

## UTILISATION DE LA TELEDETECTION ET DES SIG POUR LA MODELISATION HYDRO LOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE BREZINA

### THE USE OF SIG AND REMOTE SENSING AND GIS FOR HYDROLOGIC MODULATION OF BRIZINA VERSANT BASIN

Benslimane M<sup>1</sup>, Hamidet A<sup>1</sup>, Seddini A<sup>2</sup> & Mederbel K<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche sur les systèmes biologiques et la géomatique, Centre universitaire de Mascara, B.P. 763, Mascara 29000, [med\\_benslimane@yahoo.fr](mailto:med_benslimane@yahoo.fr)

<sup>2</sup>Département d'Hydraulique, Faculté des Sciences de l'ingénieur, Université de Tlemcen

**Résumé :** A climat en majorité aride et semi-aride, l'Algérie a décidé de réagir, à travers la définition et la mise en place d'une nouvelle stratégie de gestion de l'eau par « bassin ». Cette stratégie a pour objectif d'optimiser les systèmes de mobilisation, de stockage et d'exploitation de cette ressource vitale pour le bien-être de l'homme et sa stabilisation. S'étendant sur un large territoire, à accès difficile et dont l'évolution des différentes composantes du milieu (phénomène dynamique), la démarche adoptée consiste à l'application de la télédétection et des SIG à la gestion des bassins versants, notamment pour la modélisation hydrologique. Ceci permet de faciliter les opérations de stockage, de manipulation et d'offrir la possibilité de croisement des données provenant de plusieurs sources en vue de fournir aux décideurs un outil d'aide à la prise de décision. Le site retenu pour cette application (*Brézina*) se distingue de par, sa position géographique (*steppe*), abritant un barrage soumis à un régime hydrologique fluctuant, un milieu physique fragile et un mode de vie socio-économique de type agropastorale. La méthode envisagée est basée sur la cartographie des paramètres du bilan hydrologique de la région

de Brézina tels que les températures et les précipitations à l'échelle du pixel. A partir de l'imagerie NOAA AVHRR et du modèle de bilan d'énergie SEBAL, il sera procédé à l'extraction des informations nécessaires à l'élaboration du bilan hydrologique, notamment l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

**Mots clés** : Télédétection, Bilan hydrologique, Evapotranspiration, Ruissellement, SIG, Brézina.

**Abstract:** The main objective of this work is to map of the hydrological balance parameters in Brézina region such as : precipitation, streaming, infiltration and evapotranspiration on a one year scale by having recourse to the remote sensing. From this point of view, we propose to use several methods. The first illustrates the methodology adopted for mapping the precipitations using, in a combined way, the relief, the distance from the sea and the exposition. Second is used for mapping the streaming on an each pixel scale. This method utilizes a matrix which calls upon the information contained in space variability on the one hand and information resulting from the first method of another share. The cartography of the liquid contribution is carried out by introducing the results of the water blade streamed on the catchments area. The results of the liquid contribution are comparable with those measured on the ground. The combination of information of precipitation and the streaming allow the development of the chart of infiltration. The third method illustrates the methodology of estimate of the evapotranspiration on broad scale. The latter uses images AVHRR and the model of balance of energy SEBAL. The quality and the space precision of these cartographies using imagery NOAA AVHRR open a broad hydrological field of application and their extension can be considered for the exploration of all the steppe area.

**Keywords** : Water balance, Streaming, Evapotranspiration, Mapping, Remote sensing, Brézina.

## **INTRODUCTION**

### **Problématique de l'étude**

De par sa situation géographique, l'Algérie est soumise à un climat semi-aride à aride sur plus de 90% de son territoire. Par voie de conséquence, le développement intense en matière d'infrastructure hydraulique, durant plus de trois décennies, a permis de comprendre que le développement durable du pays devait passer incontestablement par une prise en charge de la gestion de l'eau sous ses multiples facettes. Cette prise de conscience a été rendue nécessaire pour s'adapter à toutes les mutations nées des bouleversements climatiques, notamment une sécheresse récurrente et persistante que vit l'ouest algérien et à une crise économique de l'activité dominante (agropastoralisme), contribuant lourdement au phénomène de désertification des espaces fertiles.

La région de Brézina (Wilaya d'El Bayadh) fait partie de cet espace, caractérisée par une faible pluviométrie, généralement inférieure à 200 mm/an, mais avec des événements pluvieux à durée limitée et à forte intensité, tel que le confirme l'état du couvert végétal et du niveau d'abrasion du sol à travers le bassin versant de Brézina. La relance du développement socio-économique de cette région est conditionnée par la gestion efficiente du barrage de Brezina, dont la construction a été achevée en 1998, d'une capacité globale de 123 Millions de m<sup>3</sup>. La mise en service de cet ouvrage, permettrait de mobiliser les potentialités des eaux superficielles de l'Oued Seggueur, pour un volume régularisable de 6,5 Millions de m<sup>3</sup>, dont le un tiers pour les besoins de l'irrigation de la palmeraie et les deux tiers réservés à la réalisation d'un nouveau périmètre au niveau de la dépression de Daïet El Bagra, situé à 23 Km du site du barrage.

Toutefois, on assiste, actuellement, à un débat sur la question du bilan hydrologique au niveau du site du barrage. Les apports liquides sont exposés à des pertes considérables. En effet, sur un apport de 60 Millions de m<sup>3</sup>, enregistré durant l'année 2004-2005, au niveau de la retenue, il n'en reste que 12 Millions m<sup>3</sup>, soit un taux de déperdition estimé à 80 %. A cela s'ajoute, la menace de l'apport solide (environ 1,2 Millions de m<sup>3</sup>/an) qui contribue à l'envasement rapide de la retenue soit un taux d'envasement d'environ 5%.

Face à cette problématique, l'urgence d'un suivi du bilan hydrologique de ce bassin versant s'impose impérativement en vue de permettre une gestion durable de cette ressource, particulièrement vulnérable dans cette région. En faisant appel à des outils de traitement spatial tel que la télédétection et les SIG, fortement sollicités par les décideurs et les gestionnaires de ce barrage, l'intérêt de ce travail est de contribuer à fournir un outil d'aide à la prise de décision, notamment en matière de programmation des aménagements hydro-agricoles dans la région.

### **Méthodologie adoptée et objectifs attendus**

L'objectif général de cette contribution est d'évaluer les possibilités de l'imagerie satellitaire NOAA-AVHRR, la quantification de la quantité d'eau entrante et sortante à l'échelle d'un bassin versant de Brézina (3677 km<sup>2</sup>) et le comportement de son régime hydrologique vis-à-vis des pressions et des contraintes physiques et socio-économiques qui caractérisent cette région semi-aride du sud-ouest algérien. On aura à préciser successivement :

- La détermination des relations entre les divers mécanismes d'échange des deux cycles, celui de l'énergie rayonnante principal moteur de toute réaction terrestre et celui de l'eau.

- L'étude des équations théoriques qui décrivent les échanges d'énergie entre la surface et l'atmosphère. Ces équations sont présentées de manière à mettre en évidence l'influence respective des caractéristiques de la surface en relation avec les données de la télédétection et les modèles qui caractérisent l'interface SVA.

- La cartographie les différents paramètres du bilan hydrologique : température de surface, végétation, albédo, pluviométrie, lame d'eau ruisselée, l'infiltration et l'estimation de l'évapotranspiration annuelle par le biais du bilan d'énergie, en utilisant le modèle SEBAL.

La détermination du bilan hydrologique du bassin versant étudié et les perspectives de la gestion des ressources en eaux à l'échelle du bassin versant, seront déterminés à partir du couplage télédétection-SIG.

Il s'agit donc d'une contribution à une approche d'essence fortement pluridisciplinaire. Les paramètres fondamentaux du bilan hydrologique sont abordés sous la contrainte de l'indisponibilité de l'information de terrain, mis à part quelques données incomplètes et aléatoires, fournies par les services de l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts, il est mis à contribution, en vue d'enrichir le dispositif des données de base et apporter des réponses aux problèmes de développement local.

## **SITUATION ET DESCRIPTION DU SITE**

### **Localisation du site d'étude**

Le site retenu pour cette étude est localisé dans l'espace steppique s'étendant du synclinal d'El Bayadh formant le flanc au nord, à Khang Larouia au flanc Sud, formant une véritable barrière physique à la limite du Sahara (fig.1). Il représente une unité hydrologique en amont du barrage de Brézina, situé à une dizaine de km au Nord de 'l'oasis de Brézina'. Il se distingue par une vulnérabilité du bassin versant, marquée par un sol à forte dégradation naturelle et anthropique, un relief accidenté, une mosaïque lithologique variée. A l'amont du barrage une activité agropastorale intense, offre au site une occupation du sol très maigre, souvent le prélude d'une désertification annoncée.

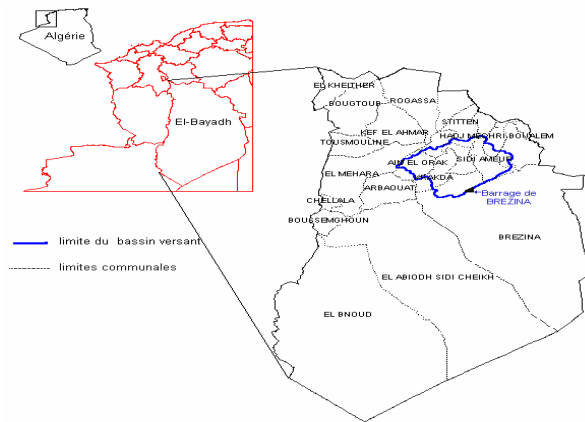


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

## Hydrographie

Le bassin versant s'étend sur une superficie de 3677.5 km<sup>2</sup>, laquelle est drainée par les oueds Ghasoul et oued Rahoul affluent de Oued Seggueur sur lequel a été conçu le barrage et ses ouvrages annexes. L'Oued principal prend sa source plus au Nord, au niveau d'El Bayadh, et parcourt 160 Km avant de déboucher au niveau du site du barrage, au lieu dit « Khang Larouia ». A partir de ces gorges, situées sur la barre de calcaire fissuré de Djebel Diss, le cours d'eau quitte les Monts de l'Atlas, en direction de Oued Namous qui se perd dans le désert de la Saoura. Dans son passage, Oued Seggueur alimente la nappe phréatique de l'oasis de Brézina et poursuit son cheminement vers la dépression de Daïet El Bagra et Daïet El Anz, où l'épandage naturel des eaux et des limons fertiles, donne à cette localité une importance économique au monde rural de la région. A ce niveau, une Périmètre irrigué est en cours d'achèvement sur une superficie de 1000 ha, équipé d'un réseau d'arrosage par aspersion. La carte relative au réseau hydrographique témoigne d'un chevelu bien hiérarchisé (Fig. 2).

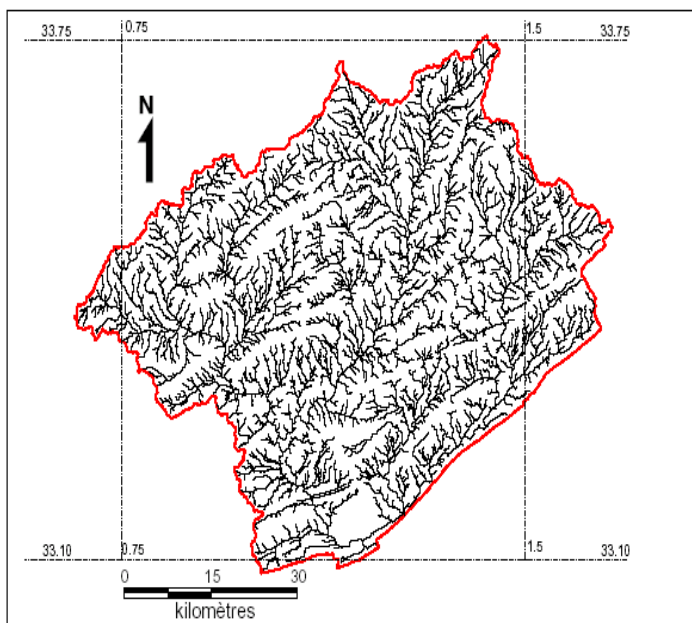


Fig. 2. Réseau hydrographique du bassin versant de Brézina

### Géologie

Le substratum de la majeure partie du site est constitué de couches clastiques sénoniennes et du Mésozoïque inférieur. Ces couches sont composées de grès et de siltstones. Le long du secteur aval du fond du barrage Brézina, une couche de gypse y est intercalée. Au sud de ces couches clastiques sénoniennes, suit de manière concordante une bande de couches calcaires du cinomanien et du Turonien. Ces couches, très abruptes, constituent la barre de Djebel Diss, où est encaissé le barrage. Sur le côté aval du barrage se sont déposées les couches clastiques discordantes de l'Eocène.

### Climat

Les seules observations météorologiques disponibles sont celles de la station de Labiadh Sidi Chikh, situé à 160 km à l'Est de Brézina (altitude : 903m ; Longitude : 00°32'E ; Latitude : 32°52'). La valeur moyenne des précipitations durant la décennie (1985-1995) est de 134.8 mm pour 32 jours de pluie. Quant aux températures, elles ont enregistré une moyenne de 18.63 °C, avec un maxima de 31.56°C (Juillet/Août) et un minima de 2.16 (Janvier). Les vents atteignent une vitesse de 5 m/s avec une direction

dominante NNO-SSE. L'humidité relative de l'air est comprise entre 34 à 50 % en moyenne.

### **Occupation du sol**

Les sols de la région de Brézina se décomposent en trois zones :

- les terres agricoles (0,08 % de la superficie), constituées essentiellement par la palmeraie de Brézina (divers vergers) et la zone d'épandage de Daïet El Bagra et Daïet El Anz (essentiellement céréales et fourrages ;
- les parcours présahariens (Hamada) ;
- la zone dunaire (erg) à l'extrême sud. Cette occupation du sol est illustrée par la figure ci-après (Fig.3), résultat de la composition colorée de la zone d'étude.

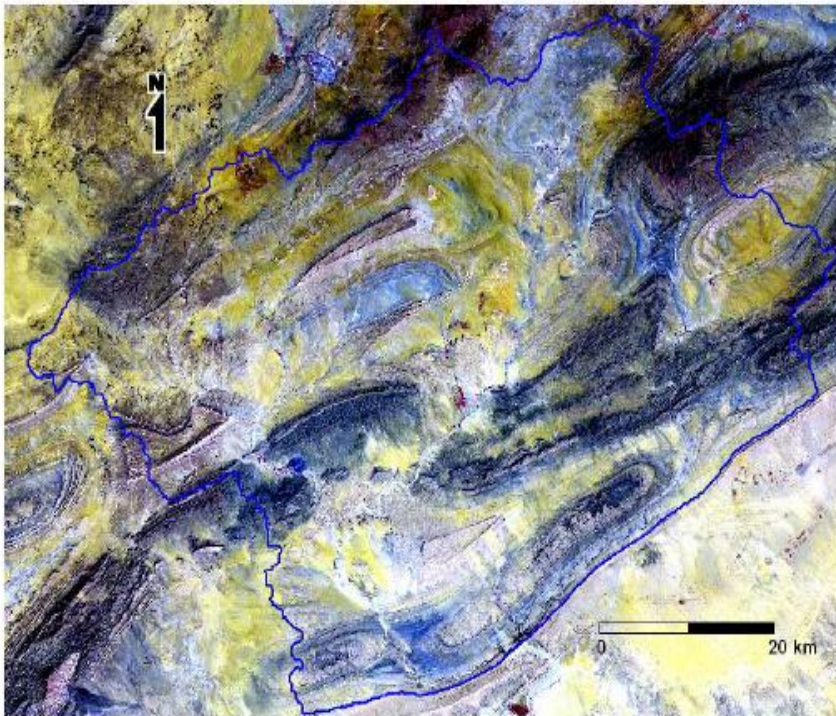


Fig. 3. Composition colorée du bassin versant de Brézina (Image LANSAT ETM).



## **DONNÉES UTILISÉES ET MÉTHODE D'INVESTIGATION**

### **Données satellitaires**

Les données utilisées sont issues des images de NOAA-AVHRR, soit trois prises par semaine du 1er janvier au 31 décembre de l'année 1998. De telles données, offrent des possibilités exceptionnelles en raison de la couverture quotidienne de ces satellites et de leur sensibilité aux processus des écosystèmes.

La première opération consiste à repérer les points remarquables sur la carte et sur l'image à rectifier. Les points choisis sont appelés " points amers ". On récupère les coordonnées des amers repérés sur la carte que l'on introduit directement dans le module de création de points d'appui d'ENVI. La projection choisie est la projection UTM fuseau 30-éllipsoïde, adoptée pour toutes les couches d'information. Les points d'appui serviront au calcul de la matrice de transformation entre nos deux systèmes. Pour les rendre superposables, les images satellitaires ont été corrigées géométriquement par un polynôme de deuxième degré à partir de 6 points de calage.

### **Données météorologiques**

Les variables météorologiques ont été collectées au niveau de Sept (7) stations localisées au niveau du bassin versant (Tableau n°1), afin de mesurer la température de l'air (minimale, maximale et moyenne), la température dans le sol (0,5 et 1m), les précipitations mensuelles, l'humidité de l'air et la vitesse du vent.

Tableau 1 : Stations météorologiques retenues et leurs caractéristiques géomorphologiques

Station	Altitude	EXP	X Km	Y Km
EL BAYADH	1209,34	283,53	869,97	3748,51
STITTEN	1347,61	338,18	890,25	3751,66
AIN EL -ORAK	1312,20	74,03	347,41	3702,34
GHASSOUL	1139,61	212,55	890,68	3701,06
S-A-BEL ABBES	1243,82	182,14	918,95	3717,17
BREZINA	849,71	184,69	899,36	3669,37
ARBA-TAHTANI	1038,91	294,09	834,42	3665,95

### Méthodes d'investigation

La méthode retenue est basée sur la résolution des équations du bilan hydrologique (équation 1) et du bilan énergétique (équation 2) à l'échelle du pixel. Dans la résolution de l'équation du bilan d'énergie, nous utilisons les paramètres d'entrée issus de l'image satellite, à savoir l'indice de végétation NDVI, l'albédo et la température de surface.

L'indice de végétation NDVI (Rouse et al, 1972) est calculé à partir des réflectances de surface dans le rouge ( $\rho_r$ ) et le proche infrarouge ( $\rho_{pir}$ ) :

$$NDVI = \frac{\rho_{pir} - \rho_r}{\rho_{pir} + \rho_r}$$

L'albédo  $r_o$  est calculé à partir d'une pondération des réflectances dans le domaine des courtes longueurs d'onde et corrigé des effets atmosphériques à partir des données au sol.

Pour la température de surface, nous avons calculé les luminances spectrales dans l'infrarouge thermiques, qui sont ensuite convertie en températures radiatives en utilisant la formule de Planck. Ces températures radiatives sont corrigées des effets de l'atmosphère et de l'émissivité pour avoir la température de surface (Hamimed et al, 2003).

En fait, l'équation du bilan hydrologique s'exprime par :

$$P = R + I + ETR \quad (1)$$

Avec :

P est la pluviométrie annuelle en mm qui est utilisée suivant trois formes : le ruissellement R, l'infiltration I et l'évapotranspiration ETR. Cette dernière est déduite des mesures de télédétection par l'intermédiaire du flux de chaleur latente LE qui est estimé comme le terme résiduel de l'équation du bilan d'énergie :

$$LE = R_n - G - H \quad (2)$$

Avec :

LE est le flux de chaleur latente (l'équivalent énergétique de l'évapotranspiration),  $R_n$  est le rayonnement net, G est le flux de chaleur dans le sol et H est le flux de chaleur sensible. Toutes ces grandeurs énergétiques sont exprimées en  $W.m^{-2}$ .

Nous avons utilisé la fraction d'évaporation FE pour permettre le passage d'une grandeur instantanée de flux de chaleur latente mesurée par le satellite à une grandeur journalière qui correspond à l'évapotranspiration réelle. La fraction d'évaporation est considérée stable à l'échelle d'une journée voire plusieurs journées entre deux prises de vue satellitaires (Bastiaanssen, 2002)

### **Analyse des types de sol :**

L'analyse de type de sol du bassin versant de Brézina est établie sur la base des affleurements lithologiques observés en corrélation avec l'image satellitaire mise à notre disposition. D'après la carte de type de sol (fig.4), on distingue cinq classes : les calcaires durs qui affleurent en forme de sillons orientés d'Ouest en Est (au Sud du barrage) ; les formations marneuses gypseuses noyées dans le massif calcaire ; le remplissage sédimentaire couvrant les autres formations superficielles, de nature argilo-gypseuse (au centre du bassin) et les sols marno-calcaires au environs de la région d'El Ghassoul.

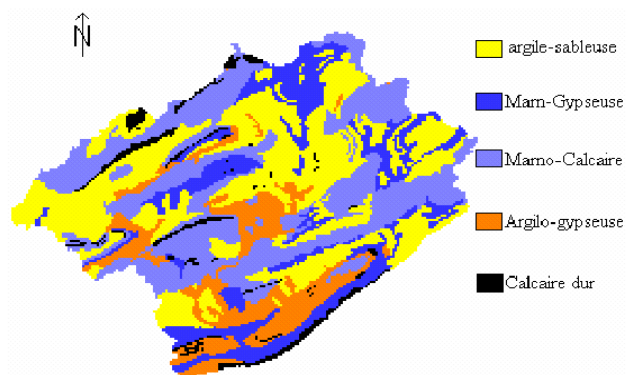


Fig. 4. Les différentes classes du sol de la zone d'étude.

Il s'agit, d'un sol à dominance calcaire, avec des intercalations de marne, d'argile et de gypse. Sur le reste de la superficie du terrain de parcours, les sables couvrent les autres formations où elles possèdent un coefficient de ruissellement plus ou moins faible.

### **Indice de pente**

La carte des pentes du bassin versant de Brézina, montre un relief accidenté dans sa majorité (Fig.5). Il est fortement raviné, ce qui favorise un écoulement sporadique et un charriage des matières solides conséquent. On a classé les pentes du bassin versant en quatre classes. La forte pente est remarquable au Nord du bassin où les altitudes peuvent aller à 1200 m (plus de 10%). Cette pente devient faible à la limite Sud du bassin versant (inférieure à 0,5%). Une moyenne pente caractérise le reste du bassin versant (de 5 à 10%).

### **Indice de végétation**

Un grand nombre d'indices de végétation peuvent être obtenus des données satellitaires, comme l'indice de végétation différence normalisée (NDVI) sur AVHRR. Le NDVI est estimé à l'aide des réflectances dans les canaux rouge et proche infrarouge. En se basant sur les cartes de l'indice de végétation, le couvert végétale du bassin versant est relativement faible.

Cette couverture, très dégradée, présente de mauvaise qualité de recouvrement et de régénération. Trois types d'occupation caractérisent le bassin versant de Brézina :

-Sol nus :  $NDVI < 0,15$

-Couvert dense (foret) :  $NDVI > 0,25$

-Couvert moyen dense (herbe) :  $NDVI$  compris entre 0,15 à 0,25.

### **Matrice pour le calcul de la lame d'eau ruisselée**

La lame d'eau ruisselée annuelle ( $Le$ ), exprimée en mm, correspondant à la hauteur d'eau fictive qu'atteindrait le volume écoulé ( $V$ ) s'il était uniformément réparti sur une surface horizontale de superficie ( $S$ ) égale à celle du bassin versant. La carte de coefficient de ruissellement est fondamentale pour l'estimation du bilan hydrologique.

## **RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

### **Estimation de la lame d'eau**

Le calcul de la lame d'eau ruisselée se répète sur toute la surface du bassin versant qui est composé de 5934 pixels. D'après la carte de la lame d'eau ruisselée (Fig.5), on constate que l'irrégularité de la précipitation, la diversité des types de sol, les fortes pentes, perturbent la répartition de l'eau sur le bassin versant. Cette perturbation est remarquable sur les pixels ayant une précipitation plus forte et un coefficient de ruissellement plus élevé. A l'exutoire la lame d'eau reçue atteint annuellement 784 mm. C'est une faible quantité par rapport à la surface du bassin ce qui explique qu'il y a une importante quantité d'eau qui s'infiltré avant son arrivée à l'interface Sud du bassin.

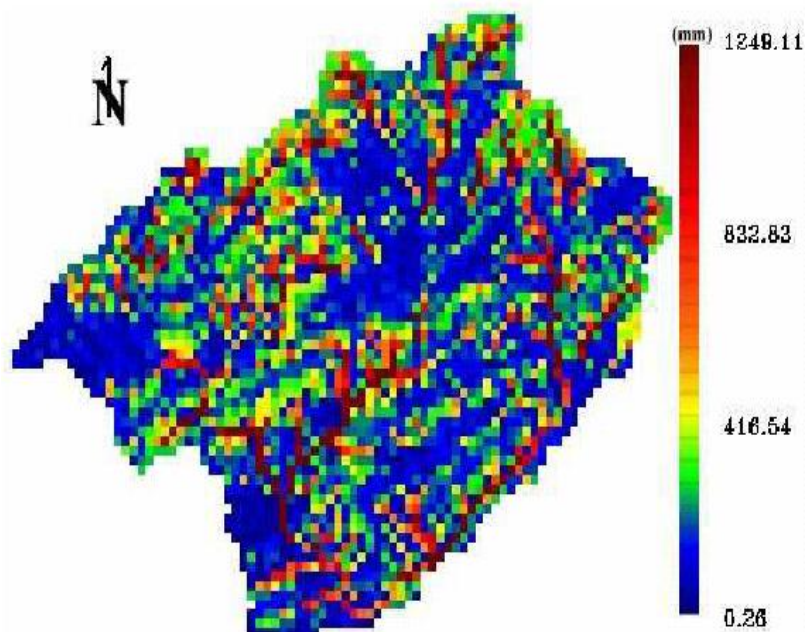


Fig. 5. Lamme d'eau ruisselée de la zone d'étude.

### Estimation de l'infiltration

L'estimation de l'importance du processus d'infiltration permet de déterminer quelle fraction de la pluie va participer à l'écoulement de surface, et quelle fraction va alimenter les écoulements souterrains et donc aussi participer à la recharge des nappes souterraines. Elle est conditionnée par des facteurs tels que : Le type de sol (structure, texture, porosité) ; la couverture du sol ; la topographie et la morphologie et le débit d'alimentation (la quantité d'eau précipitée). Pour le calcul de l'infiltration de chaque pixel, nous avons utilisé un programme qui fait intervenir deux images en entrée, celle de la pluie et celle de la lamme d'eau ruisselée. La carte de l'infiltration (Fig.6) nous permet de constater que l'infiltration est liée à la perméabilité du sol. On remarque une forte infiltration caractérise la majorité des pixels du bassin versant allant jusqu'à 300 mm. Cette quantité d'eau est considérable par rapport à la quantité d'eau stockée chaque année. Ce constat est lié directement au type du sol, qui peut être fissuré, et à la présence des failles à une faible profondeur.

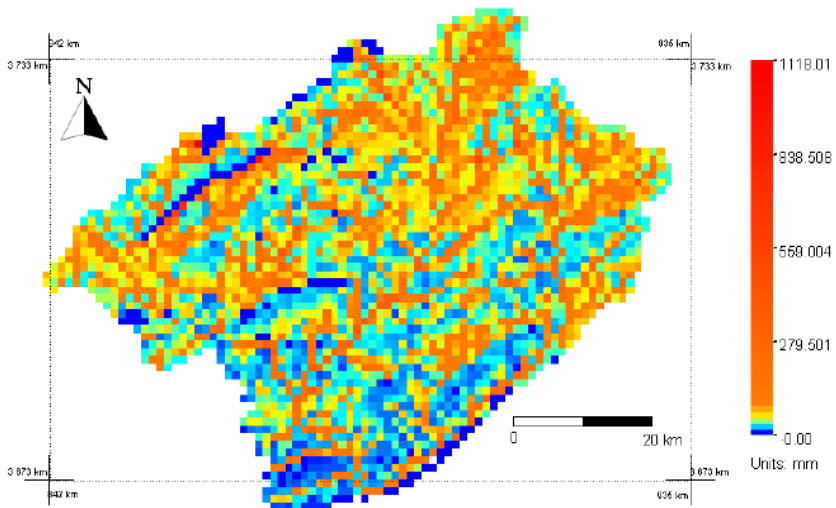


Fig. 6. Carte d'infiltration du bassin versant étudié.

### Estimation de l'apport liquide

Pour l'élaboration de la carte de l'apport liquide du bassin versant, une combinaison des couches d'information est utilisée. En utilisant un programme qui fait intervenir en entrée l'image de la lame d'eau ruisselée, en multipliant chaque pixel de lame d'eau par sa superficie (fig.7).

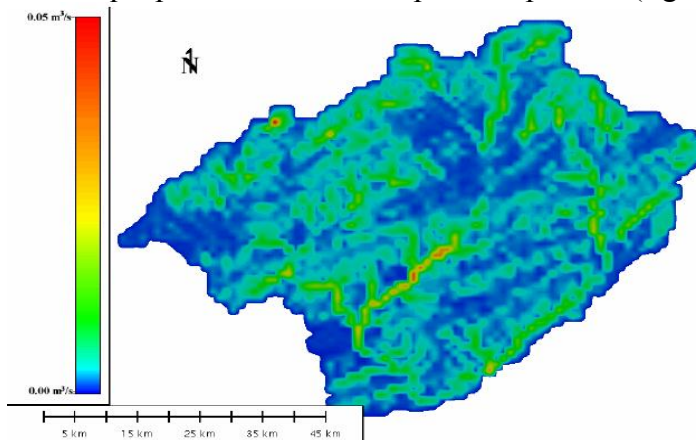


Fig. 7. Carte de l'apport liquide de la zone d'étude.

L'apport liquide annuel dans le bassin versant est considéré comme faible, en raison de la pluviométrie de l'année considérée "déficitaire". L'apport à l'exutoire atteint que  $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ , soit un volume annuel de  $1,5 \text{ Mm}^3/\text{an}$ .

### Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration reste le paramètre le plus important du bilan hydrologique. Sa cartographie par le bilan énergétique fait appel à plusieurs paramètres qui nécessitent l'estimation d'autres paramètres non accessibles par télédétection (rugosité de surface, vitesse du vent, température de l'air...). D'après cette image (fig.8), on constate que l'évapotranspiration est fonction d'une part de la couverture végétale et d'autre part de l'altitude. En ce qui concerne la couverture végétale, une forte évapotranspiration est observée dans les zones denses. Elle atteint annuellement  $68 \text{ mm}$ .

Ainsi, l'estimation de l'évapotranspiration repose fondamentalement sur l'équation de bilan d'énergie à l'échelle du pixel par extraction de ses diverses composantes à partir de la cartographie du flux de chaleur sensible obtenue des données satellitaires NOAA AVHRR

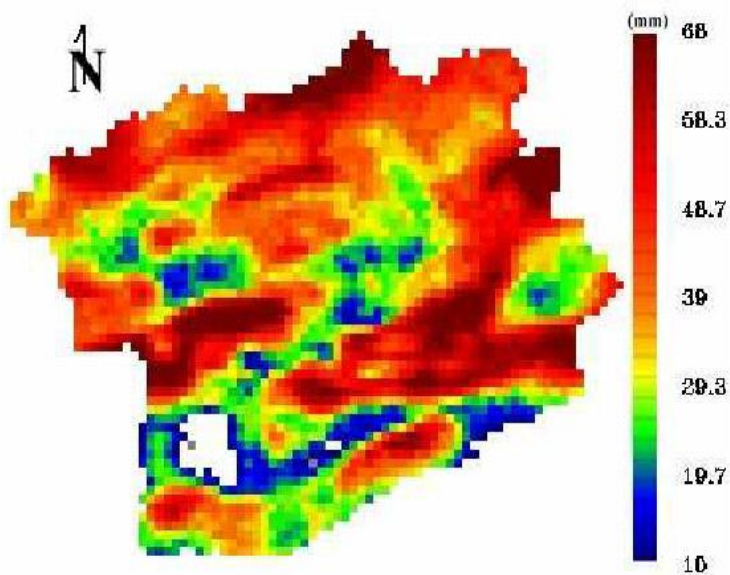


Fig. 8. Carte de l'évapotranspiration de la zone d'étude.



## DISCUSSIONS

L'apport qui vient d'être calculé par extraction des paramètres de surface à partir des images satellites de 1998, soit un apport liquide de 0,05 m<sup>3</sup>/s, a été enregistré durant l'année 1982/83. Or, la moyenne des débits jaugés par les services de l'agence nationale des barrages et des transferts, durant une série d'observation de 30 ans, s'étalant entre 1948 et 1986, donne une moyenne de 0,91 m<sup>3</sup>/an. Ceci s'explique, certes, par le choix d'une année déficitaire, mais la tendance de ces dernières décennies semble se diriger vers une sécheresse persistante. Le volume régularisable par le barrage de Brézina, à l'aval, est évalué à 6.5 Mm<sup>3</sup>/an répartis entre les besoins eau pour l'alimentation en eau potable de Brézina (9 429 habitants) : 0,62 Million de m<sup>3</sup>/an ; les besoins en eau de la palmerais (174 ha) : 1.47 Million de m<sup>3</sup>/an et les besoins du nouveau périmètre de Daïet El Bagra (330 ha) : 4,41 Million de m<sup>3</sup>/an.

Par ailleurs, il est à signaler que les apports solides, quantifiés au niveau du barrage, estimés à une moyenne de 1,2 tonnes/m<sup>3</sup> (poids spécifique des matières solides), sont équivalents à un volume de 1,183 Million de m<sup>3</sup>/an, ce qui confirme la fragilité du contexte lithologique du bassin versant ainsi la forte pression du pacage par le cheptel de cette région à vocation agropastorale. A ces contraintes, s'ajoute l'irrégularité des paramètres climatiques exceptionnels et discutables, du fait de l'absence des données de terrain, nécessaires à la validation des résultats obtenus. Paradoxalement, on se retrouve devant une situation critique, où la gestion des eaux superficielles en milieu semi aride (voir très proche de l'aride) par ce type d'ouvrage, est peu adaptée par rapport au bilan hydrologique enregistré à l'exutoire du bassin versant. Une telle situation nous interpelle, à priori, sur l'utilité d'un tel investissement dans un pareil site !

## CONCLUSION

Cette modeste contribution a eu pour but de contribuer à un développement des méthodologies permettant d'intégrer la télédétection et les SIG aux approches utilisées pour améliorer les estimations des flux d'énergie et de masse à l'échelle régionale et par conséquent estimer l'évolution d'une région aride en terme de ressources en eau. Nous avons vu que les données issues de NOAA-AVHRR permettent le suivi des variations annuelles du bilan hydrologique.

Ainsi, nous avons pu constater que les observations satellitaires véhiculent de riches informations. C'est à partir de ce constat que nous avons mené notre étude portant sur une interrogation simple et primordiale " Comment ce potentiel d'information peut-il être utilisé pour l'évaluation des

ressources en eau d'une région semi-aride? ". L'approche, basée sur le couplage télédétection – SIG, a été réalisée en appliquant plusieurs méthodes telle que la méthode de "split-window" et le modèle SEBAL qui apparaît le mieux indiqué pour d'estimer l'évapotranspiration et les bilans d'eau et d'énergie en zone aride à partir de l'exploitation des données de satellite NOAA-AVHRR.

Les résultats obtenus montrent que l'année d'exploration (1998) correspond à ceux d'une année plus ou moins sèche et d'une faible pluviométrie.

Par ailleurs, en raison d'une forte infiltration, la quantité d'eau stockée au niveau du barrage est très réduite. L'estimation de l'évapotranspiration à travers l'équation du bilan d'énergie, fait apparaître que l'évolution de flux de chaleur sensible est la plus délicate. La valeur évaluée par le modèle de TURC est plus proche a celle issue du modèle SEBAL. Ce qui donne une forte apologie au recours à la télédétection et la modélisation.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Agence Nationale des Barrages (1999) : « Constat sur l'évolution du phénomène d'envasement du barrage de Brézina durant la période de construction » - Communication. Journées Techniques sur les Barrages - Biskra le 17 & 18 Mars 1999.
- Boussema M.R., Merzoug A., Galoz R. et Chevalier J.C. (1998) : « Action de recherche concerté : télédétection des ressources en eau ». Ed. AUPELF – UREF –p.297-308.
- El Hadani D. (1997) : « Télédétection et système d'information géographique pour la gestion et la recherche de l'eau » - Proceedings of Rabat Symposium S3. Avril 1997. IAHS – publication n°242. p.197-204.
- Elektroprojekt : « Rapport hydrologique »-APS/APD Code n°16134 – ZAGREB.
- Flouzat G., Amran O. & Fortin J.P. (2000) : « la place des observations par capteur satellitaire dans l'estimation et la régionalisation des ressources en eau » Rev. Télédétection & Francophonie : analyse critique et perspectives. Ed. AUF. pp189-203.
- Giraud G. (1986) : « Les Modèles Hydrologiques »-Centre d'Informatique Géologique, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Hamimed A., Lansari A., Mederbal K., Benhanifia K & Leutrech B.N. (2000): « Estimation de la température de surface et de l'émissivité à

- partir des données satellitaires NOAA-AVHRR » - Bulletin des Sciences Géographiques / n°12. Octobre 2003.
- Hamimed A., Mederbal K & Khaldi A. (2001) : « utilisation des données satellitaires TM de Landsat pour le suivi de l'état hydrique d'un couvert végétal dans les conditions semi-arides en Algérie »
- Ministère de l'Hydraulique, Direction des Milieux et de la Recherche Hydraulique (1976) :« Etude des apports de la crue de septembre-octobre 1976 à la station hydrométrique de Kheneg Larouia sur le bassin versant de l'Oued Seggueur» Dossier n°13.03.21.
- Yamani K. (2005): "Modélisation du bilan hydrologique par télédétection (cas du bassin versant de Brézina- Wilaya d'El Bayadh- Mémoire Magister – CUMascara- pp160.