et affichées sous forme des tableaux.

Mots clés: MNT, comportement hydrologique, bassin versant, Oued Djendjen

Abstract

In this present work, we put the light on a process leading to the development and the validation of a DEM likely to be used like a plan of paramount information in the comprehension of the hydrological behavior of under lower basin of Djendjen river, as well as the development of certain plans necessary to other environmental modeling.

With resulting from this work, one automatically delimited the limits of the Basin of Djendjen River and under basin components, thus we could trace his hydrographic network. The results obtained show that this basin is characterized by a very dense drainage; this reflects the great potentialities of the area in water resource. So the decision makers of the area chose it under basin for the realization of the future dam Tabellout of a great capacity.

Of another share, this DEM has enables to us to determine automatically certain geomorphologic characteristics to know; the topographic factor LS which reflects the susceptibility of the basin to the hydrous erosion of the ground (values of found LS are higher energies up to 38), thus the elaborate chart of the slopes watch a relief more accentuated (approximately of 35% of the surface of the basin has slopes varying between 18° and 30°). Moreover, the morphometric characteristics of the basin were extracted automatically and posted in the form of the tables..

Keywords: DEM, Hydrological behavior, Basin. Djendjen wadi

ملخص

في هذا العمل، قمنا بتسليط الضوء على منهج يقودنا إلى إعداد و تصحيح نموذج الارتفاعات الرقمية الممكن استعماله كقاعدة أولية و أساسية لفهم السلوك الهيدرولوجي للحوض النهري السفلي لواد جنجن، وكذلك اشتقاق منه بعض المعلومات الهامة الممكن استعمالها في المحاكاة المحيطية.

في نهاية هذا العمل، تمكننا من رسم حدود حوض واد جنجن و كذلك أحواضه الثانوية و استخراج شبكة تصريف المياه بصورة آلية. هذه النتائج توضح بأن هذا الحوض يتميز بكثافة شبكة التصريف المائية والذي يعكس بدوره غنى هذه المنطقة بالمياه السطحية. جراء هذه الميزة، أصحاب القرار اقروا ببناء سد طابوت في هذا الحوض والذي يتميز بقدرة تخزين كبيرة

من جهة أخرى، نموذج الارتفاع الرقمي مكننا من تحديد مجموعة من المميزات الجيومورفولوجية بطريقة آلية منها: العامل الطوبوغرافي (LS) والذي يعكس قابلية الحوض للثبات المائي للتربة (القيم المتحصل عليها LS جد مرتفعة تصل إلى 38)، أيضا خريطة الميل توضح طبيعة التضاريس الحادة (حوالي 35% من مساحة الحوض يتراوح ميلها بين 16° و 30°). و تمكننا أيضا من استخراج بعض الخصائص المورفومترية وإدراجها ضمن جداول بطريقة آلية.

كلمات مفتاحية: نموذج الارتفاعات الرقمية، السلوك الهيدرولوجي، الحوض النهري.

I. INTRODUCTION

Le développement des techniques et les outils de l'informatique ont donné lieu à l'avènement de la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) et par conséquent à l'apparition de la cartographie numérique. Parmi ces moyens nous avons mis l'accent sur les Modèles Numériques de Terrain (MNT), qui ont été utilisés depuis les années cinquante dans plusieurs domaines, en particulier les géosciences [1]. Cette information spatialisée aide à représenter, analyser et modéliser des phénomènes liés à la surface topographique.

En outre, la caractérisation de la surface topographique par extraction automatique des paramètres géomorphologiques à partir du MNT donne des résultats qui sont en partie dépendant de l'échelle de représentation, de la structure et des artefacts du MNT. De ce fait, l'utilisation du MNT doit être rationnelle et orientée par l'analyse de la qualité des MNT avec des critères d'évaluation précis. Ainsi, l'utilisateur doit être capable et apte à choisir ou à élaborer un modèle répondant à ses besoins thématiques en matière de précision et de représentation géométrique.

Notre objectif vise à élaborer un MNT sur l'ensemble de la zone d'étude dans le but d'extraire automatiquement les limites hydrographiques du bassin avec leurs caractéristiques morphométriques, le réseau hydrographique et certains plans d'informations nécessaires pour une modélisation environnementale.

II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant d'oued Djendjen se trouve dans la partie Nord-est de l'Algérie, il fait partie de la wilaya de Jijel. Cette dernière est limitée par les wilayas suivantes : Mila au Sud, Constantine au Sud-est, Sétif au Sud-ouest, la mer méditerranée au Nord, Skikda à l'Est et à l'Ouest par la wilaya de Bejaia (fig.1).



Figure.1. Limites administratives de la wilaya de Jijel

Du point de vue climatique, la zone d'étude appartient au domaine méditerranéen subissant l'influence de la mer méditerranéenne. Elle bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux et humide [2]. Elle compte parmi les régions les plus arrosées de l'Algérie, la pluviométrie moyenne étant de 1000 à 1200 mm/an. Les températures varient entre 26° C en moyenne au mois d'août et 11° C en moyenne au mois de janvier.

Cette région renferme un fort potentiel hydrique, estimé à 1474 millions de mètres cubes, provenant surtout des eaux de précipitation et constitué essentiellement par des

ressources en eau superficielles (à 95%).

Géologiquement, elle fait partie de la petite Kabyle occidentale de l'Algérie. Cette dernière appartient à la branche sud de la chaîne alpine [3]. La région de Jijel dont fait partie la zone d'étude est représentée sous forme d'une dépression comblée par des dépôts néogènes [4]. Cette dépression est entourée par des massifs montagneux de nature essentiellement cristallophyllienne du socle kabyle (fig.2).

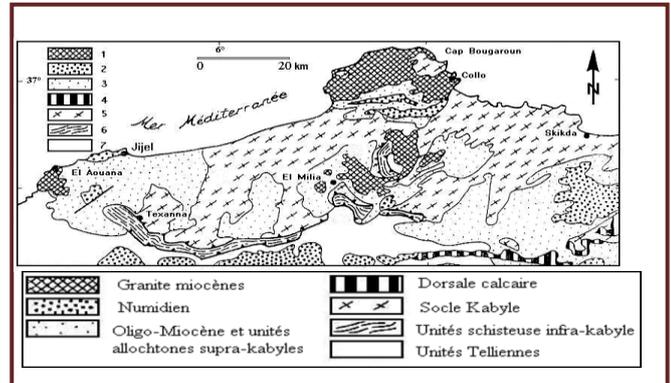


Figure.2. Esquisse géologique de la petite Kabylie [4].

III. DONNEES ET MATERIELS

Deux cartes topographiques IGN ont été utilisées, celle de Sidi Merouane et celle de Tamesguida (Echelle 1 /50 000). L'ArcGis 9.3 et PhotoFiltre Studio x, WMS 8.5, Envi 4.7 et Global Mapper 11.02 sont les logiciels qui ont été utilisés pour l'élaboration du MNT et les principaux plans d'informations dérivés.

IV. METHODES

a) Elaboration du Modèle Numérique de Terrain (MNT)
Il existe plusieurs méthodes de construction des MNT car elles dépendent des données de base : la technique de saisie des données de référence, la méthode d'interpolation et le format final du MNT [5]. Dans cette présente recherche, nous nous sommes basés sur la technique de la digitalisation et l'interpolation des courbes de niveau et les points cotés figurant sur les cartes topographiques.

Le processus d'élaboration du MNT est résumé dans l'organigramme illustré dans la figure 3.

APPORT DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DANS LA COMPREHENSION DU COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT D'OUED DJENDJEN.

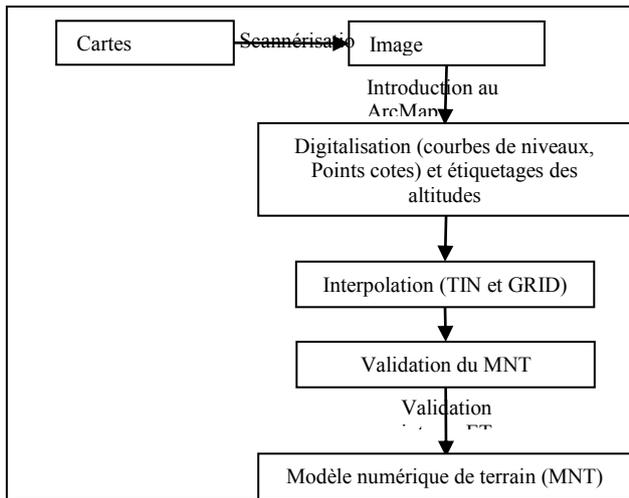


Figure.3. Organigramme du processus d'élaboration du MNT

En premier lieu, les cartes topographiques concernées ont été scannées et introduites dans le logiciel Photo Filtre Studio X pour rehausser leurs contrastes, ensuite, et à l'aide du module *Georeferencing* de l'ArcGis, nous les avons géoréférencées dans la projection planimétrique UTM de référence géographique « WGS_1984 Zone 31Nord. Par la suite le module *ArcEditor* a été utilisé pour digitaliser l'ensemble des courbes de niveau et les points cotés avec une équidistance de l'ordre de 10 m. A la suite des travaux de la digitalisation, il ne reste que la phase de l'interpolation.

Il existe deux familles de techniques d'interpolation, celles qui se basent sur les algorithmes générant des réseaux de triangles irréguliers (TIN) et celles qui s'appuient sur les algorithmes traitant le terrain comme une grille (GRID) où chaque point dont l'altitude n'est pas connue est interpolé [6]. Dans ce présent travail, nous avons généré les deux formats de MNT (fig.4).

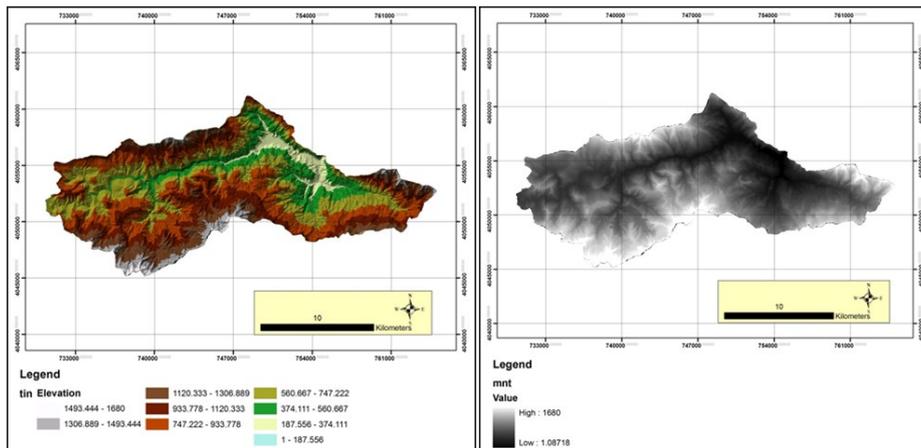


Figure.4. Modèle numérique de terrain en mode GRID et TIN de la zone d'étude.

b) Evaluation de la qualité du MNT relative à la modélisation hydrologique

En particulier, et sur le plan hydrologique, l'analyse des différentes méthodes d'extraction automatique du réseau hydrographique a révélé l'existence de plusieurs problèmes, surtout sur la qualité d'extraction, relatifs

dans un premier temps au choix de la méthode d'extraction et par la suite, au MNT utilisé [5]. On peut distinguer deux types d'évaluation de la qualité du MNT: la validation interne et la validation externe [7]. De ce fait, l'analyse de qualité de ce MNT a été effectuée suivant ces deux types d'évaluation.

b) 1. Validation interne

Cette méthode consiste à contrôler la cohérence interne du MNT, sans la mise en œuvre d'aucune information externe. Dans notre cas, nous nous sommes basés sur les critères d'évaluation suivants ;

- Comparaison visuelle entre les contours dérivés du MNT et ceux de base (qui ont été digitalisés).

A l'issue de cette opération de diagnostic, nous avons démontré que la quasi totalité des courbes de niveau dérivés du MNT coïncident parfaitement avec ceux de base (fig.5).

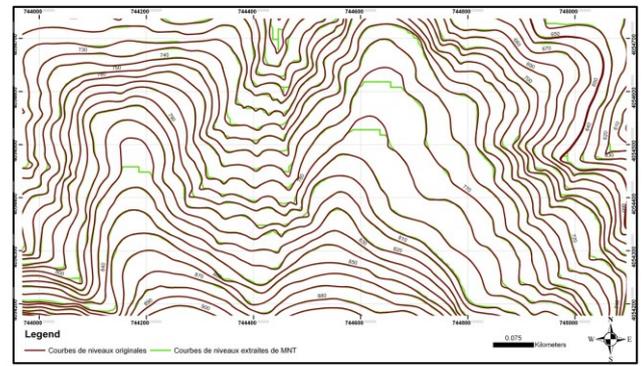


Figure.5. Comparaison visuelle entre les contours dérivés du MNT et ceux Digitalisés.

- Analyse du relief ombré (généré par le MNT)

Nous avons superposé les courbes de niveau originales (qui ont été digitalisées) sur le relief ombré dans le but de connaître la concordance des éléments de relief

représentés dans la carte du relief ombré avec les informations obtenues par les courbes de niveau (fig.6).

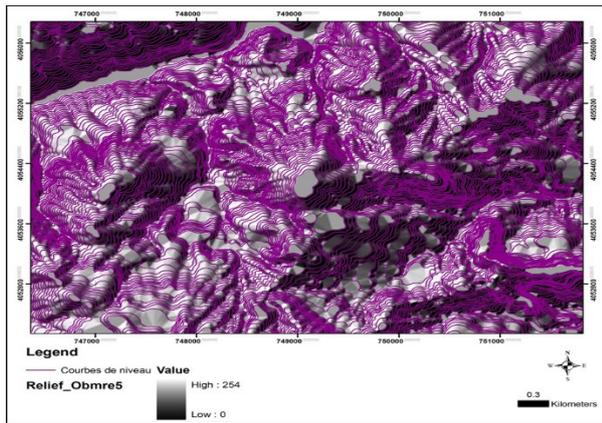


Figure.6. Relief ombré superposé sur les courbes de niveaux digitalisés

le résultat montre que la distribution du relief ombré apparaît en accord avec les informations altimétriques des courbes de niveau sur l'ensemble de la zone d'étude. Ce qui confirme d'une autre part la justesse ou la confiance offerte au MNT qui a été élaboré.

- Comparaison entre le réseau hydrographique virtuel obtenu automatiquement à partir du NMT et celui de la carte topographique

On note ainsi que l'ensemble du réseau hydrographique converge vers une seule rivière qui s'écoule d'Ouest en Est et possède un exutoire calé sur le réel. Il en ressort que le réseau de drainage virtuel (du MNT) est hydrologiquement correct. D' autre part, la superposition du réseau hydrographique virtuel sur celui qui figure sur la carte topographique montre clairement que les deux réseaux coïncident avec un faible décalage (fig.7).

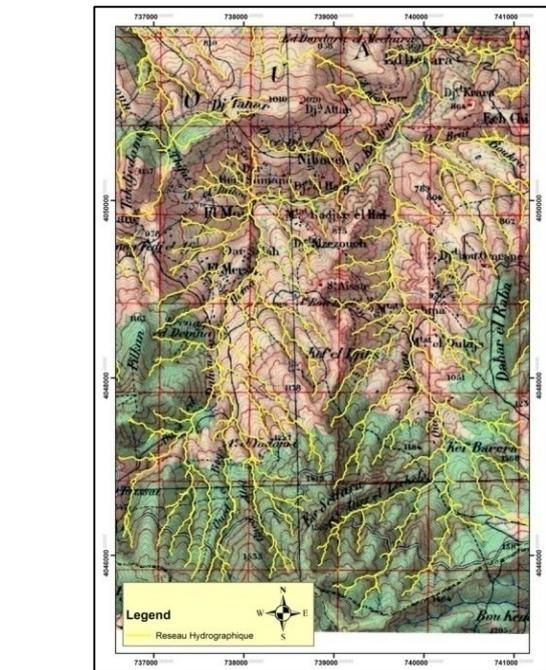
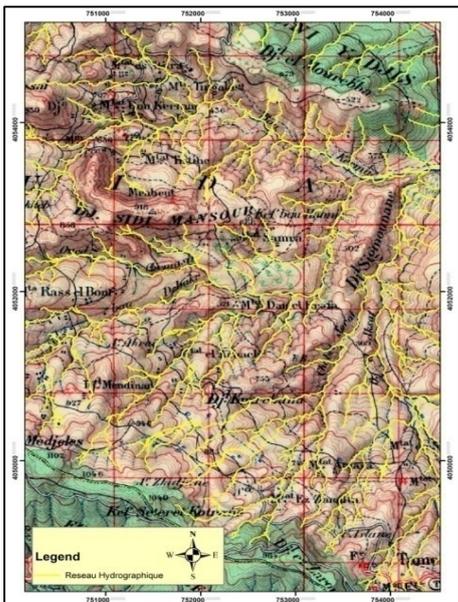


Figure.7. Superposition du réseau hydrographique virtuel et original.

Ce décalage est engendré du fait de l'imperfection de la digitalisation des courbes de niveaux. Ainsi, dans certains endroits, le réseau hydrographique figurant dans la carte topographique présente certains affluents (petits cours d'eau) qu'on ne retrouve pas dans la carte du réseau virtuel. Ceci, est dû au seuil qu'on a choisi pour générer le réseau hydrographique (ici, le seuil d'extraction du réseau de drainage est limité au 200).

b) 2. Validation externe

Ce type de contrôle s'appuie sur des données de référence d'origine externe. Il s'agit de faire une comparaison entre les valeurs d'élévations obtenues par le MNT avec d'autres issues de données de sources différentes. A la suite de cette analyse, nous n'avons pas constaté de grandes différences. Par conséquent, le MNT réalisé semble donc à priori de fiabilité satisfaisante et qualifié pour certaines applications.

Ces analyses ont été suivies à chaque fois par la correction des erreurs détectées. A l'issue de ces travaux de diagnostic, corrections et validation, il en ressort que le MNT généré est plus fiable, plus proche de la surface réelle et permet d'atteindre l'ensemble des objectifs tracés par ce présent travail.

c) Génération automatique du réseau hydrographique

Le facteur topographique constitue le seul et unique plan d'information contrôlant la détermination des cours d'eau à partir du MNT, même si d'autres facteurs (climat, végétation, géologie...) interviennent dans l'apparition d'un écoulement concentré [5]. Le tracé de ce réseau a été réalisé dans l'ArcHydro en suivant les étapes suivantes:

La première étape consiste à traiter les zones plates et les dépressions. Cette étape est suivie par la génération de la grille de direction de l'écoulement. Cette dernière, représente le sens de l'écoulement qui ne renferme que les huit valeurs valables indiquant le sens du courant (fig.8).

APPORT DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DANS LA COMPREHENSION DU COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT D'OUED DJENDJEN.

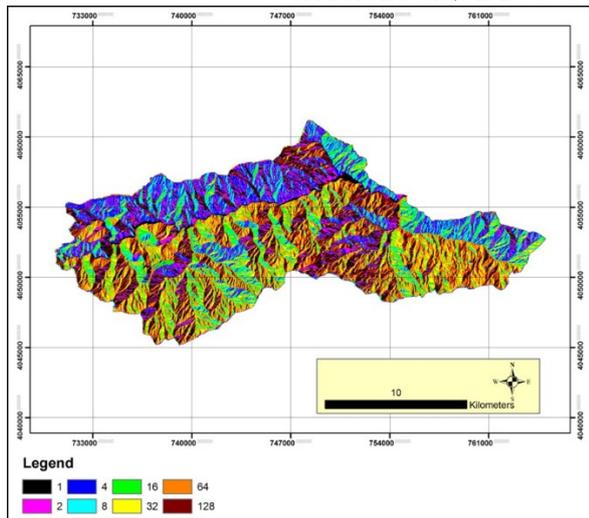


Figure.8. Grille de la direction de l'écoulement de la zone d'étude.

Les valeurs 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 et 128 ont été mises automatiquement par l'ArcMap pour représenter le sens de l'écoulement vers l'Est, Sud-Est, Sud, Sud-Ouest, Ouest, Nord-Ouest, Nord et Nord-Est respectivement. Pour mieux visualiser, analyser, comprendre et caractériser le sens de drainage de ce bassin, un traitement statistique des données obtenues a été réalisé (fig.9).

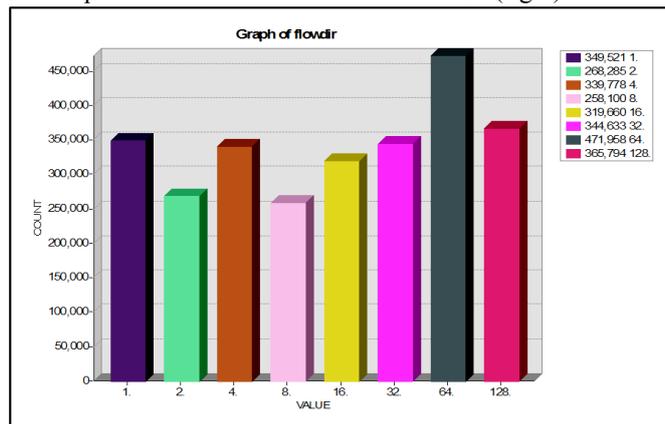


Figure.9. Histogramme de distribution des directions de l'écoulement.

L'écoulement vers l'Est, représente la direction la plus marquée et occupe la majorité de la surface du versant Sud du bassin qui rejoindra au final le lit principal d'oued Djendjen. Ce versant occupant une large superficie, présente une légère pente et une nature lithologique essentiellement marneuse, ce qui lui offre un drainage plus important. Les directions Sud-Est et Sud-Ouest existent dans de faibles proportions. Les autres directions sont réparties sur la quasi-totalité du bassin avec des proportions plus ou moins égales.

L'accumulation de l'écoulement a été déterminée en appliquant la commande *Flow Accumulation*. Ensuite, et à partir de la grille de l'accumulation des flux, nous avons appliqué la fonction *Stream Definition* qui nous a permis de sélectionner les cellules dont la valeur est supérieure à un certains seuil. Par la suite la commande de *Stream Definition* a été appliquée sur la grille obtenue auparavant. Cette fonction va différencier les sections du

réseau hydrographique généré précédemment de façon que chaque cellule appartenant à un même tronçon hydrographique ait la même valeur numérique. En dernier lieu, la vectorisation du réseau hydrographique a été faite, ce qui a permis de faire les différents types de traitement et d'analyse sur l'ensemble du réseau hydrographique (fig.10).

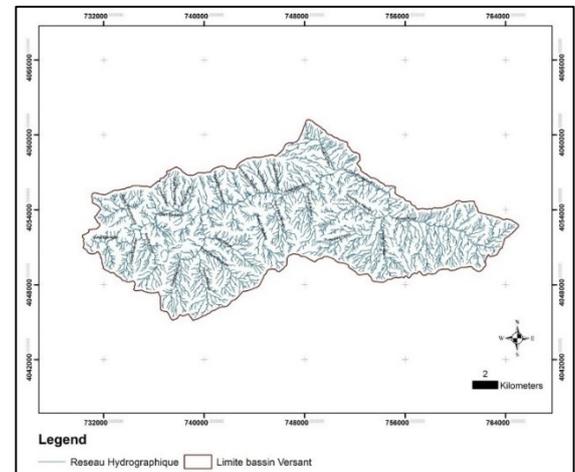


Figure.10. Réseau hydrographique de la zone d'étude (généré à partir du MNT).

d) Elaboration de la carte d'ombrage du relief

Elle joue un rôle très important dans la représentation et l'illustration visuelle du relief, ainsi que dans le contrôle de la qualité du MNT. Elle exprime d'une façon relative la quantité d'énergie provenant d'une source lumineuse artificielle qui atteint chaque pixel [8]. Cette carte a été réalisée, avec une exagération du relief par un facteur de 5, un azimut de la source lumineuse de 315° (correspondant à une direction NW) et une élévation de 45° . Cette image a été par la suite améliorée en augmentant son contraste pour que le relief soit plus aisé à distinguer (fig.11).

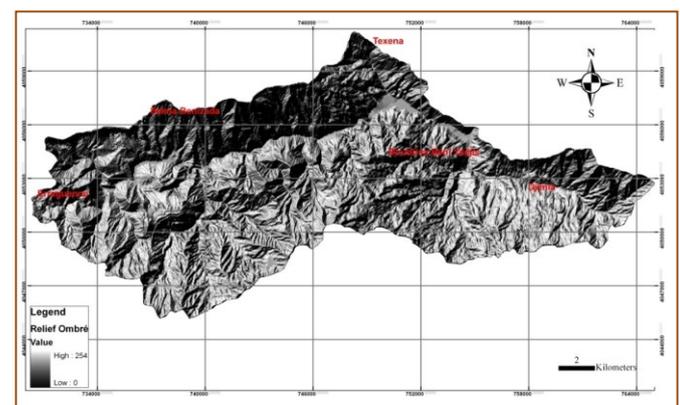


Figure. 11. Relief ombré de la zone d'étude.

e) Elaboration de la carte des pentes

La pente donne une indication sur le temps de parcours du ruissellement direct et exerce une influence sur le débit de pointe lors d'une averse [9]. Ce paramètre influence

grandement sur la perméabilité, la vitesse du ruissellement, l'infiltration et par conséquent, il contrôle, forcément, le processus de l'érosion hydrique des sols et le phénomène d'inondation. Nous avons appliqué la fonction slope d'ArcInfo sur tous ses pixels pour aboutir à une carte de pente en degrés (fig.12) et la distribution des fréquences des pentes (fig.13).

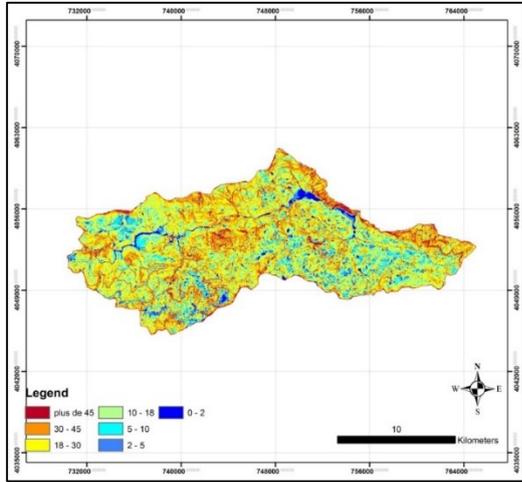


Figure.12. Classes des pentes exprimées en degré (classification d'après Young, 1972).

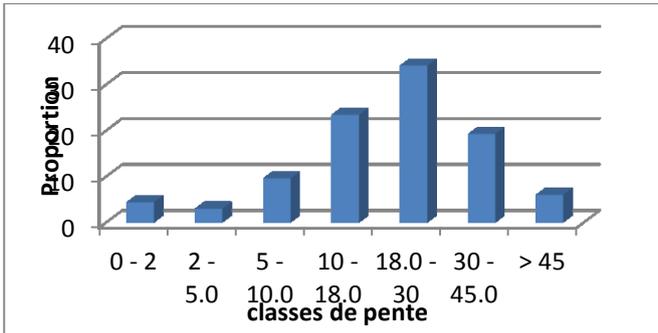


Figure.13. Proportion des superficies occupées par les classes de pente.

La fonction *slope* d'ArcInfo détermine la déclivité maximale de la pente en chaque pixel, par rapport à ses huit plus proches voisins dans une fenêtre de dimension 3*3, en utilisant la technique du maximum moyen [10].

f) Calcul du facteur topographique LS

L'effet de la topographie sur l'érosion du sol est expliqué par le facteur de LS dans l'équation universelle de perte de sol révisée RUSLE. Ce facteur combine en effet, les conséquences du facteur de la longueur de pente L (en mètre) d'une part et du facteur de l'inclinaison S (en pourcentage). Dans ce cas d'étude, le facteur L est bien représenté par Overland Flow Length [11] et le facteur S a été calculé précédemment à partir du MNT et il est bien représenté par la carte des pentes. L'ensemble de ces paramètres ont été réunis suivant une équation mathématique :

$LS = (L/22)^{1/2} (0,065 + 0,045 * S + 0,0065 * S^2)$ [12], pour donner une carte représentative des valeurs du facteur topographique LS (fig. 14).

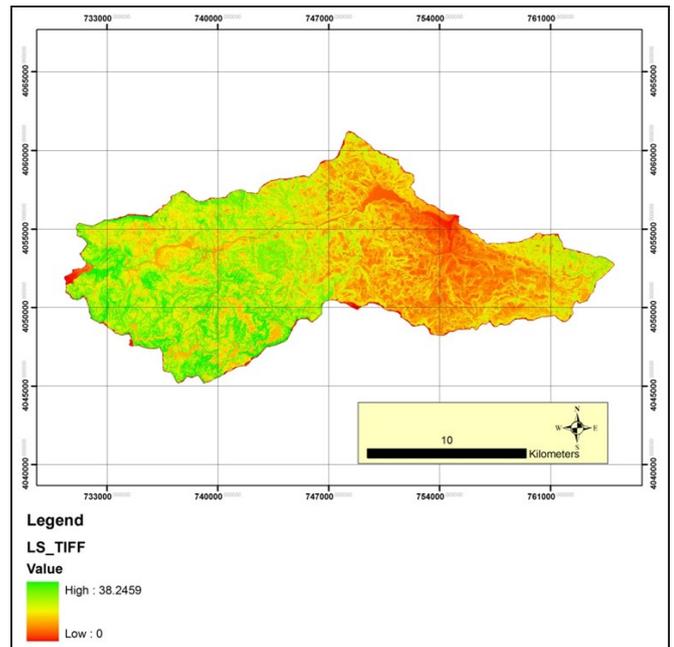


Figure.14. Valeurs du facteur topographique (LS).

V. RESULTATS ET DISCUSSION

Le MNT élaboré peut donc constituer une couche d'information de base et fondamentale pour la compréhension du fonctionnement hydrologique du sous bassin étudié, ainsi que pour la dérivation de plusieurs plans d'information nécessaires aux autres modélisations hydrologiques.

a) Extraction de la zone d'étude et subdivision du bassin en sous bassins :

En effet, l'ensemble du bassin d'oued Djendjen est subdivisé en trois sous bassins. A cet effet, et à l'aide du logiciel WMS, nous avons délimité les trois sous bassins (fig.15) en suivant le processus simplifié par le module *Modeling Wizard* [13].

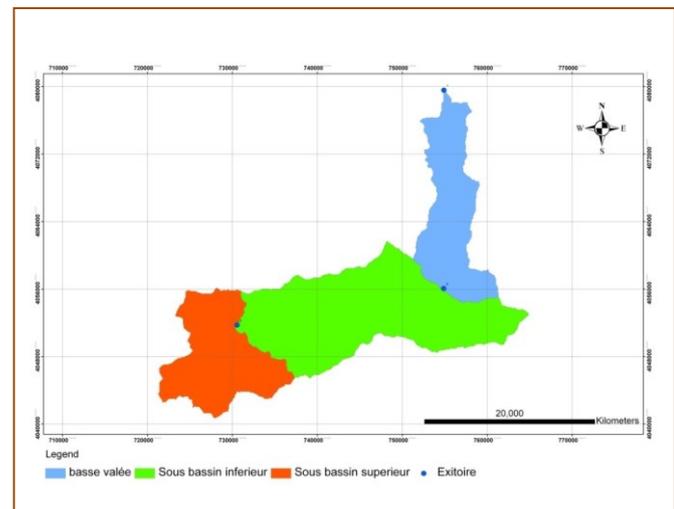


Figure.15. Subdivision de l'ensemble du versant d'oued Djendjen.

Ainsi, nous avons calculé automatiquement (à l'aide de

APPORT DU MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DANS LA COMPREHENSION DU COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DU SOUS BASSIN VERSANT D'OUED DJENDJEN.

WMS) plusieurs caractéristiques morphométriques de ces trois bassins (tableau.1). Il faut signaler que la zone d'étude est appelée sous bassin versant inférieur d'oued Djendjen avec son exutoire se trouvant dans la zone du futur barrage de Tabellout.

b) Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'un des composants les plus significatifs du relief et de son façonnement topographique. D'après les résultats obtenus (fig.10), le réseau de drainage du sous bassin versant inférieur d'oued Djendjen est caractérisé par un drainage très dense, traduisant ses grandes potentialités en ressource hydrique. C'est pour cette raison, que l'exutoire de ce sous bassin a été choisi pour l'implantation du futur barrage de Tabellout.

c) Carte des pentes :

L'analyse de la carte des pentes montre que la zone d'étude est largement couverte par des pentes raides, avec environ 35% de la superficie totale du bassin, dominée par une gamme des pentes variant entre 18° et 30°. La classe des pentes variant entre 10° et 18° et celle variant entre 30° et 45° occupent une large superficie du bassin soit 23% et 19% de la superficie totale, respectivement. A cet effet, on peut dire que le futur barrage de Tabellout est peut être menacé par deux risques majeurs : Le risque d'érosion hydrique du sol et de l'inondation.

d) Carte d'ombrage du relief :

L'analyse de cette carte (fig.14) montre les grands composants du relief, qu'il s'agisse des vallées, des collines, des sommets ou des lignes des crêtes. En effet, cette carte montre, clairement, que la région possède un aspect montagneux à relief très accidenté avec des altitudes maximales allant jusqu'à 1680m. L'ensemble du bassin est entouré par ces montagnes : Djebel Gheria et Djebel Msid Ech Cheta dans la partie septentrionale avec des altitudes comprises entre 1300m et 1420m, Djebels Djimla, Djebel Mejeles et Djebel Agoug dans la partie sud avec des altitudes variant entre 1000m et 1680m, Djebels Ternêt dans la partie orientale et Djebel Zoundaï dans la partie ouest avec des altitudes variant entre 1020m et 1420m.

La zone centrale du bassin versant où le relief s'accroît brusquement, est constituée par une série de collines mano-gypseuses situées sur des altitudes variant entre 500m et 900m et par une série de crêtes calcaires qui se développent sur des altitudes oscillant entre 800 et 1000m.

e) Calcul du facteur topographique LS :

L'analyse de cette carte montre que la zone ouest présente des valeurs plus élevées du (LS) tandis que la partie orientale du bassin est représentée par des basses valeurs. En effet, le facteur LS a une relation proportionnelle avec les pertes en sol. Ceci montre l'importance du facteur LS dans l'estimation des pertes en sol et par conséquent l'apport du MNT pour cette étude. On peut dire que ce bassin présente un potentiel érosif impressionnant, ce qui provoque par conséquent le risque

d'envasement du futur barrage de Tabellout.

f) Caractéristiques géométriques du sous bassin inférieur d'oued Djendjen :

La connaissance des paramètres morphométriques du bassin (la superficie, le périmètre du bassin, sa forme, son relief et son réseau hydrographique), est primordiale pour diagnostiquer le comportement hydrologique. Pour cette raison, nous avons calculé dans ce qui suit, certaines caractéristiques géométriques du bassin d'étude pour enrichir nos connaissances sur leur fonctionnement hydrologique (tableau.1 et 2). Ces calculs ont été effectués tout simplement par les potentialités offertes par l'ArcMap et le WMS.

Tableau.1. Caractéristiques morphométriques des trois sous bassins d'oued Djendjen.

Basin name Characteristic	Bassin supérieur	Bassin Inférieur	Basse vallée
BASINAREA	131.68	271.85	124.31
BASINSLOP	0.26	0.29	0.30
MFDIST	19436.47	31820.90	39287.880
MFDSLOPE	0.07	0.02	0.04
CENTDIST	596.91	59.69	188.80
CENTOUT	8871.92	14791.84	21153.35
SLCENTOUT	0.01	0.04	0.01
PSOUTH	0.51	0.40	0.41
PNORTH	0.49	0.60	0.59
MSTDIST	17289.31	30581.01	37761.15
MSTSLOPE	0.03	0.01	0.03
BASINLEN	12635.47	24970.220	25428.58
SHAPEFACT	1.21	2.30	5.20
SINUOSITY	1.37	1.22	1.48
PERIMETER	81077.73	118275.70	87818.53
MEANELEV	925.99	819.21	372.73
CENTROIDX	728486.38	745854.67	755780.03
CENTROIDY	4047985.63	4052940.37	4065290.88
ADJSLOPE	280.93	128.05	202.17

Tableau.2. Caractéristiques géométriques de la zone d'étude.

Paramètre	Valeurs calculées
Superficie (Km ²)	271.72
Périmètre (Km)	102.00
Indice de compacité	1.74
Longueur du rectangle équivalent (Km)	44.92
Largeur de rectangle équivalent (Km)	6.05
Altitude maximale (m)	1680

Altitude minimale (m)	230
Altitude médiane (m)	900
Densité de drainage (Km/Km2)	2.63
Pente moyenne en degré	22.77

VI. CONCLUSION

Il en ressort que la précision des résultats obtenus et la justesse des plans d'informations dérivés sont liées directement avec la qualité et la précision du MNT. A cet effet, il est obligatoire de consacrer le maximum des efforts dans le stade d'élaboration du MNT. Autrement dit, le chercheur doit être prudent et attentif lors de la collection et la sélection des données et des techniques utilisées lors de l'élaboration du MNT. Ainsi, les travaux de la digitalisation des courbes de niveaux et des points cotés doivent être faits soigneusement. D' autre part, ceci nous a permis d'enrichir nos connaissances concernant le fonctionnement hydrologique de ce bassin en s'appuyant sur les informations dérivées de ce MNT. Ainsi, ce MNT nous a permis d'extraire plusieurs plans d'information et paramètres nécessaires pour certaines études environnementales tels que ; l'érosion hydrique du sol, l'envasement du futur barrage de Tabellout et le risque d'inondation.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]. **MILLER G, LAFLAMME RA.**, 1958: The digital terrain model-Theory and application. Photogrammetric engineering 3 (24), pp. 433-475.
- [2]. **KIRAT S.**, 2006: les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines- cas de la Wilaya de Jijel en Algérie. Thèse Master. Institut d'Agronomie Méditerranéen Montpellier. (Série ; Master of science), n°88, p.20.
- [3]. **DURAND DELGA M.**, 1955 : Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Publ. serv. Carte géol. Algérie, Bull. n° 24, 533 p., 143 fig., 16 pl., 10 pl.h.t.
- [4]. **ANDERIEUX J, DJELLIT H.**, 1989: Structure de la Petite Kabyle occidentale (Algérie) flyschs ultra et flyschs externes. C.A. Acad. Sci. Paris, t. 309, Se, P1191-1196.
- [5]. **CHARLEUX-DEMARAGNE J.**, 2001. Qualité des modèles numériques de terrain pour l'hydrologie application à la caractérisation du régime de crues des bassins versant. thèse science de l'information géographique. Univ, Marne-La-Vallée. 350p.

- [6]. **FRANKLIN WR.**, 1996. Elevation data operations. Dagstuhl-Workshop on computational cartography.
- [7]. **POLIDORI L.**, 1995. Réflexions sur la qualité des modèles numériques de terrain. Bulletin SFPT, 139.
- [8]. **CALOZ R, COLLET C.**, 2001. Précis de télédétection ; vol. 3 : Traitements numériques d'images de télédétection, Presses de l'Université du Québec/AUF, Québec, 380 p. ISBN : 2760511456-9782760511453.
- [9]. **CARTIER L, LECLERC S.**, 1964. Rivière Eaton : caractéristiques topographiques du bassin versant. Ministère des richesses naturelles du Québec, Service d'hydrométrie, Québec.
- [10]. **ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.)**, 2008 : ArcInfo ver.9.3, User's guides.
- [11]. **ESTHER MW.**, 2009. Using GIS techniques to determine RUSLE's 'R' and 'LS' Factors for kapingazi river catchment. Thèse Master. University of Agriculture and Technology of Jomo Kenyatta. (Série; Master of Science), EN 382-0069/2008, 64p.
- [12]. **MORGAN RPC, DAVIDSON.**, 1991. Soil erosion and conservation, Longman Group, U.K.
- [13]. **AQUAVEO LLC (WATERSHED MODELING SYSTEM)**, 2008. Tutorials volume 1, basic data operations, WMS version 8.1.