

APPLICATION DU SIG POUR LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE SAÏSS (MAROC)

AHARIK Kamal & EL GAROUANI Abdelkader

Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Route d'Imouzzer, B.P. 2202, Fès, Maroc, email: kamalaharik@yahoo.fr & el_garouani@yahoo.fr

RESUME :

La région d'étude concerne la plaine de Saïss caractérisée par une faible topographie qui varie entre 250 m et 600 m. Administrativement la plaine de Saïss domine la région de Fès-Meknès. D'après le découpage administratif de 2014, elle comporte deux Wilayas (Fès et Meknès). La gestion des ressources en eau dans la région de Saïss est gouvernée par la complexité de plusieurs variables (Alimentation en eau potable urbaine et rurale, recharge naturelle et artificielle des nappes, etc.). Cette complexité nécessite le développement d'un Système d'Information Géographique pour la gestion des ressources en eau qui intègre toutes les composantes et les variables du système hydrologique de la plaine de Saïss. Ce système se base sur une approche pluridisciplinaire qui englobe l'étude du contexte naturel (Géologie, climatologie, hydrologie, occupation du sol, etc.). Le système permet la gestion des paramètres du bilan hydrologique (Précipitation, température, évapotranspiration, etc.) et leur variabilité spatio-temporelle. Il gère aussi les résultats des requêtes sous forme de cartes par le calcul des composantes du bilan (ressources-besoins) à l'échelle de la région de Saïss.

Mots-clés : Ressources en eau, Bilan des nappes, SIG, Plaine de Saïss, Maroc.

GIS APPLICATION FOR WATER RESOURCES MANAGING IN SAÏSS REGION (MOROCCO)

ABSTRACT:

The study area concerns Saïss plain characterized by low topography that varies between 250 m and 600 m. Administratively Saïss plain dominates the region of Fez-Meknès. According to the administrative division of 2014, it has two wilayas (Fez and Meknès). Water resources management in Saïss region is governed by the complexity of multiple variables (Drinking water supply in urban and rural area, natural and artificial recharge, etc.). This complexity requires the development of a Geographic Information System for water resources management that integrates all the components and variables of the hydrological system of Saïss plain. This system is based on a multidisciplinary approach that encompasses the study of the natural environment (Geology, climatology, hydrology, land use, etc.). The system allows the management of water balance parameters (Precipitation, temperature, evapotranspiration, etc.) and their spatial and temporal variability. It also manages query results into maps by calculating the balance components (resources-needs) throughout the Saïss region.

Keywords: *Water resources, Groundwater Balance, GIS, Saïss Plain, Morocco.*

INTRODUCTION

La gestion des ressources en eau à l'échelle de la plaine de Saïss est envisagée par l'approche du bilan ressources besoins du complexe aquifère de Saïss assistée par un SIG. L'approche du bilan repose sur l'évolution annuelle des ressources hydrologiques et l'évolution des besoins (ABHS, 2007). Les composantes du bilan varient entre la nappe phréatique et la nappe profonde. Les travaux de recherche effectués dans la région ont permis de dire que l'infiltration de la pluie et la drainance ascendante constituent les entrées de la nappe phréatique (Mac Donalds et al. 1990; Essahlaoui, 2000; Belhassan, 2009; Belhassan, 2011; El Ibrahimy et al. 2015). Les prélèvements pour les besoins agricoles et les drainages par les sources et les oueds représentent les sorties de la nappe. Concernant les termes du bilan de la nappe profonde (Mac Donalds et al. 1990 ; Amraoui. 2005 ; Amraoui et al. 2013) sont essentiellement l'alimentation par infiltration pluviale au Causse Moyen Atlasique, les exploitations pour l'alimentation en l'eau potable et industrielle, et le drainage par les sources et oueds. L'infiltration constitue un élément important dans le bilan des deux nappes du complexe aquifère de Saïss. Elle est déduite à partir du bilan hydrologique.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La région d'étude concerne la plaine de Saïss qui est caractérisée par une faible topographie variant entre 250 m et 600 m. Elle représente 6% de la superficie du bassin du Sebou. La population représente le moteur de base du développement dans la région puisqu'elle abrite environ 2 408 584 habitants selon le recensement de l'année 2014.

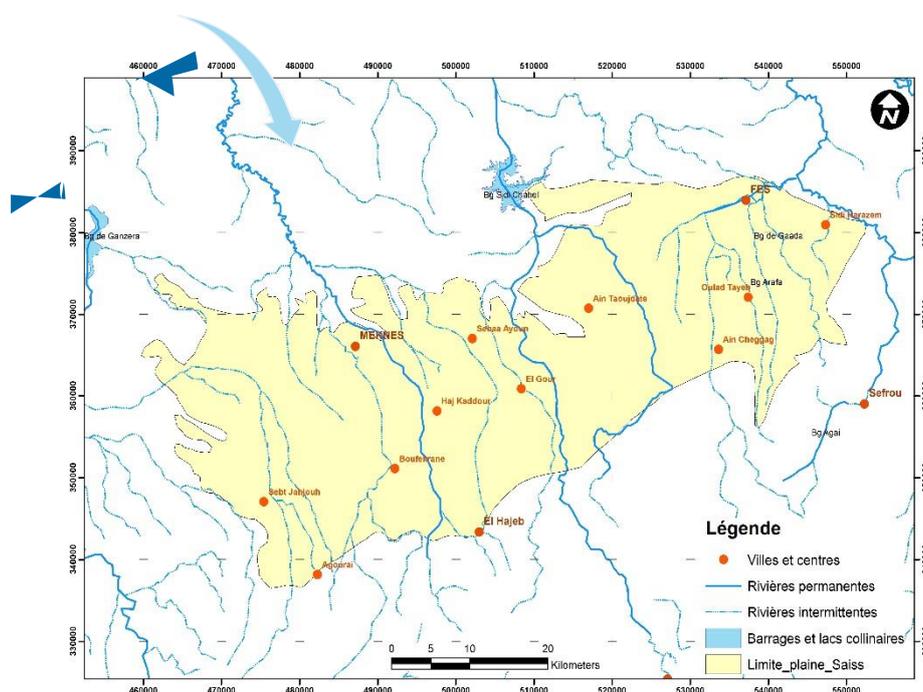


Figure 1. Localisation de la plaine de Saïss

2. MATERIEL ET METHODES

1) Données utilisées

Les données utilisées pour le présent travail figurent dans le tableau suivant :

Tableau 1. Données utilisées par type

Types	Données
Données des eaux superficielles et eaux souterraines	- Carte piézométrique de la plaine de Saïss. - Réseau hydrographique, - Limites de la nappe de Saïss - Situation des sources.
Données des besoins en eau et activités anthropiques	- Données sur l'irrigation - Inventaire des points de prélèvements. - Données des besoins AEPI.
Données climatologiques	- Situation des postes pluviométriques. - Séries des données météorologiques (P, T, ETP,etc.)
Données socio-économiques	- Découpage administratif.

2) Méthodologie

La méthodologie utilisée consiste à générer des résultats cartographiques de l'ensemble des composantes du bilan du complexe aquifère de Saïss. Notre démarche est basée sur la synthèse des recherches réalisées dans ce contexte ainsi que sur les travaux techniques réalisés par l'ABHS. Elle est schématisée comme suit :



Figure 2. Méthodologie de réalisation

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Cartographie du bilan ressources-besoins correspondant au complexe aquifère de Saïss

Le bilan global du complexe aquifère de Saïss est décrit au niveau de plusieurs travaux antérieurs, parmi lesquels figurent les travaux d'Amraoui en 2005 et de Chamayou et al en 1975. Le bilan de la nappe phréatique est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Bilan nappe} = P + D + \Delta s - (ETR + 0.75Q + \text{Inf} + 0.02 * \text{Besoins AEPI} + \text{besoins agricoles})$$

Avec :

P : précipitation annuelle par bassin versant (m³)

Δs : variation de la réserve souterraine évaluée en 410 Mm³ (2000)

D : drainance ascendante estimée en 20 Mm³/an.

ETR : évapotranspiration réelle par bassin versant (m³)

Q : module annuel d'écoulement (m³/s)

Inf : infiltration annuelle (m³)

Besoins AEPI : la nappe phréatique contribue avec 2% pour les besoins en eau potable rural.

Besoins en irrigation : la plupart des prélèvements agricoles s'effectuent à l'échelle de la nappe phréatique.

On a procédé par la détermination de toutes les composantes du bilan par sous bassin puis la cartographie du bilan (figure 3).

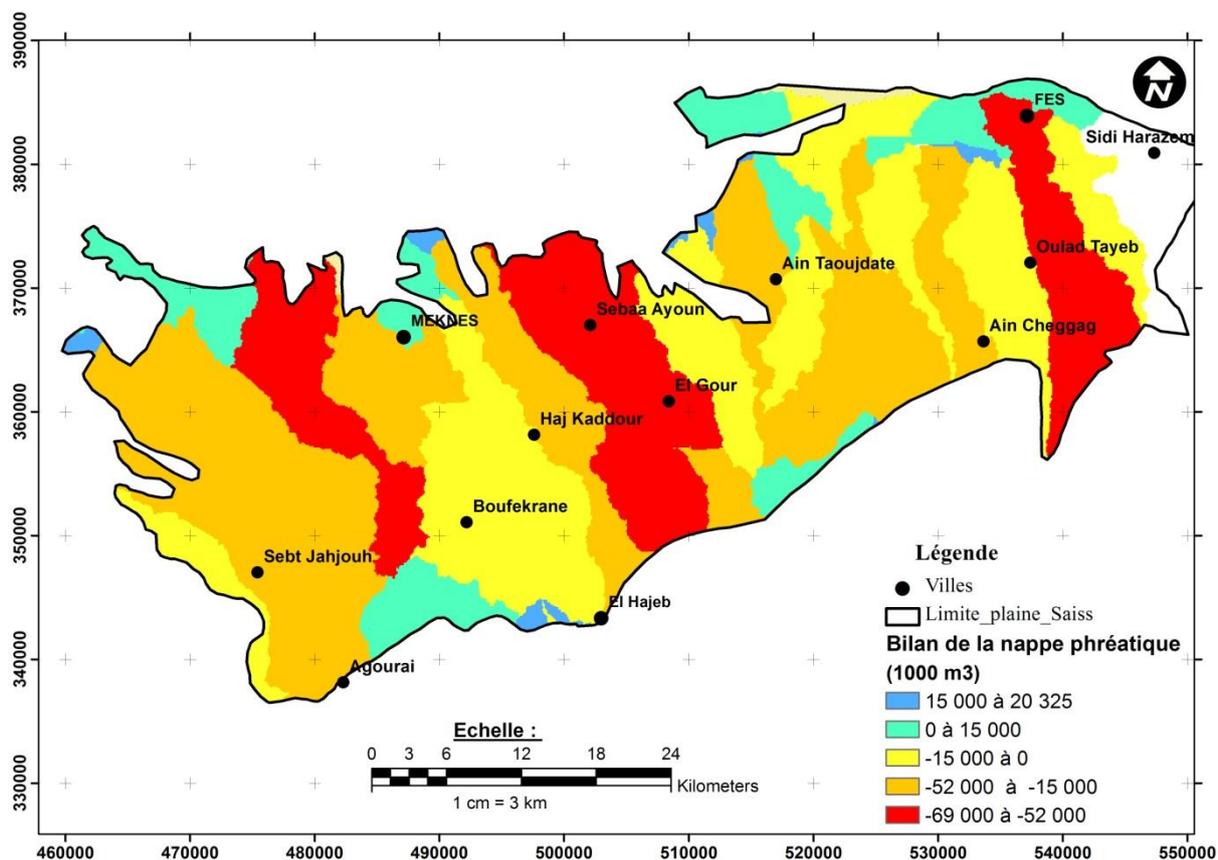


Figure 3. Bilan ressources-besoins de la nappe phréatique de Saïss (2000)

Concernant la nappe profonde de Saïss, l'équation du bilan est représentée comme suit :

$$\text{Bilan nappe} = I + \Delta s - 0.98 * \text{Besoins AEPI} - D - (0.3 * Q)$$

Avec :

Δs : variation de la réserve souterraine évaluée en 400 Mm³ (2000)

D : drainance ascendante estimée en 20Mm³/an.

Q : module annuel d'écoulement (m³/s)

Inf : infiltration annuelle (m³) issue du causse moyen Atlasique estimée à 100Mm³.

Besoins AEPI : la nappe profonde contribue avec 98% des ressources pour satisfaire les besoins en eau potable urbain et industriel.

On a procédé par la détermination de toutes les composantes du bilan de la nappe profonde puis la cartographie du bilan (figure 4).

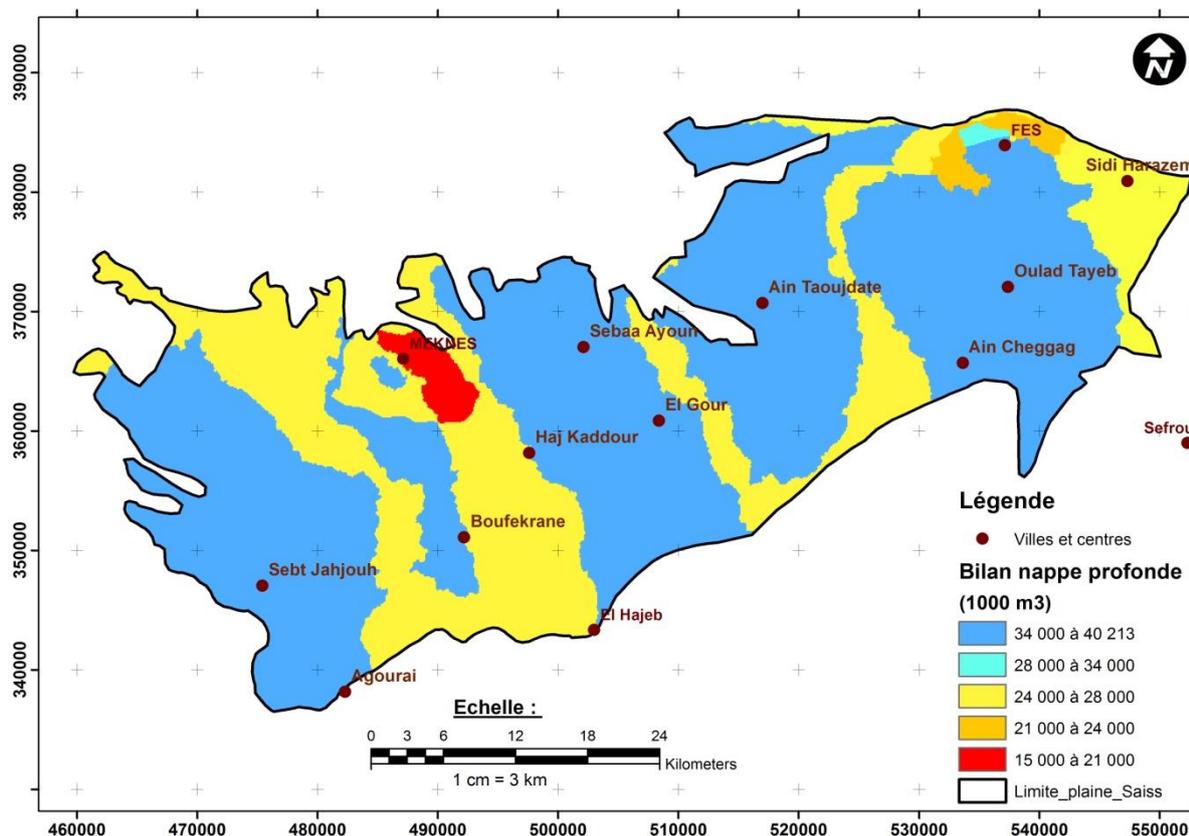


Figure 4. Bilan ressources-besoins de la nappe profonde de Saïss (2000)

CONCLUSION

L'outil SIG élaboré présente un outil d'aide à la décision qui permet de connaître à chaque site géographique la valeur du bilan global des nappes phréatique et souterraine pour chaque année. Ces résultats peuvent contribuer à l'actualisation et à l'extension des zones de restriction pour les pompages d'eau souterraine et d'identifier les zones qui présentent un risque de déficit hydrique dans le futur. En plus, il permet avoir la possibilité d'optimiser des dimensions des zones de protection des nappes pour minimiser les contraintes des servitudes en vigueur.

Références bibliographiques

ABHS., 2007- Plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau (Missions 1, 2, 3, 4, 5) ". Rapports techniques.

- AMRAOUI F., (2005) – Contribution à la connaissance des aquifères karstiques : cas du lias de la plaine du saïs et du Causse Moyen Atlasique Tabulaire (Maroc). Thèse de doctorat Es-Sciences en géologie appliquée, option Hydrogéologie, 249p.
- AMRAOUI F., MOUSTADRAF J., (2013) - Nouveau plan d'action pour une gestion rationnelle des ressources en eaux souterraines du Maroc .Dix-neuvièmes journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie de l'Association Internationale des Hydrogéologues. Bordeaux, France.
- BELHASSAN K., (2011) - Piezometric Variations of Mikkes Groundwater Basin (MOROCCO). Research Journal of Earth Sciences 3 (2): 45-49, ISSN 1995-9044. Pp 45-49.
- BELHASSAN K., HESSANE M-A and ESSAHLAOUI A., (2009) - Exchange Groundwater-River: Stream Mikkes Basin (Morocco). Research Journal, Earth Sci., 1(2). Pp 51-61.
- CHAMAYOU J., COMBE M., GENETIER B., LECLERC C., (1975) - Plaines et bassins du Maroc atlantique. Le bassin de Fès-Meknès. Notes et mémoires du service géologique N°231, Tome 2. Pp 38-92.
- EL IBRAHIMI A., BAALI A., COUSCOUS A., EL KAMEL T., (2015) - Etude de l'impact des variations pluviométriques sur les fluctuations piézométriques des nappes phréatiques superficielles en zone semi-aride (cas de la plaine de Saïss, nord du Maroc). European Scientific Journal, Edition Vol.11, No.27, ISSN: 1857 – 7881. Pp 1-17.
- ESSAHLAOUI A., (2000) - 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 258p. Université Mohammed VI, Rabat, Maroc.
- MAC DONALDS ET PARTNERS., (1990) – Etablissement et mise au point du modèle de gestion des nappes du bassin de Fes-Meknes. Département de coopération technique pour le développement. Nations Unis. Rapport DRPE (inédit).

CARACTÉRISATION HYDROGÉOLOGIQUE ET HYDROCHIMIQUE DE LA RÉGION DE MERIDJA A L'AIDE D'UN SIG (RÉGION DE BÉCHAR SUD-OUEST, ALGÉRIEN)

Salih LACHACHE, Touhami MERZOUGUI

Faculté de technologie, département de Génie civil et d'Hydraulique, BP 417, Université de Béchar, 08000, Algérie. sa.salah13@gmail.com

RÉSUMÉ: La région d'étude de Méridja située dans le Sud-Ouest Algérien, se caractérise par un climat de type hyper aride. Les eaux souterraines constituent l'essentielle de première importance, cette région contient une réserve importante des ses ressources. À partir des données géologique, hydrogéologique et hydrochimique propres à la région de Méridja, l'objectif de notre travail consiste à l'apport d'un système d'information géographique dans la caractérisation hydrogéologique et hydrochimique de cette région d'étude. Un SIG est un outil avec de grandes capacités de stockage, d'archivage, de gestion et traitement de données. Il s'agit de la réaliser plusieurs des cartes thématiques (hydrogéologique et hydrochimique) afin atteindre à une gestion des ressources en eau de cette région.

Mots-clés : Hydrogéologie – Hydrochimie – SIG - Eau souterraine - Méridja, Béchar Ouest.

HYDROGEOLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERIZATION OF MERIDJA REGION WITH THE HELP OF A SIG (REGION OF BECHAR SOUTHWEST,ALGERIA)

ABSTRACT : The region of study of Méridja located in the southwest of Algeria, is characterized by a climate of type hyper arid. Groundwater is the essential of first importance, this region contains a significant reserve of its resources. From the geological, hydrogeological and hydrochemical datas specific to the region of Méridja, the objective of our work consist about the contribution of a geographic information system in the hydrogeological and hydrochemical characterizations of this region of study. A SIG is a tool with a large storage capacities, archiving, data processing and management. It is about to realize a several thematic maps (hydrogeological and hydrochemical) in order to reach a water ressources's management in this region.

Keywords : Hydrogeology – Hydrochemistry - SIG – Groundwater - Méridja, Béchar (West).

INTRODUCTION

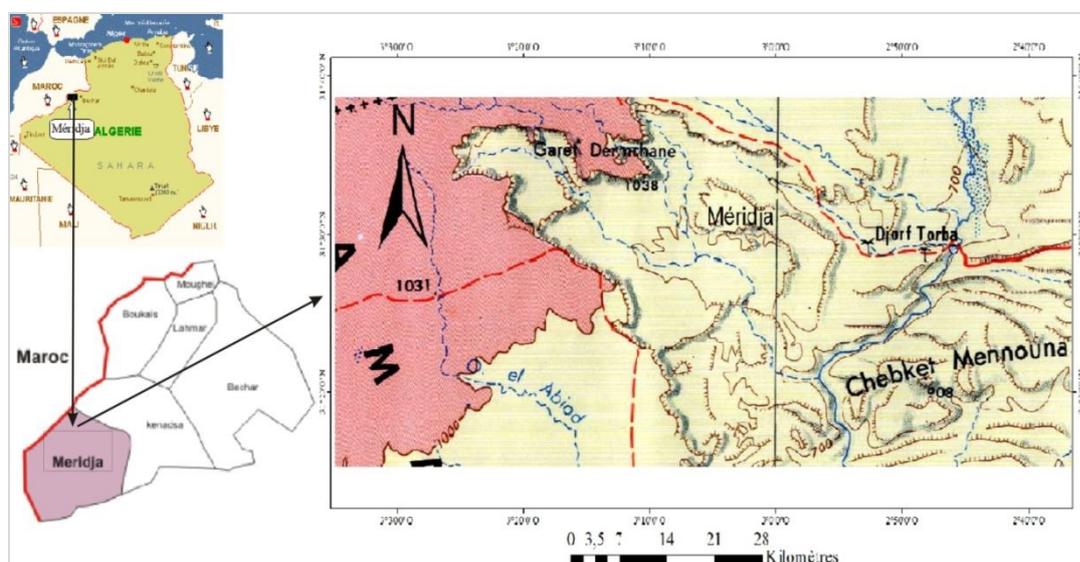
Dans la gestion des ressources hydriques y a des problèmes il devient une préoccupation majeure. Les besoins ne cessent d'augmenter alors que les ressources sont limitées. Ainsi, de nombreuses régions connaissent, dès à présent, des pénuries quantitatives et qualitatives[1]. La région d'étude de Méridja est connue généralement par ses ressources en eau abondantes. Les caractéristiques de ces ressources varient d'une zone à une autre zone. Elles sont principalement liées à des conditions géologiques, hydrogéologiques et climatologiques.

Le travail a pour objectif à élaborer une base de données géologique, hydrogéologique et hydrochimiques de la région de Méridja à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), devient un outil très important qui permet de mieux gérer, étudier et visualiser. Plusieurs des cartes thématiques relatives aux caractérisations spatiales hydrogéologique et hydrochimique de la région d'étude de Méridja.

1. Présentation de la région d'étude

La région d'étude de Méridja appartient à la zone présaharienne, située au Nord-Ouest de Sahara algérien à une distance de (80 Km) à l'Ouest du chef lieu de Béchar (Fig. 1) et (1030 km) de la capitale Alger, Elle est limitée au Nord et à l'Ouest par le Royaume du Maroc, à l'Est par la ville de Kénadsa, et au Sud par la Chabkat Mennouna.

La région de Meridja s'étend sur une superficie total est estimer de l'ordre (1854,933 km²) [2]. Elle se caractérise par un climat de type hyper aride, et une pluviométrie assez faible annuelle mesures à la station de Djorf Torba (1998-2009) est estimées à (45,75 mm), avec une température moyenne mensuelle est de l'ordre (22,40 C°) par l'ANRH.



Figure

1 : Situation géographique de la région d'étude de Méridja

1.1. Cadre géologique et hydrogéologique [3-6]

La géologie de la région d'El Méridja est représentée de façon schématique dans la figure (Fig. 2). Les terrains de cette région elle offre une large gamme représentés par allant de l'âge Carbonifère jusqu'au l'actuel. L'analyse lithostratigraphique permet d'identifier la formation et les caractéristiques de l'aquifère, on peut distinguer les principaux types de nappes exploitées de la région d'étude, tel que cette région est alimentée par cinq (5) nappes principales avec un débit important et une faible perméabilité, transmissivité variable.

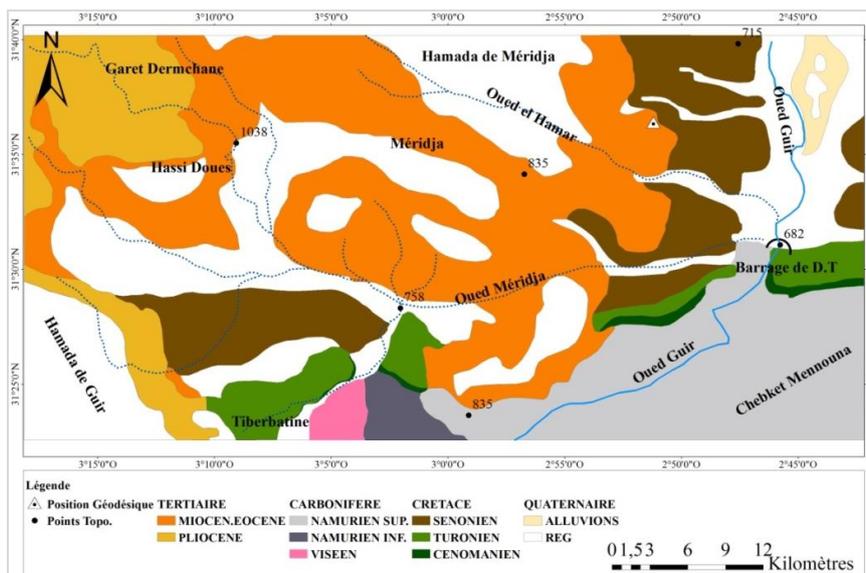


Figure 2 : Carte géologique de la région d'étude

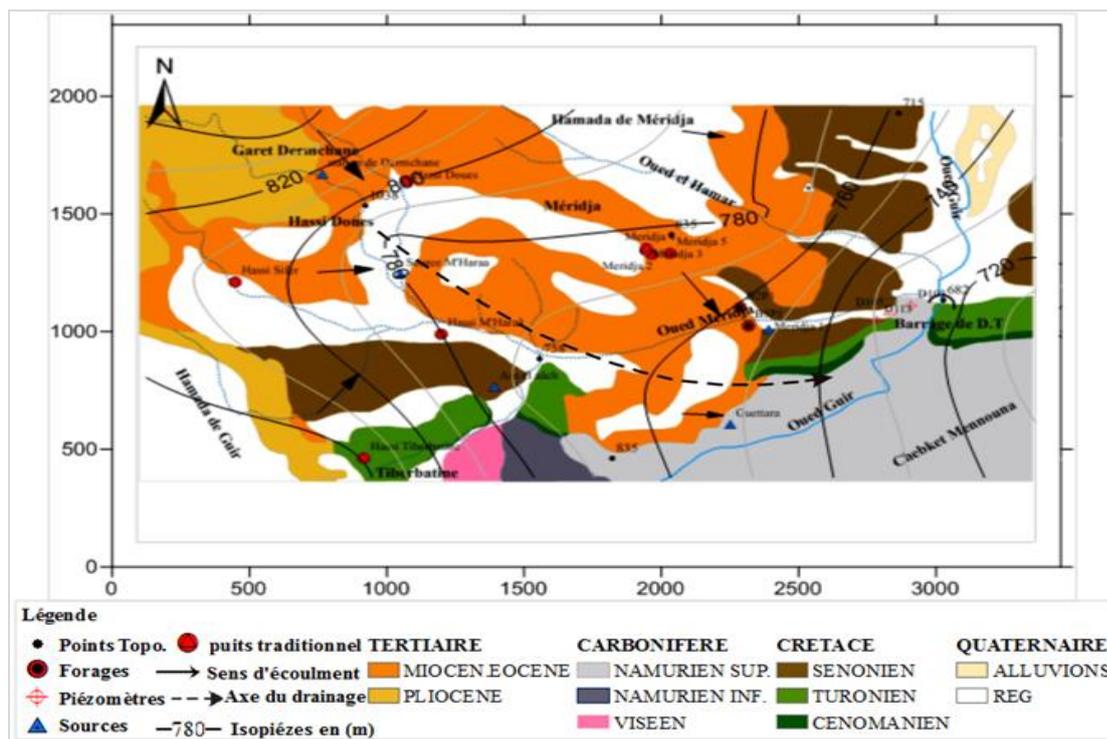
2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Apport des systèmes d'informations géographiques (SIG) dans la caractérisation hydrogéologique et hydrochimique de la région d'étude de Méridja

Le système d'information géographique (SIG) est considéré un parmi les meilleurs outils les plus utilisés actuellement. En effet, le premier avantage de ce dernier c'est qu'il est capable de rassembler dans une même base de données des informations autrefois dispersées. Les informations sont stockées, gérées et mises à la disposition de ceux qui en ont besoin. L'utilisation des (SIG) permet de l'intégration des résultats obtenus et réalisation plusieurs des cartes thématiques pour effectuer une analyse spatiale des paramètres (Géologie, Piézométrie, Hydrologie, Hydrogéologie, Hydrochimie,...).

Piézometrie

D'après la carte piézométrique (Fig. 3), nous à permet de montre qu'il y à des écoulements souterrains, en général du Nord.Nord-Ouest vers le Sud.Sud-Est, au niveau de la zone Nord-Ouest, les courbes isopièzes sont serrées, indiquant un gradient hydraulique de l'ordre (5 %), et au niveau de la zone Sud-Est jusqu'au le barrage de Djorf Torba, le gradient hydraulique se trouve faible de l'ordre (1 % et 3 %) successivement. Au centre de la région d'étude, se trouve une valeur forte de gradient hydraulique est estimé (7 %).



Figure

3 : Carte piézométrique et distribution des points d'eau de la région d'étude

Étude de la qualité des eaux

Les résultats des analyses chimiques des eaux souterraines montrant une large variation de composition chimique. Le pH des eaux varie entre (6,75 et 7,84), avec une moyenne de (7,5). Les valeurs de la conductivité électrique varient entre (1,05 et 3,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$), et on remarque que trois points d'eau (Hassi M'Haraâ, source M'Haraâ et Source à droit de barrage) qui dépassent les normes de la potabilité à cause de la richesse des eaux par les ions dissous, les autres points d'eaux ont une conductivité faible et inférieure à la norme recommandée relative à la potabilité des eaux.

La carte de la minéralisation de la région de Méridja (Fig. 4.a) montre que la minéralisation la plus faible (<1000 mg/l) présente au niveau du barrage de D.T, et la source de Dermchane. Par contre on trouve la minéralisation entre (1000 – 1500 mg/l) se situent au centre de la région d'étude et le reste plus de (1500 mg/l) représente une mauvaise qualité d'eau.

La distribution spatiale du sulfate (SO_4^{2-}) (Fig. 6-b) au Nord-Ouest varie entre (119,5 et 296 mg/l), seule la source de Dermchane qui est inférieure à la norme de potabilité où les marnes gypsifères sont absentes, par contre le sodium (Na^+) (Fig. 6-c) de cette zone au niveau de point d'eau de Hassi Doues donne une concentration élevée est de (268 mg/l) et ceci par des phénomènes de lessivage, d'évaporation. Le sodium (Na^+) au milieu de la région d'étude tous les points d'eau dépasse les normes de potabilité tels que le concentration est de (160 et 310 mg/l) sauf deux points (Hassi M'Haraâ et source M'Haraâ) dans les normes de la potabilité, par contre le sulfate dans cette zone tous les points d'eau hors de potabilité entre (595 et 1505 mg/l) sauf deux points (Méridja 2 et Méridja 1) dans la potabilité entre (205 et 240 mg/l). Au niveau du barrage de Djorf Torba on trouve les deux source (source à droit du

barrage et source à gauche du barrage) hors les normes de potabilité, soit sulfate (SO_4^{2-}) ou sodium (Na^+).

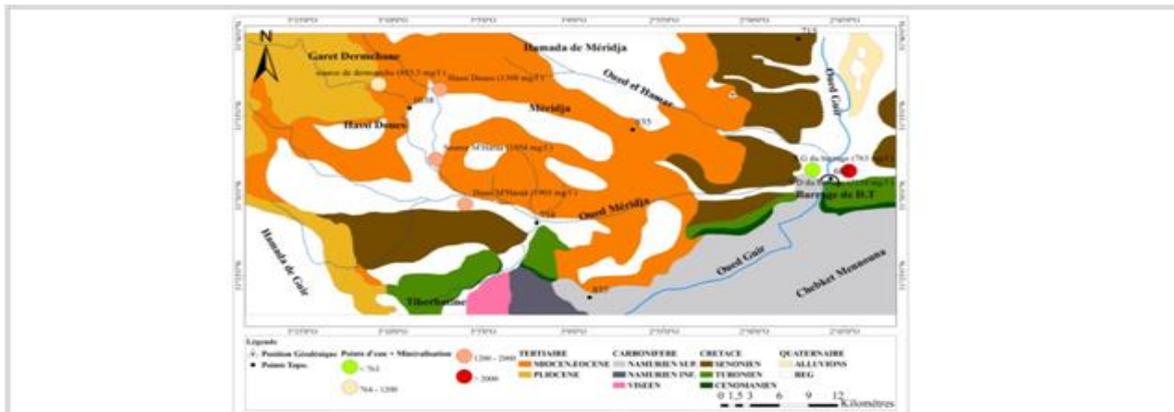


Figure 4-a : La minéralisation

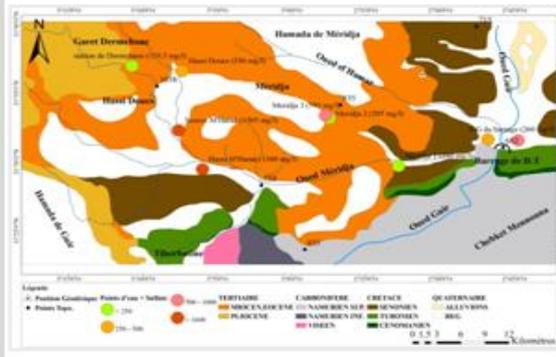


Figure 4-b : Le sulfate (SO_4^{2-}) en (mg/l)

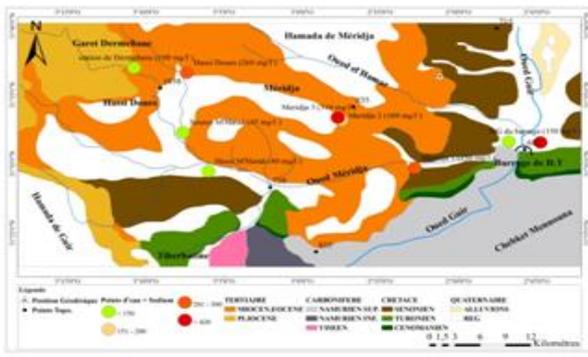


Figure 4-c : Le sodium (Na^+) en (mg/l)

Figure 4 : Variation spatiale de la minéralisation, le sulfate (SO_4^{2-}), le sodium (Na^+) de la région d'étude

L'analyse le diagramme de piper (Fig. 5-a) montre que les eaux de la région de Mériidja présentent un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien sauf trois points d'eau (Hassi doues, source à droite du barrage et source à gauche du barrage) présente un faciès chimique de chlorurée sodique et potassique. Ses faciès généralement en liaison surtout avec lithologie de la région de Mériidja, sont formé en grand partie de terrains marnes sableuses rougeâtre grès argileux jaune et le Quaternaire de couverture (alluvions anciennes terrassées, glaciers, etc.). Par contre on trouve la représentation du diagramme de Schöeller (fig. 5-b) comme celle de Piper montre aussi même faciès chimique d'eau qui existant dans la région de Mériidja.

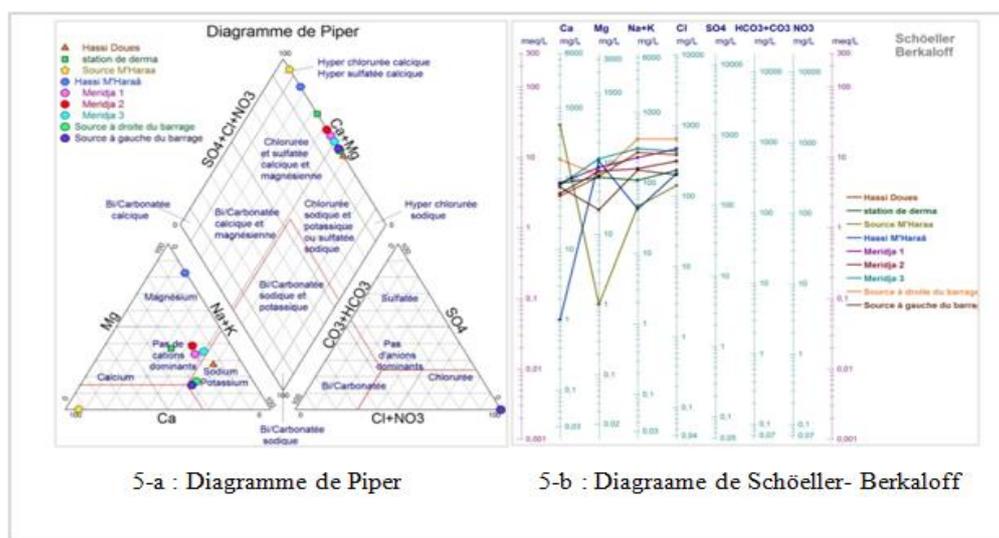


Figure 5 : Diagramme de PIPER et Schöeller- Berkaloff

CONCLUSION

La cartographie par le système d'information géographique (SIG) à permis d'élaboré une base de données géologique, hydrogéologique et hydrochimique pour donner une facilité de l'exploitation, gestion et l'analyse spatiale de ses paramètres. ce qui concerne le résultat obtenu de l'étude hydrogéologique que l'écoulement souterraine généralement Nord-Nord-Ouest vers le Sud-Sud-Est avec une perméabilité sont tantôt perméables, tantôt semi-perméables où l'eau sort à la source de Guettara, l'alimentation principale par Oued Guir, qui draine le revers méridional du haut atlas. Les calcaires turoniens pourraient être un important réservoir d'eau. Les assises marneuses sénoniennes constitueraient abrite souvent des autres nappes. Par contre, l'étude hydrochimie montre que les eaux souterraines de la région de Méridja se caractérisent par un pH dans les normes de la potabilité avec une température de l'ordre (12 à 25 °C). Ce qui concerne les résultats obtenus de diagramme de piper et Schöeller des eaux souterraines de neuf points d'eau montrant même faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien sauf trois points d'eau (Hassi doues, source à droite du barrage et source à gauche du barrage) présente un faciès chlorurée sodique et potassique.

Référence bibliographique

1. F, V., *Gestion de l'eau, principe, moyen, structure*. Presse de l'école Nationale des ponts et chaussées, France. 1990.
2. *bultin statistique de DSP (2010) (direction de statistique et de planification), wilaya de Béchar*.
3. DELEAU.P, *Contribution à l'étude hydrogéologique de la région de Colomb-Béchar*. 1952.
4. Addaci, *les Hamadas Paléogènes à l'Ouest de Béchar (Hamada d'Oum E'sbaà et de Meridja)*, 2001, les Hamadas Paléogènes à l'Ouest de Béchar (Hamada d'Oum E'sbaà et de Meridja).
5. Combes, M., *Étude hydrogéologique de la Hamada du Guir. Commune de Béchar Dépt. De la Saoura*. 1966.
6. Idrotecneco, *Etude hydrogéologique de la région de Béchar, SONAREM*, 1976.

EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE DES EAUX DE LA BASSE MOULOUYA (OUED ZA & OUED SEBRA) MAROC ORIENTAL.

*BRAHIMI Afaff¹ ; CHAFI Abdelhafid¹ ; MOUZOURI Mounia¹ ; NOUAYTI Noredine² ; FAISSAL Aziz³.

¹Laboratoire de l'eau, environnement et développement durable, Faculté des sciences, Université Mohamed premier Oujda.

²Laboratoire des Géosciences appliquées et COSTE, Faculté des sciences, Université Mohamed premier Oujda

³Centre National d'Etudes et de Recherches sur l'Eau et l'Energie (CNEREE) Université Cadi Ayyad Marrakech

Résumé : Notre présent travail a pour objectif l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles de la Basse Moulouya et la détermination des sources de pollution en vue d'établir une cartographie de la qualité de ces eaux. L'évaluation de la qualité de ces eaux de surface est déterminée par l'analyse et le suivi des différents paramètres physico-chimiques (T°, pH, CE, MES, O₂, DBO₅, DCO, NH₄⁺, NO₃⁻). Dans ce contexte, et pour une meilleure compréhension des résultats dérivant de cette étude, dix points d'eau ont été échantillonnés durant les années 2010/2011. Pour étudier et comparer la répartition spatiale des résultats, des cartes thématiques ont été élaborées en utilisant un Système d'Information Géographique (SIG). Le diagnostic à travers les analyses physico-chimiques de la présente étude a révélé l'existence d'une importante pollution se traduisant par une charge minérale et organique en particulier dans les zones avales des rejets. Ce qui se traduit au niveau des deux écosystèmes : les affluents de la Moulouya (Oued Za et Oued Sebra) par des effets néfastes des rejets résiduels des unités industrielles. En effet, nous avons enregistré une augmentation des teneurs en DBO₅, DCO, MES, des paramètres azotés et phosphorés, et une diminution accrue de l'O₂ dissous. La pollution des eaux est très importante, elle atteint des seuils dépassant les normes des rejets admises. L'analyse de la qualité globale des eaux a révélé que 25% des points contrôlés sont de qualité bonne alors que les 75% qui restent sont de très mauvaise qualité. Cette étude s'avère donc très utile lorsque nous sommes appelées à définir des orientations stratégiques en matière de l'environnement, du développement durable et de la protection des ressources en eau en particulier.

Mots-clés : Eaux superficielles, Pollution, SIG, Paramètres physicochimiques, Basse Moulouya.

Abstract: Our present work aims to evaluate the physico-chemical quality of surface waters of the Lower Moulouya and determination of the sources of pollution in order to map the quality of these waters. The evaluation of the quality of surface water is determined by analyzing and monitoring various physico-chemical parameters (T°, pH, EC, MES, O₂, BOD₅, COD, NH₄⁺, NO₃⁻). In this context, and for a better understanding of the results derived from this study, ten water points were sampled during the 2010/2011 years. To study and compare the spatial distribution of results, thematic maps were developed using a Geographic Information System (GIS). Diagnosis through the physicochemical analyzes of this study revealed the existence of significant pollution resulting mineral and organic load especially in areas swallow releases. Resulting in the two ecosystems: the tributaries of the Moulouya (Oued Za and Oued Sebra) by the adverse effects of waste discharges from industrial units. Indeed, we recorded an increase in levels of BOD, COD, MES, nitrogen and increased reduction of dissolved O₂. Water pollution is very important, it reached thresholds exceeding the standards of accepted waste. Analysis of the overall water quality has revealed that 25% of controlled items are of good quality while the remaining 75% are of very poor quality. This study therefore proves very useful when we are called to provide strategic direction for the environment, sustainable development and protection of water resources in particular.

Keywords: Surface water, Pollution, SIG, Settings Physio chemicals, Lower Moulouya.

Introduction

Dans le contexte actuel marqué par des pénuries croissantes des ressources naturelles, l'eau en est une des plus importantes et sa demande est actuellement grandissante. La région orientale du Maroc n'échappe pas à cette question. En effet, la croissance de la population, l'expansion urbanistique, le développement économique sont des facteurs très demandeurs de la ressource eau. De

plus, ils sont aussi des facteurs procréant sa pollution. La région orientale du Maroc est caractérisée par la présence du grand fleuve de l'Afrique du Nord : la Moulouya (520km de long et 57 000km² de superficie de son bassin versant) qui joue un rôle important pour le développement. Toutefois, la diversité des activités industrielles qui se développent dans leurs territoires limitrophes engendrent sa pollution, en particulier les rejets drainés, souvent non traités, chargés de polluants organiques et inorganiques. Ces constatations nous ont motivés pour mener une recherche permettant d'évaluer le degré de contamination de cet écosystème et d'identifier les principales sources de sa nuisance. Pour ce faire, nous nous sommes intéressées à l'étude des affluents de la Basse Moulouya : Oued Za et Oued Sebra ; constituant deux récepteurs des pollutions drainés respectivement de l'activité oléicole et de celle de la production du sucre. Pour réaliser cette recherche, nous nous sommes fixées les objectifs suivants : (i) la détermination de l'intensité de la pollution physico-chimique des eaux (ii) la caractérisation de la répartition de ces éléments dans différents compartiments de l'écosystème (eaux et sédiments), et enfin (iii) l'explication des impacts des rejets industriels et domestiques sur l'environnement de la région de l'Oriental. La présente étude vient apporter des éléments nouveaux aux travaux antérieurs réalisés par de nombreux auteurs dans cette zone siège de nombreuses mutations démographique et économique : (Chafi, 1995 ; Benkaddour, 1997 ; Berrahou, 2001a ; Berrahou, 2001b ; Belbachir, 2003 ; EL Ghali, 2004 ; Belghyti, 2004 ; Bouabdli, 2005 ; Snoussi, 2005 ; Melhaoui & Sbai, 2008 ; Makhoukh, 2011 ; Brahimy & Chafi, 2014 ; Brahimy et al, 2014 ; Brahimy et al, 2015).

Matériels et méthodes

Zone d'étude et stations d'échantillonnage : Le choix des stations de prélèvements a été effectué en fonction de l'implantation des activités humaines et industrielles recensées dans la zone (industries agro-alimentaire, eaux usées domestiques et agricoles). Au total, dix stations d'échantillonnage réparties le long du cours inférieur de l'Oued Moulouya et de ses deux affluents (Oued Za & Oued Sebra) ont été choisies (figure 1).

Méthodes d'analyses physico-chimiques : L'étude physico-chimique des eaux a porté sur la détermination des paramètres suivants : la température (°C), pH, la conductivité et l'oxygène dissous, ont été mesurés sur terrain, tandis que les paramètres azotés (NO₃⁻, NH₄⁺) et de pollution (DBO₅, DCO et MES) ont été analysés au laboratoire selon les techniques et méthodes citées par Rodier et suivant les normes d'Afnor.

Résultats et discussion

Potentiel d'hydrogène ou pH : Les valeurs observées au niveau de la (figure2) révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin dans toutes les stations de l'Oued Moulouya, aussi bien en période de pluie qu'en période sèche, excepté à la S6 sur Oued Sebra en période d'été où présentait un pH légèrement faible avec une valeur de 6,5. En effet, toutes les autres stations sont caractérisées par des moyennes de pH situées entre 7 et 9. Ceci est dû à la présence de carbonates qui permettent de tamponner les eaux (El Blidi & Fekhaoui, 2003). Les eaux résiduaires de l'Oued Tizeghrane en S2 sont caractérisées par un pH alcalin, entre 8,26 en été et 8,9 en hiver. Suite à l'enquête que nous avons réalisée auprès des unités industrielles de notre zone d'étude, cette augmentation de pH pourrait être due à une neutralisation par les industries de leurs rejets avant leur déversement (Brahimi & Chafi, 2014).

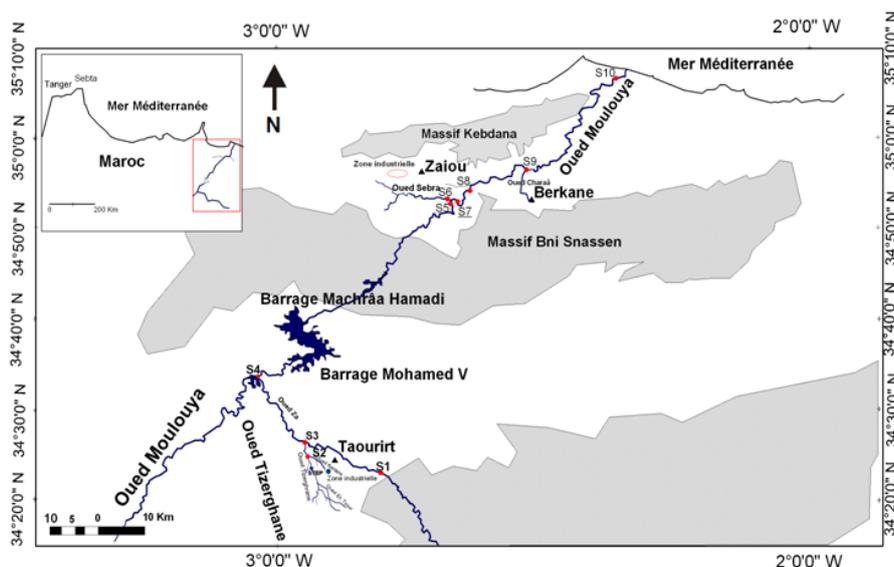


Figure 1 : Carte de la situation de la zone d'étude (Brahimi et al, 2014)

Température : La température moyenne des eaux des stations d'étude de la Basse Moulouya, montre une certaine stabilité spatiale. Les minimums ont été observés en hiver 13,16°C correspondant à S1 et les maximums en été 35°C correspondant à S6 (figure 3). En effet, les eaux résiduaires des sucreries sont rejetées à une température qui varie entre 40 et 57 °C (Echihabi, 2014). Ce qui explique la température élevée des eaux de l'Oued Sebra. Cette anomalie au niveau de ces deux stations nous permet de classer ces eaux parmi les eaux de mauvaise qualité (NM, 2002), pour la vie des peuplements aquatiques.

Conductivité : Nous notons pour la conductivité électrique des eaux de la Basse Moulouya, une large variation spatiale de point de vue composition chimique de ses eaux, elle varie entre un minimum de 1390 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à S1 et des maximum de 6600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à S3 et 8315 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à S6 (figure 4). Ces valeurs déclassent respectivement ces eaux de moyenne à très mauvaise qualité (NM, 2002). Nos résultats sont similaires avec ceux obtenus dans les travaux antérieurs, qui montrent que l'augmentation de la conductivité de l'amont vers l'aval peut s'expliquer en grande partie par la composition minérale des eaux usées domestiques de la ville de Taourirt (Fagrouch, 2011), à laquelle s'ajoute la nature géologique des terrains traversés (Belouali, 1999 ; Kadri, 2012). Au niveau d'Oued Tizeghrane en S2, la minéralisation est critique avec une valeur 6880 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en hiver. Celle-ci pourrait être expliquée par la forte activité industrielle des unités de trituration d'olives et de conserveries (Brahimi & Chafi, 2014). Ces résultats ont été confirmés par l'étude réalisée dans cette zone par l'ONEP (ONEP, 2013) et aussi par notre enquête réalisée au niveau des unités industrielles (Brahimi & Chafi, 2014).

Matières en suspension (MES) : Les valeurs des matières en suspension en période de crue (hiver), sont élevées par rapport à celles de la période d'étiage, sauf au niveau de l'Oued Sebra en S6 où on enregistre une valeur élevée en été 1350 mg/l (figure 5). Les valeurs enregistrées au niveau de notre zone d'étude, correspondent à 97,6 mg/l en S1 ; 162,75 mg/l en S4 et 393,4 mg/l en S3, déterminant ainsi une bonne à moyenne qualité (NM, 2002). Les teneurs élevées peuvent être considérées comme une forme de pollution. Selon la Norme Marocaine relative à la qualité des eaux superficielles (NM, 2002), et selon les maximums enregistrés au niveau des Oueds Tizeghrane en S2 de 3530 mg/l et Sebra en S6 de 1350 mg/l, ces eaux sont classées de très mauvaise qualité.

Nitrates : L'analyse des concentrations des nitrates dans les eaux de la Basse Moulouya montre que les quantités les plus élevées sont enregistrées au niveau de S2, S6, S7 et S9, avec des valeurs respectivement de 25,8 mg/l, 27,63 mg/l, 23,47 mg/l, 25,89 mg/l (figure 6). Ces eaux présentent une

qualité moyenne selon la norme marocaine des eaux de surface (NM, 2002). Le lessivage des sols par les eaux de ruissellement et l'entraînement des déchets d'origines végétales et animales, très riches en composés organiques azotés, seraient sans doute responsables de l'élévation des concentrations des nitrates. Cela a été confirmé par d'autres auteurs qui ont prouvé que les NO_3^- peuvent atteindre des valeurs plus élevées 24 mg/l au niveau du cours inférieur de l'Oued Sebou, suggérant la présence de la matière organique (Mergaoui, 2003).

Azote ammoniacal : Au niveau des stations en amont des rejets S1 et S5 (figure 7), les valeurs enregistrées sont très faibles et ne dépassent pas 0,1 mg/l de l'azote ammoniacal. Ce qui indique une eau exempte de pollution et d'excellente qualité (NM, 2002). Néanmoins, au niveau des stations S3 et S7, où l'intervalle des valeurs est compris entre 1,25 mg/l à 4,11 mg/l, ces eaux entrent dans la catégorie de mauvaise qualité (NM, 2002). Au niveau des affluents, l'Oued Tizeghrane et Oued Sebra, les teneurs en azote ammoniacal sont très élevées 7,85 mg/l en S2 et 5,65 mg/l en S6, et déclassent ces eaux de très mauvaise qualité (NM, 2002).

Oxygène dissous : La présence de ce paramètre dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration et le maintien de la vie aquatique. L'évolution des valeurs moyennes de l'oxygène dissous des eaux de l'Oued Za traduit une nette dégradation de sa qualité en aval, à proximité de sa confluence avec Oued Tizeghrane S3, et passe de 7,75 mg/l en S1 à 3,85 mg/l en S3, puis à 6,50 mg/l en S4 (Figure 8). Les eaux de l'Oued Za peuvent être classées dans la catégorie des eaux d'excellente qualité dans S1, moyenne dans S3, et bonne dans S4 (NM, 2002). Cette réoxygénation du milieu au niveau de Melga El Ouidane, pourrait être liée à un phénomène d'autoépuration qui pourrait être due au fort débit noté en hiver, et à la distance très éloignée de toute source de pollution.

Demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO_5) : Une augmentation de la DBO_5 des eaux de la Basse Moulouya a été enregistrée, de l'amont vers l'aval (figure 9), notamment en période de forte activité industrielle. A l'exception de toutes les stations étudiées, la station 6 au niveau de l'Oued Sebra présente une concentration maximale avec un pic de 3650 mg/l en été. Ce degré croissant de pollution, est accéléré par les eaux usées brutes riches en matières organiques, et en substances nutritives provenant des agglomérations urbaines, et activité industrielle (les rejets de la sucrerie) de la ville de Zaio. Les eaux résiduaires des sucreries sont fortement chargées en matières organiques, le flux de pollution rejeté varie de 0,2 à 6,3 kg DBO_5 /t de betterave traitée (Echihabi, 2014). Les Stations (S1, S4, S5, S8, S9 et S10), nous renseigne sur une eau non polluée (Nisbet & Vernaux, 1970), et d'excellente qualité. Alors que la S3, en aval de la confluence d'Oued Tizeghrane avec l'Oued Za, présente une moyenne élevée de 280 mg/l en hiver, et classant ces eaux de très mauvaise qualité (NM, 2002). Cette augmentation de DBO_5 , pourrait être attribuée à une contamination des eaux d'Oued Za par celles d'Oued Tizeghrane (Brahimi & Chafi, 2014). Sachant que la S2, présente aussi des valeurs très élevées 682,24 mg/l en hiver. Les travaux de (Foutlane et al., 2002) sur l'Oued Sebou, pendant la même période de notre étude (décembre 2010 et février 2011), ont confirmé l'augmentation de ce paramètre par les rejets importants et inquiétant des margines.

Demande chimique en oxygène (DCO) : Généralement, l'évolution de la DCO suit la même allure que la DBO_5 (figure 10). Les teneurs moyennes en DCO enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 13,16 mg/l à S1 ; 34,33 mg/l à S4, et peuvent atteindre des valeurs très élevées 506,83 mg/l et 1581,24 mg/l, respectivement en S3 et S2. En S6, on enregistre un pic maximal de 6182 mg/l en période de forte activité industrielle qui suit le même degré de pollution enregistré de la DBO_5 . En conséquence, les eaux de la Basse Moulouya peuvent être classées d'excellente à bonne qualité respectivement dans S1 et S4, de très mauvaise qualité dans S3, S2 et S6 pour les eaux de l'Oued Sebra (NM, 2002).

II. Evaluation de la qualité globale des eaux de la Basse Moulouya

L'évolution temporelle de la qualité globale (figure 11) montre qu'au cours de l'été 2010, 25 % des stations ont présenté une qualité moyenne. Les 75 % qui restent présentent une qualité très mauvaise. Or, au cours de l'hiver 2010, la qualité s'est fortement dégradée à cause d'une contamination des eaux par la dégradation des paramètres organiques et oxydables (MOOX) et une minéralisation excessive. Où 75 % des stations présentaient une qualité très mauvaise et seulement 25 % avec une qualité

mauvaise.

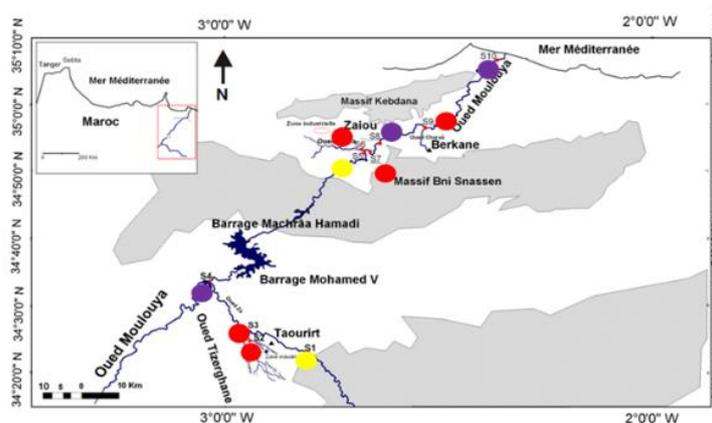


Figure 11 : Qualité globale des eaux de la Basse Moulouya

Deux seulement des stations présentent une qualité globale bonne à moyenne (Figure 11). Il s'agit des stations considérées comme stations de référence S1 et S5. Trois stations (S4, S8, S10) dont la qualité se trouvent dans la limite entre les classes mauvaises à très mauvaise. Quant aux Cinq stations dévoilant une qualité très mauvaise (classe V), deux sur l'Oued Moulouya (S7 et S9) et trois (S2, S3 et S6) situées respectivement au niveau de ses affluents (Oued Tizeghrane, Oued Za et Oued Sebra), l'eau au niveau de ces stations est inapte pour tout type d'usage.

Conclusion

Le suivi spatio-temporel de plusieurs traceurs physico-chimiques, nous a fourni l'image d'une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge minérale et organique à l'aval des rejets. Les résultats de l'analyse des eaux permettent de conclure que la qualité de ces eaux est moyenne au niveau de l'Oued Za et très mauvaise au niveau des Oueds Tizeghrane et Sebra. La pollution des eaux est très importante, elle atteint des seuils dépassant les normes des rejets admises. Ces eaux peuvent, sous certaines conditions climatiques, constituer des risques de transfert de pollution. Parmi les moyens de lutte contre la pollution des Oueds, il faut (i) envisager la sensibilisation de la population locale et (ii) un traitement adéquat des rejets industriels avant leur évacuation au milieu naturel.

Références bibliographiques

- Belbachir C., Etude du transfert des polluants métalliques et bactériens d'Oued Moulouya vers la mer méditerranée : impact sur la qualité de l'eau de mer et des mollusques bivalves. Thèse de doctorat, Univer Med 1er, faculté des sciences, Oujda, Maroc (2003), (36), 155.
- Belghyti D., Etude de cadrage de la biodiversité du bassin versant de la Moulouya et recensement des activités polluantes. Enda Maghreb Maroc (2004) 44.
- Belouali A., Recherche hydrobiologique sur un cours d'eau du Maroc oriental (oued Za). DESA. Univ. Mohammed 1er. Faculté des sciences. Oujda (1999) 150.
- Benkaddour R., Contribution à l'étude de la salinité et de la pollution par les nitrates des eaux souterraines de la plaine des Triffa (Basse Moulouya). Thèse 3^{ème} Cycle, Oujda (1997): 97.
- Berrahou A., Cellot B., Richoux P., Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ces principaux affluents. Ann. Limnol, n° 37(2001a) : 223-235.
- Berrahou A., Chavanon G., Bellouali A., Richoux P., Études sur la basse Moulouya (Maroc oriental) : 7- Les Coléoptères aquatiques de l'Oued Za.(2001b): 127-131.
- Bouabdli A., Saidi N., Mrabet S., Escarre J., Leblanc M., Oued Moulouya : vecteur de transport des métaux lourds (Maroc). Revue des sciences de l'eau (2005) : 199-213.
- Brahimi A., Chafi A., Nouayti N., Elmsellem H., Hammouti B. Metal typology contamination of surface waters of Za River Lower Moulouya Morocco. Der Pharma Chemica, 7(9) (2015) 346-353.
- Brahimi A., Chafi A., Mouzouri M., Physico-chemical typology of the quality of waters of the Oued Moulouya river and its tributary Oued Sebra (Lower Moulouya Morocco North Oriental).

- Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, (2014) 6(7):54-62.
- Brahimi A & Chafi A., Etude écotoxicologique des eaux de l'Oued Za et de son affluent Oued Tizeghrane. Journal of Materials & Environmental Sciences (Jmes), 5 (5)(2014): 1671-1682.
- Chafi A., Mécanismes cellulaires de bioaccumulation d'éléments minéraux toxiques chez certains organismes aquatiques de la Méditerranée, de l'Oued Moulouya, de l'Oued Sebou du Moyen Atlas : Toxicité de l'aluminium et impact sur la santé humaine. Oujda, FSO.(1995).
- Echihabi L., Foutlane L., Bourchich L., Problèmes majeurs de pollution et leurs impacts sur les ressources en eau au Maroc. Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales., 05 (2014): 06.
- EL Bliidi S., Fekhaoui M., El abidi A., Idrissi L., Benazzou T. (2006). Contamination des rivières de la plaine du Gharb (Maroc) par des métaux traces. Vecteur environnement, Janvier 46-53.
- EL Ghali A., El Kassimi A., Ghannami M., Stratégie d'amélioration du service de l'eau et impacts sur les performances de l'irrigation dans le périmètre de la Moulouya. Projet INCO-WADE (2004).
- Fagrouch A., Berrahou A., El halouani H.,Chafi A. Etude d'impact des eaux usées de la ville de Taourirt sur la qualité physico-chimique des eaux d'Oued ZA. Larhyss journal, n° 11 (2012): 63-77.
- Foutlane A., Saadallah M., Echihabi L.,Bourchich L.Pollution par les marges et production d'eau potable.Cas de l'Oued Sebou au Maroc. EasternMediterranean Health Journal, n° 8(1) (2002): 10.
- Kadri B., Berrahou A ., El Halouani H .,Chafi A., Evaluation de la qualité du cours supérieur de l'Oued Za (Maroc Oriental). (ScienceLib Editions Mersenne) Volume 4, n° N ° 120709 (2012).
- Makhoukh M., M. Sbaa, . A. Berrahou ., M. VAN. Clooster. Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Larhyss Journal), n° 09 (2011): 149-169.
- Melhaoui M & A Sbai., 2008. Expertise nationale en socio économie et développement local appliquée à la GIZC. Projet SMAP III Moulouya. Rapport final. Juin (2008), 204 p.
- Mergaoui., 2003. Diagnostic d'un état de pollution organique et métallique de deux zones humides : cas de Merja Zerga et de bas Sebou. Thèse de Doctorat en biologie. Fac. Sciences, Fès, 74.
- Nisbet M., Vernaux J.,Composantes chimiques des eaux courantes discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation. Annales de limnologie. T 6, , n° fasc. 2 (1970): p. 161-190.
- NM., 2002. Arrêté conjoint du Ministre de l'équipement et du Ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n°1275-01 du 10 Chaabane 1423 (17-10-2002) définissant la grille de qualité des eaux de surface. Bulletin Officiel Maroc. N°5062, RABAT Norme Marocaine de qualité des eaux:
- ONEP., 2013. Etude d'impact sur l'environnement du projet de dépollution liquide de la zone industrielle de la ville de Taourirt. Rapport I, Oujda.
- Snoussi M. Revue de quelques éléments de base pour l'évaluation des débits environnementaux en Basse Moulouya. 2005.

**L'APPORT DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES DANS
L'EVALUATION ET LA REPRESENTATION DE LA QUALITE DES EAUX DE
SURFACE DANS LE HAUT BASSIN DE L'OUUM ER RBIA (2000- 2013)
MOYEN ATLAS CENTRAL MAROC**

Omar GHADBANE¹, Mohammed ELGHACHI¹, Abdelkrim ARIOUA²

¹Laboratoire Dynamique des Paysages, Patrimoine et Risques, FLSH de Béni Mellal, USMS-Maroc.

* Corresponding author. E-mail : elghachi_mohamed@yahoo.fr ; Tel : (00212669860348)

² Equipe de recherches Gestion et Valorisation des Ressources Hydriques, FST de Béni Mellal, USMS – Maroc.

RESUME : le haut bassin d'Oum Er Rbia constitue un château d'eau pour plusieurs centres urbains et rurale de la plaine. Depuis quelques années ces eaux commencent à souffrir d'une énorme demande liée essentiellement à l'augmentation démographique et la pression économique, traduites par l'explosion des rejets liquides, et par la suite la dégradation de leurs qualités. De ce fait, un suivi de l'état de la ressource en eau est nécessaire pour évaluer le degré de pollution et son évolution dans le temps. Dès lors, l'exploitation des capacités de SIG en termes d'analyse et de cartographie s'est révélée pertinente en vue d'en faire un outil d'aide à la décision pour une gestion de la qualité des ressources en eau. Une caractérisation globale et approfondie de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux d'Oued Oum Er Rbia a été réalisée par le biais d'un suivi qui s'est étalé sur une période de 13 ans de 2000 à 2013. Cette qualité globale a été évaluée à partir des cinq paramètres définis par la grille simplifiée des eaux de surface (SEEE) : l'oxygène dissout, la DBO5, la DCO, l'ammonium, le phosphate total et les coliformes fécaux. Notre approche est basée sur le couplage des données cartographiques et les données de la qualité des eaux d'Oum Er Rbia fournies par l'agence du bassin (ABHOER). Les résultats obtenus ont permis d'élaborer une carte de qualité globale de l'ensemble du bassin versant. Ces résultats montrent une nette dégradation en aval due aux rejets liquides des principales agglomérations urbaines (réseau de surveillance secondaire) varie entre les saisons, alors que les autres points sont de bonne à moyenne qualité (réseau de surveillance primaire).

Mots-clés : Le haut bassin de l'Oum Er Rbia ; Les systèmes d'information géographique (SIG) ; la qualité des ressources en eau ; SEEE ; ABHOER

**CALL A GIS FOR EVALUATION AND REPRESENTATION OF THE QUALITY OF
SURFACE WATER IN THE UPPER BASIN OUM ER RBIA (2000- 2013)
CENTRAL MIDDLE ATLAS MOROCCO**

ABSTRACT : The area of the upper basin of Oum Er Rbia is a water tower for several urban and rural centers of the plain. But then these waters begin to suffer a huge demand primarily related to increasing population and economic pressure led to the explosion of liquid discharges, and later degradation of their qualities. Therefore, monitoring of the state of water resources is needed to assess the extent of pollution and its evolution over time. Therefore, exploitation of GIS capabilities in analysis and mapping proved to be relevant in order to make a decision support tool for quality management of water resources. A comprehensive and thorough characterization of the physicochemical and microbiological quality of water of Oum Er Rbia was carried out through monitoring that took place over a period of 13 years from 2000 to 2013. The overall quality was evaluated from five settings by the simplified grid of surface water (SEEE): dissolved oxygen, BOD5, COD, ammonium, phosphate total and fecal coliforms. Our approach is based on the coupling of the map data and the data of water quality Oum Er Rbia provided by the agency of the basin (ABHOER). The results were used to develop a comprehensive quality card. The results show a clear deterioration downstream liquid discharges of the main urban centers (secondary surveillance network) varies between seasons, while other points are good to average quality (primary monitoring network).

Keywords: The upper basin of the Oum Er Rbia; Geographic information systems (GIS); the quality of water resources; SEEE; ABHOER

2- METHODOLOGIE

Dans cette étude on va essayer de faire un suivi de la qualité des eaux d'Oued Oum Er Rbia entre 2000 et 2013 à l'aide des SIG, tout en se basant sur la méthodologie suivante ;

2.1 Prétraitement de la base de données de la qualité

Les données de la qualité de l'ABHOER des campagnes de mesures 2003, 2010 et 2013 sont manipulées à l'aide de logiciel Excel. Dans un premier temps on a sélectionné les stations qui nous intéressent, ensuite on a sélectionné les paramètres indicateurs de la pollution décrit dans la grille d'évaluation. Le tout est intégré dans le SIG pour en fin élaborer les cartes de qualité globale.

Les stations sont choisies d'une façon que chaque station peut refléter l'impact des rejets des grands centres de la zone. On note l'insuffisance des stations de mesures dans la zone et la mal dispersion. (Figure 1).

2.2 Système d'évaluation de la qualité adopté

Plusieurs indices de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux ont été développés et utilisés dans plusieurs pays dans le monde tels que la France, (MEDD & agences de l'eau, 2003)9, l'Espagne (QUERALT, 1982) le Canada, (PROVENCHER ET LAMONTAGNE, 1977), les États-Unis (OTTO, 1978), le Mexique (ALVAREZ et al., 2006). Tous ces indices fonctionnent de la même façon et requièrent la mesure d'un certain nombre de descripteurs physicochimiques ou bactériologiques. Pour chacun des descripteurs utilisés, les concentrations mesurées sont converties en sous indices à l'aide de formule mathématique pour produire l'indice final. La méthodologie suivie dans notre étude est un nouveau système élaboré par la Direction des Ressources et la Planification de l'Eau (DRPE) au Maroc (SEEE, 2008).

En effet, les résultats sont comparés à la grille nationale d'évaluation de la qualité de l'eau fixée par le SEEE en 2008. Elle permet d'évaluer l'état physico-chimique et microbiologique de l'eau selon des valeurs seuils définissant 5 classes de qualité représentées par les couleurs ; bleue (Excellente), verte (bonne), jaune (Moyenne), orange (Mauvaise), rouge (très Mauvaise).

L'indice de qualité global est l'indice le plus faible obtenu pour l'ensemble des altérations considérées. Les valeurs des fourchettes fixées par les nouvelles grilles du SEEE.

2.3 Travail de SIG

À partir des 13 cartes topographiques de 1/50000 des communes de la zone numérisées, géo référencées et les MNT du Maroc centrale, on a élaboré un certain nombre de couches d'informations, à savoir : le réseau hydrographique, les stations hydro climatiques, les stations de mesures de la qualité, la pente, les centres urbains et ruraux, le couvert végétal, et les voiries,

2.4 Association du SEQ et le SIG

Pour faciliter la tâche des gestionnaires de la qualité des eaux sur tous, dans le cas d'un volume important de données (nombre de stations de mesure plus élevé), on a fait un couplage SIG-SEQ.

Les données sur les indices d'altération sont regroupées dans un tableau Excel ; ce tableau est transformé ensuite en fichier DBF lisible par le logiciel ArcGIS, 10.2. Ensuite on interroge le système en posant une question ou une série de questions. Il affiche ensuite les données qui se

rappellent à notre requête comme un nouveau thème (SOUDANI, 2007). Enfin on réalise des cartes de qualité globale.

3- RESULTATS ET DISCUSSION

L'évaluation de la qualité des eaux d'Oued Oum Er Rbia dans le haut bassin de l'OER a été faite sur la base donnée de l'ABHOER selon la grille simplifiée.

3.1 La station de Taghat :

Situé en amont de la ville de Khénifra, elle est loin des rejets domestiques. La qualité globale est généralement excellente à bonne. À l'exception de l'hiver 2000 et été 2010. En raison des teneurs élevées en phosphore total, qui sont respectivement 1.38 et 0.76mg/l. Cela est dû aux apports des crues qui ont été coïncidé avec la période de prélèvement. Aussi des teneurs très élevées en sels, la valeur enregistrée est 3500µs/cm en hiver 2007 ça coïncide avec la diminution du débit des sources d'eau douce d'OER.

3.2 La station Aval des rejets de Khénifra

La qualité globale des eaux de surface au niveau de cette station est généralement de bonne à moyenne. Toutefois une dégradation de qualité a été enregistrée au cours de l'hiver 2007 et 2009, en raison des fortes teneurs en DCO et CF causées par les activités anthropiques (domestiques ou industrielles). On note ici que la qualité n'est pas beaucoup touchée à cause du débit important dans ce point.

3.3 La station de Dchar Eloued

Malgré les grandes discontinuités observées dans la chronique des prélèvements, qui sont expliquées par la construction du barrage d'Ahmed Elhansali au niveau de la station, les données existées montrent que la qualité dans ce point est bonne. À l'exception de l'été 2000 et 2001 où la conductivité a largement dépassé la norme fixée à 2700 µs/cm. On note aussi pendant l'été 2001 la DBO₅ a enregistré une valeur maximale qui est de l'ordre de 40mg O₂/l. cette élévation est due aux apports de crues riches en matières organiques oxydables.

3.4 La station en amont de la retenue du Kasba Tadla

La retenue est à l'abri de toute stagnation de l'eau, qui peut par la suite accentuer la pollution. Le débit est toujours important en ce point. Mais malgré ça on observe des variations dans les paramètres de pollutions :

- ✓ Une teneur importante en oxygène dissous durant toute l'année.
- ✓ Matière organique minimale, mais elle dépasse la norme en terme de DCO en 2013.
- ✓ Augmentation de la concentration en phosphate en période humide de 2004 et 2007.
- ✓ Teneur faible en ammonium et en bactéries.

3.5 Station en aval des rejets de Kasba Tadla

C'est le point le plus touché du bassin versant supérieur par la pollution, elle est caractérisée par les variations suivantes :

- ✓ Teneur de l'oxygène dissous est inférieur à la norme pendant l'été 2003, elle est de l'ordre de 2,8mg/l à cause de la diminution du débit ;

- ✓ La matière organique est importante pendant l'été 2003, hiver 2004 et hiver 2007 elle varie inversement par rapport à l'oxygène dissous.
- ✓ Des concentrations importantes en azote ammoniacale durant l'été 2011.
- ✓ Une faible teneur en phosphate augmente lors des périodes humides. Elle a dépassé la norme en hiver 2004 et hiver 2007.
- ✓ Une augmentation dans le nombre des bactéries durant les derniers années surtout en période de crues, mais elle ne dépasse pas les normes.

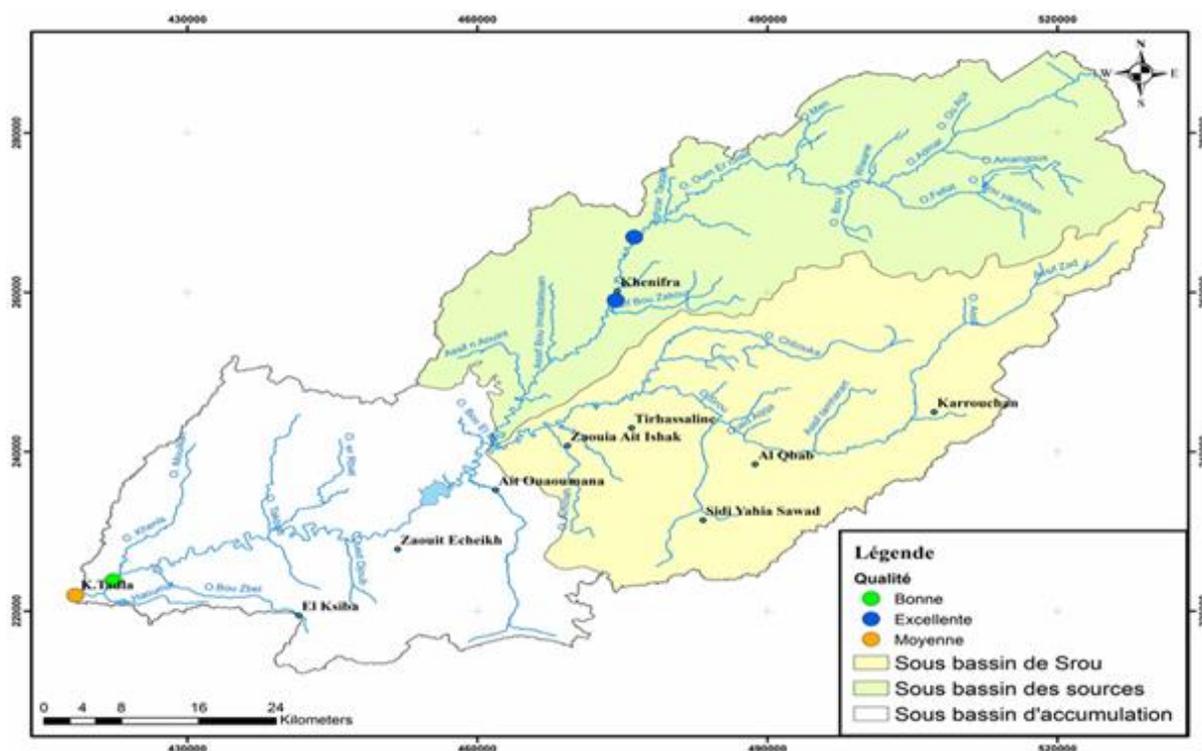


Figure 2 : état globale de la qualité des eaux dans le haut bassin d'OER

3.6 qualité globale

A partir de ces résultats on peut dire que la zone, située en aval des rejets de la ville de Kasba Tadla est la plus affectée par la pollution domestique. Ceci est expliqué d'une part du faible débit laissé par les deux barrages situés en amont de la zone (barrage Ahmed Elhansali et barrage Ait Massoud), d'autre part l'augmentation de la population urbaine de la ville et par la suite l'augmentation des rejets liquides. Mais pour les autres stations la situation semble être améliorée, surtout par la construction des stations d'épuration des eaux usées de la ville de Khénifra et de Zaouit Echeikh (Figure 2).

CONCLUSION

Malgré la richesse du haut bassin en ressources en eau, il a commencé à sentir la pression démographique traduite par une augmentation importante de la population aux alentours de ses cours d'eau. Certaines agglomérations se sont vite transformées en villages importants dont les besoins en eau sont multiples et variés. La plupart des villes et des villages possèdent un réseau d'assainissement très ancien et dégradé. Ces agglomérations produisent de grandes quantités d'eaux usées. Comme ces villes et villages ne disposent pas de stations de traitement de ces eaux, ces dernières sont déversées directement dans les cours d'eau et participent dans la pollution de la rivière et du milieu naturel.

Références bibliographiques

- ALVAREZ A., RUBIÑOS PANTA E., GAVI REYES F., ALARCON CABAÑERO J.J., HERNANDEZ ACOSTA E., RAMIREZ AYALA C., MEJIA SAENZ E., PEDRERO SALCEDO E., NICOLAS NICOLAS E., SALAZAR SOSA E., (2006), *Indice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac*, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción, *phyton*, 75, p. 71-83.
- AZZAOUI S., EL HANBALI M., LEBLANC M. (2002). *Copper, lead, iron and manganese in the Sebou drainage basin ; sources and impact on surface water quality*. *Water Quality Research Journal Canada* 37(4), 773-784.
- GHAZAL C., DUMOULIN S., LUSSIER M.C., (2006), *Portrait de l'environnement du bassin-versant de la rivière Nicolet, Québec*, Corporation de gestion des rivières des Bois-Francs, 173 p. et 9 annexes.
- KHAMAR M., BOUYA D., RONNEAU C. (2000). *Pollution métallique et organique des eaux et des sédiments d'un cours d'eau marocain par les rejets liquides urbains*. *Water Quality Research Journal, Canada* 35 (1), 147-161.
- MUTIN G. (2000). *L'eau dans le monde arabe*, Edition Ellipse. OMS (1990). Comité Directeur Inter-Institution de Coopération pour la décennie. Impact de la DIEPA de l'eau et de l'assainissement sur les maladies diarrhéiques –Genève, p178.
- Ministère de l'écologie et du développement durable et agences de l'eau, (2003), *Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau)*, Grilles d'évaluation, version 2.
- OTTO W. (1978), *Water quality index: a survey of indexes used in the United States*, Environmental Monitoring Series, EPA.-600/4-78-005, 128 p.
- PROVENCHER M., LAMONTAGNE M.P., (1977), *Méthode de détermination d'un indice d'appréciation de la qualité des eaux selon différentes utilisations*, Service de la Qualité des Eaux, ministère des richesses naturelles, Québec, 70 p. + annexes.
- QUERALT R., (1982), *La calidad de las aguas en los rios*, *Tecnologia del agua*, 4, p. 449-457.
- SMIDA, ZAIRI, TRABELSI, BEN DHIAA, 2006. *Étude et gestion des Ressources en eau dans une région aride par le SIG : Cas de la région de Regueb - Sidi Bouzid, Tunisie*. Conférence francophone ESRI, 5 et 6 octobre 2005, 3–6.
- SOUDANI, 2007. Faculté des Sciences d'Orsay, Université Paris Sud XI, 2006-2007. *Initiation aux Systèmes d'information géographique sous ARCGIS 9 ESRI*. Environmental Systems Research Institute, 25–29.
- SEEE (Secrétariat d'État auprès du ministère de l'Énergie des Mines, de l'Eau et de l'Environnement), (2008), *Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux*, Maroc, 5 p.

Utilisation de l'outil géomatique pour une analyse phytoécologique d'une zone à l'interface steppe-Sahara, cas du bassin versant de Brezina, ouest d' El Bayadh

ANTEUR DJ; REGAGBA Z; LABANI A; MEDERBAL K; BEROUKECHE A; Y. FEKIR, M. A. HAMMADOUCHE

Université Ibn Khaldoun de Tiaret laboratoire de géomatique et de développement durable (LGéo2D) » Algérie.

anteurdjamel12@gmail.com

RESUME: Brezina, est une région marquée par la rencontre de la zone steppique et subsaharienne qui nécessite de plus en plus de prise en charge par des programmes de développement visant la valorisation de ce milieu fragile. Ce milieu qui ne cesse de se dégrader par le biais de plusieurs facteurs : (Climatiques, anthropiques)

L'objectif de cette étude vise le diagnostic du milieu. Ce diagnostic nous a permis de réaliser une carte de végétation, et de recenser 60 espèces végétales réparties sur un nombre de 21 familles, dont *les Astéracées* occupent le sommet des familles représentées. Alors que pour le type biologique *les Thérophytes* restent les mieux représentées par 29 espèces.

Mots clés : Brezina, steppe, cartographie, diagnostic, biodiversité végétale, étude phytoécologique.

Abstract: Brezina is a region marked by the mixture of different zones Steppe and Sub-Saharan which need to be taken in charge by programs of development for being a fragile site. This site keeps demoting because of different factors climatic and anthropogenic.

The objective of this study is to diagnose the site. This diagnosis allowed us to achieve a vegetation card and to collect the census of 60 species shared by 21 families where the Asteraceae take place on the summit of the shown families. As for the biologic type the therophyte remain best shown by 29 species.

Keywords: Brezina, steppe, cartography diagnosis, vegetal biodiversity, python ecology study.

INTRODUCTION

La dégradation peut être progressive et donc relativement lente se traduisant par des changements qui ne sont perceptibles que sur long terme. C'est probablement ce qui a marqué, à l'échelle du siècle, le passage des steppes d'Alfa vers d'autres formations comme celle à l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) ou à sparte (*Lygeum spartum*). A partir de ces données évoquant la problématique de la dégradation du milieu steppique, qui de par sa menace ne fait que progresser l'état d'avancement des sables vers le nord. Cet avancement permet de créer des modifications et des perturbations sur le plan pédologique et végétatif. Alors notre choix s'est orienté vers la région de Brezina, où la rencontre de la steppe et du désert pourrions-nous permettre de reconnaître l'état du couvert végétal à travers une étude phytoécologique tout en faisant appel à des outils de traitement spatial tel que la télédétection et les SIG, fortement sollicités dont l'intérêt de ce travail est de contribuer à fournir un outil d'aide en matière de programmation des aménagements et aussi pour faciliter la reconnaissance du terrain en terme de diagnostiquer l'état actuel du site retenu pour cette application (Brezina), qui 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.

1. Description de la zone 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 (Figure N°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.

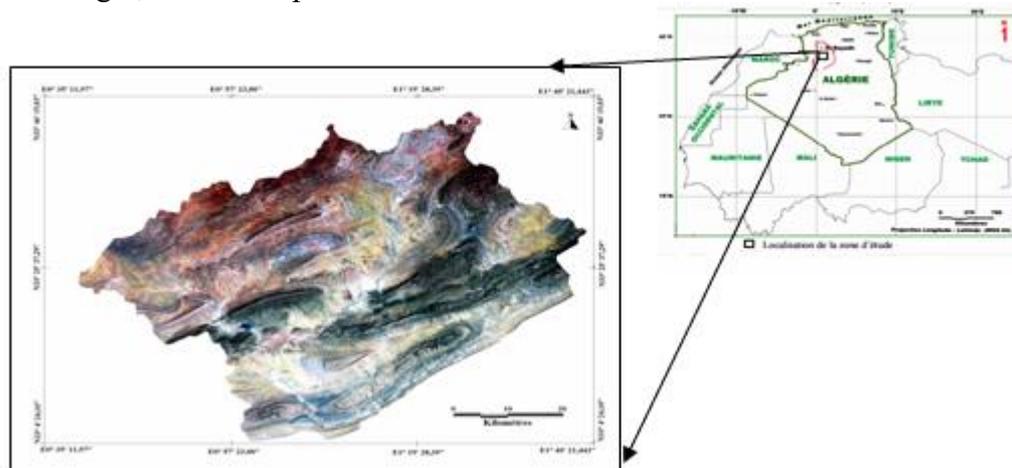


Figure N° 1: Situation géographique et délimitation de la zone d'étude

2. MATERIEL ET METHODES

Réalisation des relevés floristiques

D'après CHAABANE (1993) la surface du relevé doit être au moins égale à l'aire minimale, contenant la quasi-totalité des espèces présentes.

L'aire minimale joue un rôle de premier ordre dans la comparaison floristique des relevés. Il est connu que cette aire minimale varie en fonction de chaque groupement végétal. OZENDA (1982) signale que la valeur de l'aire minimale s'apprécie assez facilement ; elle est sensiblement constante pour les divers relevés d'un groupement déterminé, mais varie beaucoup d'un groupement à l'autre.

Or en zone aride la richesse floristique dépend essentiellement du nombre d'espèces annuelles présentes au moment de l'exécution du relevé. Celles-ci et, par voie de conséquences, l'aire minimale va dépendre également des aléas des précipitations et des conditions d'exploitation selon DJEBAILI (1984).

Le choix de l'emplacement de nos relevés s'est fait d'une manière subjective en veillant au respect du critère d'homogénéité structurale floristique et écologique. Donc nous avons réalisé 16 relevés afin de se permettre d'identifier les espèces et la végétation présente sur le terrain.

Présentation des relevés floristiques

Après avoir défini la méthode d'échantillonnage nous sommes passés à l'étape suivante qui est la localisation des relevés sur la carte ; en suivant la méthode de Braun

Blanquet. Au total nous avons réalisé 16 relevés, qui les coordonnées géographiques de ces derniers sont représentés dans la carte ci-dessous.

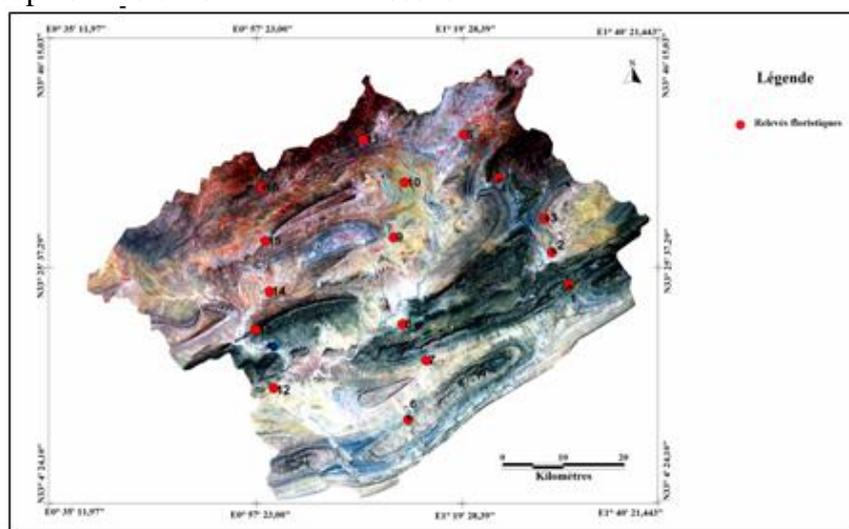


Figure n°2: carte de localisation des relevés floristiques au niveau du bassin versant de Brezina

3. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse des relevés floristiques

Nous avons pu recenser 60 espèces végétales. Que ces dernières sont dans l'ensemble réparties en petit nombre et leur recouvrement est négligeable avec une présence d'individus isolés l'un à l'autre. En outre le nombre d'espèces nous montre qu'il y a une diversité très hétérogène, avec une présence dominante de l'espèce *Arthrophytum schmittianum* par un nombre de 12 et de moins pour les espèces *Retama retam* qui est au second rang avec un nombre de 6 présences ,et (*Atriplex canescens*, *Echium pycnanthum* , *Lygeum spartum*, *Medicago minima*, *Onopordon arenarium*, *Peganum harmala*, *Retama retam*, *Schismus barbatus*, *Thapsia garganica*, *Thymelaea microphylla*) partageant le nombre de 5 présences , le reste des espèces se montre avec une faible présence allant d'un nombre de 4 à 1.

2. Richesse spécifique et générique

Nous avons recensé 60 espèces, appartenant à un nombre de 21 familles.

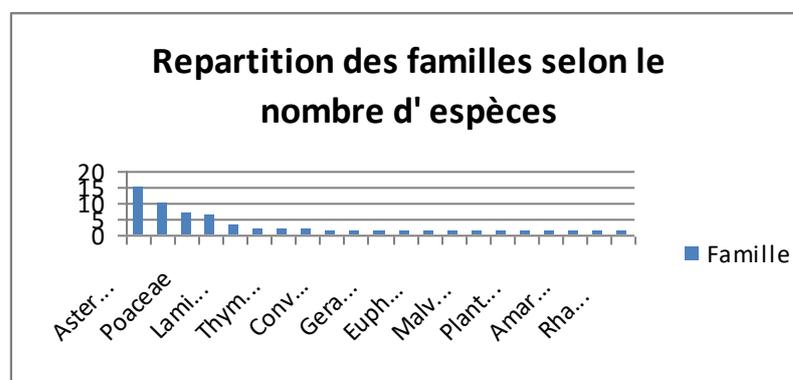


Figure n°3 : Répartition des familles selon le nombre d'espèces.

D'après les résultats présentés dans cet Histogramme nous remarquons que la famille des *Astéracées* occupe le sommet des familles représentées par un nombre de 15 espèces,

suivie des **Fabacées** par un nombre de 10 espèces. En suite et en second lieu vient la famille des **Poacées** avec une présence de 7 espèces. Les **chénopodiacées** avec 6 espèces et les **Lamiacées** par un nombre de 3, suivie des **Thyméléacées**, **des cistacées**, et des **Caryophyllacées** par 2 espèces chacune.

Le reste des 13 familles, qui sont : (**Capparidacées**, **Convolvulacées**, **Borraginacées**, **Géraniacées**, **brassicacées**, **Euphorbiacées**, **Iridacées**, **Malvacées**, **Zygophyllacées**, **Plantaginacées**, **Amarantacées**, **Apiacées**, **Rhamnacées**), ne sont représentées que par une seule espèce chacune.

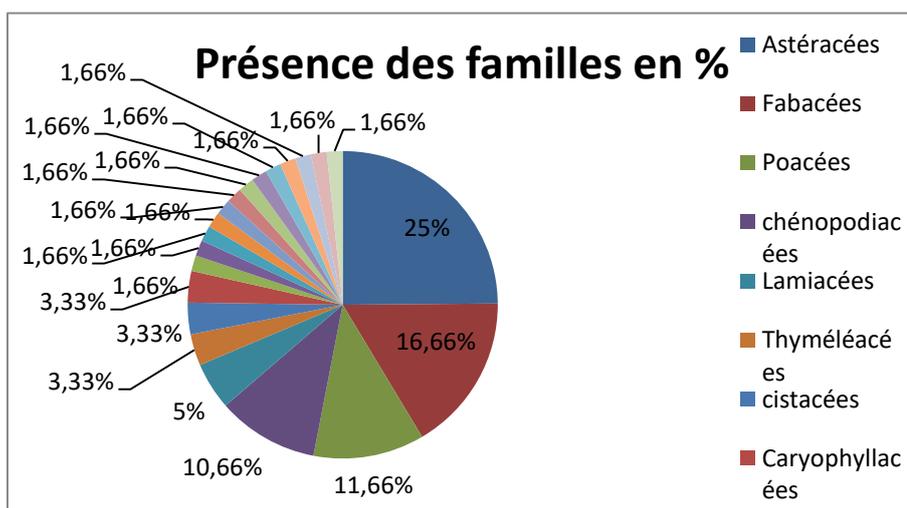


Figure n° 4: Présentation des familles en % en fonction de leur présence.

3. Type biologique

L'appartenance des espèces recensées dans les différentes catégories de types biologiques est représentée dans la figure ci-dessous:

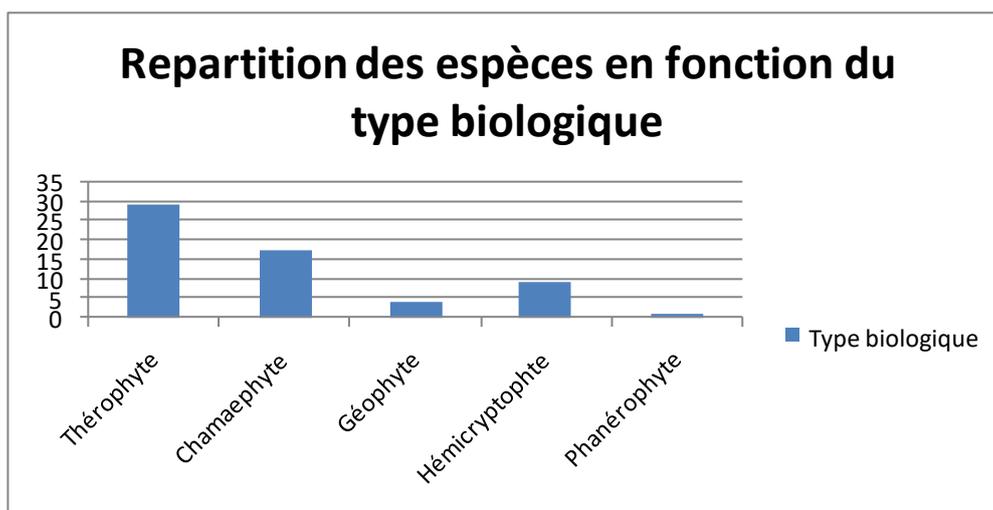


Figure n°5 : Répétition des espèces en fonction du type biologique.

D'après cet histogramme, nous remarquons que les **Thérophytes** sont les mieux représentées par 29 espèces, suivies des **Chamaephytes** avec un nombre de 17 espèces et des

Hémicryptophytes avec 9 espèces. En suite nous retrouvons les **Géophytes** avec un nombre de 4 espèces et au dernier rang les **phanerophytes** par une seule et unique espèce.

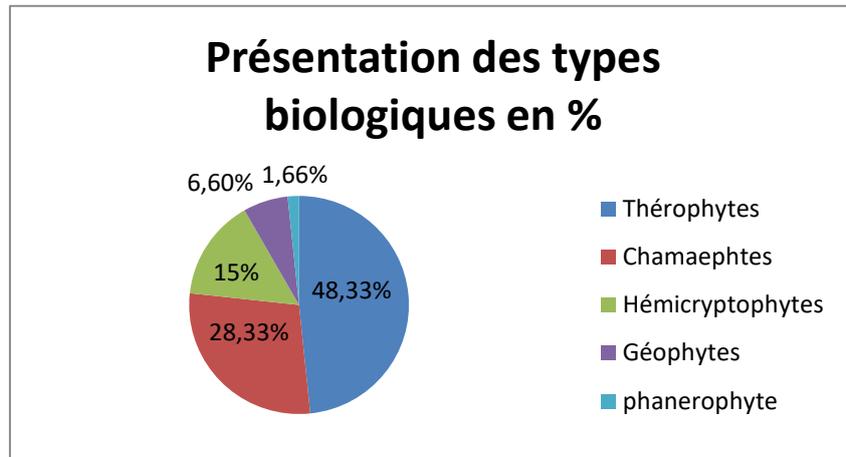


Figure n°5 : Présentation des types biologiques en %.

Discussion

A travers les résultats obtenus nous trouvons que la zone d'études se trouve marquée par la dominance des **Thérophytes (48,33%)**. Cette prédominance des Thérophytes est strictement liée aux pluies saisonnières si ces précipitations tombent durant la saison chaude, les Thérophytes se développent difficilement. Ces éphémères semblent être influencés par l'exposition nord ou sud et par le pâturage plus intense dans la région.

DAGET (1980) et BARBERO et AL (1990) s'accordent pour présenter les **Thérophytes** comme étant une forme de résistance à la sécheresse ainsi qu'aux fortes températures des milieux arides. La signification des **Thérophytes** a été abondamment débattue par ces auteurs qui l'attribuent :

- soit à l'adaptation à la contrainte du froid hivernal ou à la sécheresse estivale,
- soit aux perturbations du milieu par le pâturage, les cultures,etc.

D'un autre côté les **chamaephytes (28,33%)** viennent au deuxième lieu et qui semblent très liées à la dégradation d'origine anthropique. Cette répartition va dans le même sens que celle que FLORET et al (1978) ont décrit, en accord avec ORSHAN et al (1985) et qui considèrent les **Chamaephytes** comme étant mieux adaptées aux basses températures et à l'aridité. De plus le pâturage favorise aussi de manière globale les **Chamaephytes** faiblement appréciées ajoutent BNABADJI et al (2004).

Entre autres il existe 9 **Hémicryptophytes** soit 15% cela peut s'expliquer par la pauvreté du sol en matière organique. En suite nous retrouvons les **Géophytes** avec 6,6% et au dernier rang les **phanerophytes** par un pourcentage de 1,66% .

L'analyse des formes d'adaptation des plantes permet une meilleure appréciation des conditions écologiques dans lesquelles elles vivent. Les types biologiques, par leur répartition, traduisent fidèlement les conditions écologiques d'une région. La richesse de la zone d'étude en ce qui concerne aux familles revient aux **Astéracées (25%)**, **Fabacées** avec un pourcentage de (16,66%) reconnues par leur résistance à la rigueur des conditions climatiques.

CONCLUSION

Dans ce présent travail et à l'aide des données satellitaires nous avons pu réaliser des cartes thématiques liées à la zone d'étude, tel que : la carte des pentes, d'altitude, d'exposition, et du réseau hydrographique et y compris celle de la géologie du terrain et de la végétation de la zone étudiée. Ces réalisations nous ont permis d'exploiter les informations requises sur le terrain.

De plus les résultats obtenus de l'étude phytoécologique montrent le recensement de 60 espèces végétales réparties sur un nombre de 21 familles, dont *les Astéracées* occupe le sommet des familles représentées par un nombre de 15 espèces, suivie des *Fabacées* par un nombre de 10 espèces. Quant au type biologique *les Thérophytes* restent les mieux représentées par 29 espèces, suivies des *Chamaephytes* avec un nombre de 17 espèces et des *Hémicryptophytes* avec 9 espèces.

Il convient de ne pas oublier l'impact des critères bioclimatiques : le rythme des précipitations, l'accroissement des températures moyennes annuelles et l'allongement de la période de sécheresse estivale se traduisent sur le terrain par une adaptation des plantes (et/ou) par l'élimination de d'autres plantes. Aussi des modifications importantes de la composition floristique s'imposent à l'aide une végétation xérophile plus adaptée au stress écologique prend de l'ampleur.

Cette étude nous a montré l'existence d'une biodiversité remarquable par rapport au nombre de relevés réalisés sur le terrain, ce qui nous a permis de mettre l'accent sur l'identification des espèces présentes. Cette présence a été traduite en des données d'abondance-dominance-sociabilité pour diagnostiquer l'état de la couverture végétal dans un contexte purement synchronique.

Références bibliographiques

- AÏDOUD AHMED, LE FLOC'H ÉDOUARD, LE HOUEROU HENRY NOËL, 2006 - Les steppes arides du nord de l'Afrique. Revue Sécheresse ; Vol.17, n°1-2 : PP.
- DAGET PH, 1980 : Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative, cas des Thérophytes. In « recherches d'écologie théorique ». Les stratégies adaptatives. Pp 89-114.
- BOUAZZA M et BENABADJI N, 1998 : Composition et floristique et pression anthropozoiq au sud-Ouest de Tlemcen. Rev .Sci. Techn. Constantine. 10. Pp 93.
- CHEHMA A, DJEBAR M R, HADJAJI F, ROUABEH L, 2005. Etude spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-est algérien. Sécheresse 2005 ; 16 (4) : 275-285 p.
- DJEBAILI S, 1984. Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. Alger, 1984. Office des publications universitaires. 178 p.
- NEDJRAOUI D, 1981. Evolutions des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saïda. Thèse 3eme cycle, USTHB, Alger, 156p

APPORT DES SIG DANS L'ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU PEUPEMENT AU SEIN DE LA RESERVE DE BIOSPHERE ARGANERAIE ET SES IMPLICATIONS SUR LA GESTION DES RESSOURCES NATURELLES (MAROC SUD-OUEST)

Mohamed JADAOUI, Lakbir OUHAJOU, EL HASSANE ELMAHDAD, M'BARK BOUZALIM
Université Ibn Zohr, Laboratoire GEDEZA,
80000, Agadir, Maroc. m.jadaoui@uiz.ac.ma

RESUME : L'Arganeraie est l'un des écosystèmes les plus typiques au monde. Cette formation végétale relique, voire fossile, occupe des latitudes aux portes du désert contre lequel elle constitue un véritable rempart. Compte tenu de sa valeur écologique et socio-économique, l'Arganeraie est reconnue par l'UNESCO comme patrimoine universel de l'humanité depuis 1998. Elle est classée comme Réserve de Biosphère. Malgré cet acquis, l'Arganeraie subit encore des pressions anthropiques énormes, aggravées par les effets des changements climatiques, notamment la récurrence et l'étendue des périodes de sécheresse. Partant de ce constat, la présente contribution ambitionne d'apporter un éclairage sur les dynamiques du peuplement (humain) au sein de la RBA en s'appuyant sur les SIG, comme technologie permettant une analyse multicritère susceptible de mettre en relief les facteurs qui influencent l'évolution de la répartition spatiale des populations au sein de cette réserve et ses implications sur la gestion des ressources naturelles.

Mots-clés : dynamique de peuplement – gestion des ressources naturelles – Réserve de biosphère Arganeraie.

IMPLEMENTATION OF GIS IN THE ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE PEOPLE WITHIN THE ARGANERAIE BIOSPHERE RESERVE AND ITS IMPLICATIONS ON THE MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES (SOUTH-WEST MOROCCO)

ABSTRACT : The Argan ecosystem is one of the most typical in the world. This relic, even fossil, plant formation occupies latitudes at the gates of the desert against which it constitutes a true rampart. Given its ecological and socio-economic value, the Arganeraie, has been recognized by UNESCO as a universal heritage of humanity since 1998. It is classified as a Biosphere Reserve. Despite this, the Argan ecosystem is still subject to enormous anthropogenic pressures, exacerbated by the effects of climate change, including the recurrence and extent of drought. Based on this observation, the present contribution aims to clarify the population dynamics within the RBA by using GIS as a technology allowing a multicriteria analysis to highlight the factors that influence the evolution of the spatial distribution of populations within this reserve and its implications for the management of natural resources.

Keywords: population dynamics - management of natural resources – Argan Biosphere Reserve.

INTRODUCTION

La gestion des ressources naturelles revêt, plus que jamais, un caractère crucial à l'échelle de la planète. La baisse de la biodiversité atteint des niveaux inquiétants mettant en péril la capacité bioproductive des sols, aggravée par la situation de pauvreté dont pâtissent de larges franges de populations, notamment au niveau des zones tropicales et subtropicales (BRUNEL, 2010 ; BERGER et al. 2015).

Compte tenu de leur rôle dans l'atténuation des émissions du gaz carbonique, premier responsable du réchauffement climatique, les écosystèmes forestiers requièrent une gestion efficace à même de maîtriser les pressions, particulièrement anthropiques, qui y pèsent lourdement sur les équilibres écologiques.

Dans ce sens, les SIG sont interpellés comme outil d'aide à la prise de décision. Ils permettent de construire des systèmes d'indicateurs qui rendent facilement lisibles les phénomènes spatiaux observés et, du coup, éclaire le processus décisionnel (JOERIN et al., 2011 ; FEYET, 2011).

Partant du postulat selon lequel les pressions démographiques ont des incidences négatives sur les ressources naturelles, notamment au niveau des zones écologiquement vulnérables, la présente contribution s'attache à mettre en exergue l'apport des SIG dans l'analyse des dynamiques du peuplement au sein d'un territoire à la fois vulnérable et privilégié : la Réserve de Biosphère Arganeraie (RBA).

1. Description de la zone d'étude

La Réserve de Biosphère Arganeraie correspond à un vaste territoire de plus 2,5 millions d'hectares abritant 3.142.803 habitants, selon le RGPH de 2014. Cette Réserve, à cheval sur les régions Souss Massa et Marrakech-Safi, a vu le jour en décembre 1998, suite à la déclaration de l'UNESCO, reconnaissant ce territoire et sa ressource emblématique, l'arganier, comme patrimoine universel de l'humanité dont les efforts de gestion doivent être déployés dans une perspective de développement durable.

Certes, l'Arganeraie jouit d'une position géographique et de caractéristiques écologiques faisant d'elle un véritable rempart contre le désert. Mais, le principal atout de cette ressource est d'ordre socio-économique dans la mesure où il a constitué à travers le temps la ressource maîtresse des populations rurales, et donne lieu, aujourd'hui, à l'émergence d'une filière structurée autour de la production de l'huile d'argane ayant atteint une renommée internationale. Le volume exporté de cette huile est passé de 1,44T en 2000 à 1200T en 2015, selon l'EACCE.

La mise en place de la RBA est venue pour préserver le patrimoine que représente l'Arganeraie ayant subi des de déperditions énormes estimées entre 150.000 et 200.000ha au cours du siècle écoulé, et ce à cause des usages non durables de la ressource : défrichements pour la mise en culture, surpâturage, coupes licites et illicites pour la fabrication du charbon de bois... (NOUAIM R. et al., 1991).

Sur la base des fonctions assignées aux réserves de biosphère, la RBA devrait servir de cadre pour la conciliation des objectifs du développement et de la préservation de l'environnement à travers : la fonction de conservation des écosystèmes, la fonction du développement et la fonction de la recherche/formation/éducation dite également « fonction logistique ».

Pour remplir ces fonctions, un zonage en grappe a été adopté au niveau de la RBA. Les zones centrales, dites aussi zones « A » sont de l'ordre de 18 et s'étalent sur une superficie de 16.620 ha. Ces zones correspondent à des Sites d'Intérêt Biologique et

Ecologique (SIBE), où l'Arganeraie atteint un niveau écologique qui impose une protection intégrale comme devoir vis-à-vis des générations futures.

Les zones tampon (zones « B ») qui jouxtent les zones centrales s'étendent sur une superficie de 560.000 ha sont destinées à des activités qui ne compromettent pas les objectifs de conservation assignés aux zones centrales. Enfin, la zone « C » ou zone de transition est dédiée pour les activités de développement d'autant plus qu'elle abrite les villes et les agglomérations urbaines et les zones d'agriculture intensive (DREF-SO/GTZ, 2001).

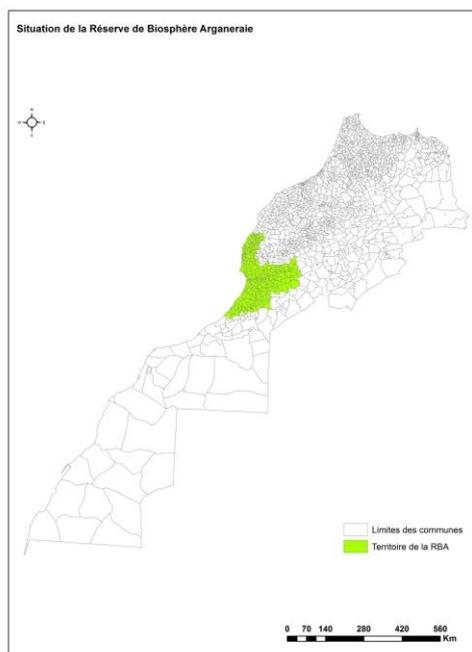


Figure 1. Localisation de la Réserve de Biosphère Arganeraie

2. MATERIEL ET METHODES

L'approche des dynamiques de peuplement au sein de la RBA, requiert à l'instar de tout projet « SIG », la définition des données géographiques et alphanumériques et leur implémentation dans une Géodatabase :

Les données géographiques : puisque le choix s'est porté, faute de mieux, sur la commune comme échelle spatiale de référence, la classe d'entité relative au découpage communal de l'aire de la RBA a été retenue comme entité principale de la Géodatabase. Pour les besoins d'analyse, d'autres classes d'entités sont implémentées, notamment le zonage de la RBA, les agglomérations urbaines et les courbes de niveaux.

Les données attributaires : il s'agit des indicateurs démographiques issus des Recensements Généraux de la Population et de l'Habitat des années 1982, 1994, 2004 et 2014. Outre les effectifs de la population, ont été retenus les indicateurs suivants : le Taux d'Accroissement Moyen Annuel de la population (TAMA), l'Indice Synthétique de Fécondité (ISF), le Taux de pauvreté et l'Indice de Développement Social (IDS).

L'exploitation de ces données s'est faite à deux niveaux :

1) L'étude de la variabilité spatio-temporelle du peuplement : elle s'appuie sur le calcul du centre de gravité qui est l'une des valeurs centrales qui mesure l'évolution de la distribution de la population dans l'espace (NOIN, 2008).

2) La réalisation des requêtes par attribut et par entité qui permettent de tirer les enseignements sur les facteurs qui régissent la variabilité du peuplement et, in fine, son implication sur la gestion des ressources naturelles. L'indicateur central sur lequel a porté

l'analyse et le taux d'Accroissement Moyen Annuel qui renseigne sur les dynamiques démographiques durant les périodes intercensitaires.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Le calcul du centre de gravité démographique à l'aide du logiciel ArcGIS en se basant sur les effectifs démographiques des communes pendant les années 1982, 1994, 2004 et 2014 permet de conclure que ce centre se situe au niveau de la plaine du Souss, la zone la plus peuplée de la RBA. A travers les quatre Recensements, il s'avère que le centre de gravité de la population de la RBA évolue en direction du Grand Agadir. En 1982, 1994 et 2004, ce centre était localisé au niveau de la commune d'Issen, mais son glissement vers l'ouest est bien évident, pour se situer en 2014 au niveau de la commune d'AmSkroud qui constitue l'arrière pays immédiat du Grand Agadir. Il en ressort que le caractère attractif de cette agglomération, est confirmé ; elle abrite 64% de la population urbaine de la RBA selon le RGPH de 2014.

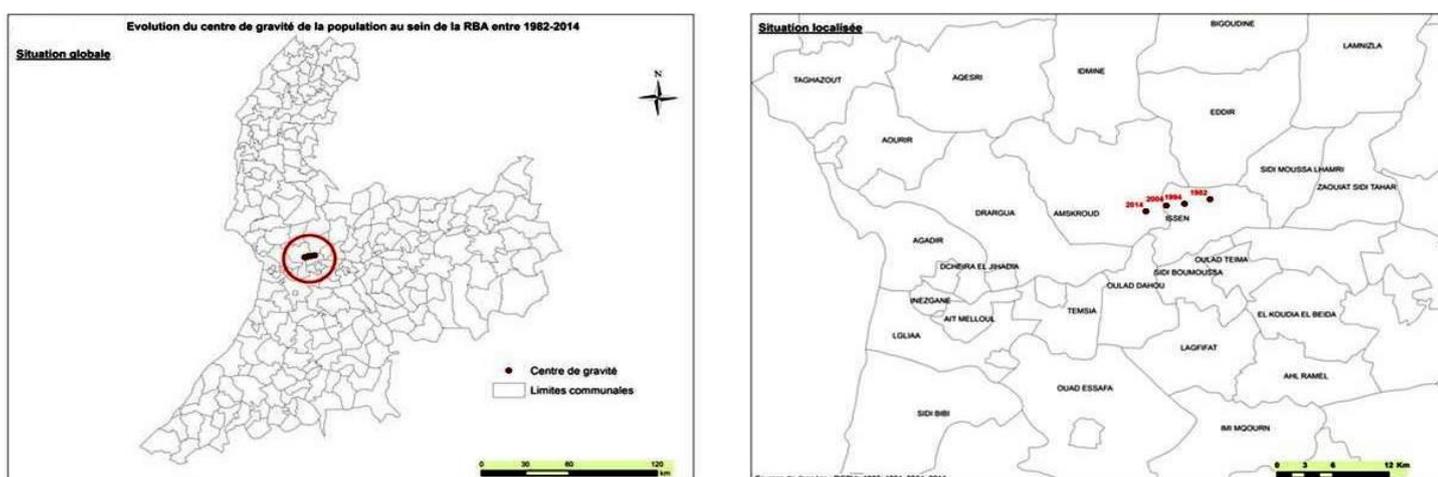


Figure 2. Evolution du centre de gravité des populations entre 1982 et 2014

Si le centre de gravité donne une vision « macro » de la variabilité spatio-temporelle du peuplement au sein de la RBA, l'interrogation de la base de données via des requêtes spatiales et attributaires débouche sur des résultats plus pointus à savoir :

- ✓ 96 sur 231 communes de la RBA ont enregistré un taux d'accroissement négatif pour la période 1982-2014 ; soit 42% des communes représentant 44% de la superficie totale de la RBA. En considérant la dernière période intercensitaire 2004-2014, le nombre de communes qui perdent leurs populations s'élève à 145, couvrant 74% de la superficie totale de la RBA. Or, la fécondité demeure élevée à l'échelle de ces espaces. 54 communes enregistrent un ISF supérieur au niveau national (soit 3 enfants/femme), en 2004. Une baisse de la fécondité est enregistrée en 2014 puisque 11 communes seulement ont enregistré un ISF supérieure à 3, mais 45 parmi elles ont tout de même un niveau de fécondité supérieur à niveau national, soit 2,2 enfants/ femme. En termes d'indicateurs sociaux, lesdites communes enregistrent un IDS inférieur à 0,4, couplé d'un niveau de pauvreté dépassant les 20% à l'échelle de 80 communes parmi les 96 communes répulsives (selon les données du HCP respectivement de 2004 et 2007).

- ✓ Les requêtes spatiales révèlent que les communes qui perdent leurs populations sont situées en zones de montagne dans le sens où 68 communes sur les 96 précitées sont situées à des altitudes supérieures à 1000m, relevant des massifs du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas occidentaux. Seulement 14 communes parmi les 96 sont situées dans un rayon de 15km des villes dont la taille est supérieure à 30.000Hab. Ce qui explique que la régression des populations touche principalement les zones éloignées (Figure ci-dessous).

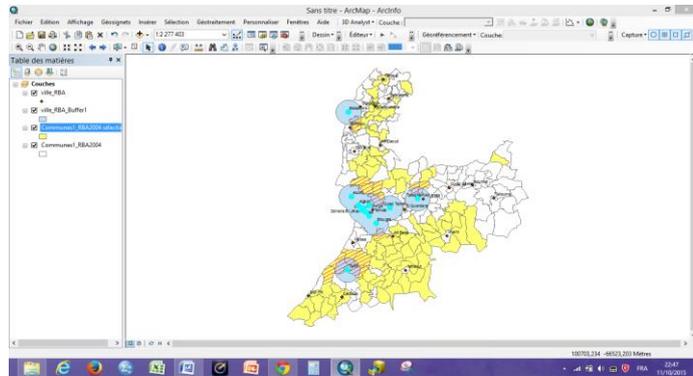


Figure 3. Exemple de résultats des analyses effectuées

- ✓ La superposition des zones de dépeuplement (issues des opérations de géotraitement) avec le zonage de la RBA permet de constater que des proportions importantes (Fig. 4) des zones centrales et des zones tampon enregistrent une déprise démographique susceptible d'y alléger la pression sur les ressources naturelles, compte tenu de la pauvreté des populations qui se résignent à l'exploitation intensive des ressources du milieu pour subvenir à leurs besoins : pâturage, bois (utilisé comme source d'énergie et comme bois d'oeuvre), mise en culture...

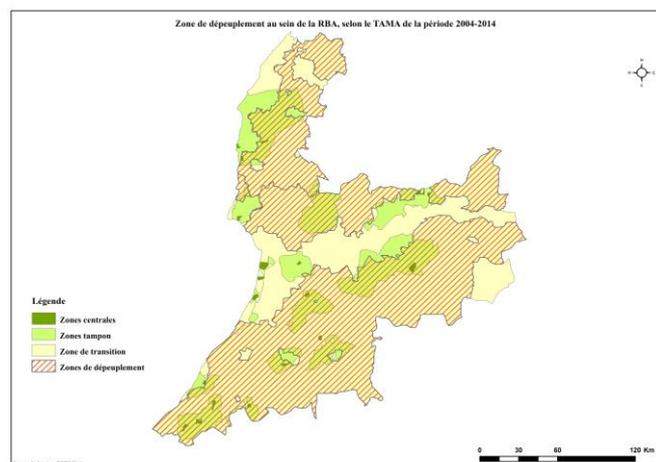


Figure 4. Zones de dépeuplement au sein de la RBA

CONCLUSION

En guise de conclusion, soulignons que sur la période intercensitaire 1982-2014, la dynamique de peuplement au sein de la RBA révèle une variabilité prononcée. Celle-ci s'accroît d'un recensement à l'autre dans le sens où en 2014 le nombre de communes ayant enregistré un taux d'accroissement négatif représente 74% de la superficie totale de la RBA. La césure territoriale est tangible entre le Grand Agadir et la plaine du Souss et les territoires

qui correspondent aux zones de montagne. L'implication du bouleversement de la carte du peuplement de la RBA sur la gestion des ressources naturelles se situe à deux niveaux antagonistes : d'une part, le dépeuplement de vastes territoires permettra une réhabilitation des écosystèmes (RAMADE, 1981), mais en même temps, il est à l'origine de la déperdition d'un riche savoir-faire local relatif à la gestion locale des ressources, comme c'est le cas de la dégradation des terrasses aménagés par l'Homme depuis des temps immémoriaux. De l'autre part, l'urbanisation impose un autre niveau de gestion de la ressource, d'autant plus que l'étalement urbain affecte les zones de prédilection de l'arganier ; les zones de plaines et de piémonts. Cette urbanisation, conjuguée aux pressions exercées sur les ressources en eaux dans les zones d'agriculture intensive, fait du triangle correspondant à la plaine du Sous un territoire aux risques environnementaux certains. Le débat sur le changement climatique serait-il un alibi pour repenser le modèle d'aménagement du territoire à l'échelle des zones vulnérables comme la RBA ? Quoi qu'il en soit, les SIG offrent, dans le cas présent, une opportunité pour approfondir les diagnostics et éclairer les décisions.

Références bibliographiques

BERGER A. et al. (2015) : Le développement durable, retenir l'essentiel, édition : Angélique Brézillon-Sara Wlodarczyk, Paris, 160p.

BRUNEL S. (2010) : Le Développement durable, Que-sais-je ?, PUF, 4^{ème} Edition, Paris, 127p.

DREF-SO/GTZ (2001) : Synthèse du Plan Cadre de la Réserve de Biosphère Arganeraie, Agadir, 73p.

FEYT G. (2011) : Les visages et usages de l'information Géographique dans le processus de décision territoriale. In WALSER O. et al. (Dir.) *Les SIG au service du développement territorial*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, pp.131-151.

JOERIN F. & WALSER O. et (2011) : SIG et développement territorial : quelles articulations ? In WALSER O. et al. (Dir.) *Les SIG au service du développement territorial*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, pp.13-19.

JOERIN F. (2011) : Les systèmes d'indicateurs, pour le meilleur ou pour le pire ? In WALSER O. et al. (Dir.) *Les SIG au service du développement territorial*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, pp.153-170.

NOIN D. (2008) : Géographie de la population, 7^e édition, Armand colin, 272p.

NOUAÏM R. et al. (1991) : "L'arganier ; essai de synthèse des connaissances sur cet arbre, Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides", Groupe d'étude de l'Arbre, Paris, pp. 373-388.

RAMADE F. (1981) : Ecologie des ressources naturelles, Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan, Mexico et Rio de Janeiro.

UTILISATION DU SIG POUR L'ELABORATION D'UNE CARTE DES TYPES DE PEUPELEMENTS FORESTIERS. CAS DE LA FORET D'AÏN LKHEIL (PROVINCE DE BENSLIMANE)

Bouchra AIT SYAD¹ et Nadia MACHOURI²

¹ Doctorante, Université Mohamed V, FLSH Rabat, Maroc. *aitsyadbouchra@gmail.com*

² Professeur en Géographie, Université Mohamed V, FLSH Rabat. *nadiamachouri@gmail.com*

RESUME: La forêt d'Aïn Lkheil fait partie des subéraies atlantique marocaine en général et celle de Benslimane en particulier. Cette forêt a constitué une importante source de production pour les douars usagers. Elle soumise en permanence à des pressions humaines et à des conditions naturelles non favorables. Ces facteurs ont fortement perturbé la stabilité de l'écosystème et l'évolution progressive des groupements végétaux. Les processus de dégradation sont souvent graduels et peuvent être irréversibles, dans ce cas ils conduisent dans leur phase ultime à la déforestation. La recherche de solutions et de mesures techniques qui visent à sauvegarder cette forêt contre les diverses formes de dégradation s'est révélée impérative.

L'objectif général de notre travail est d'étudier et de caractériser les écosystèmes naturels et les potentialités forestières à travers des mesures sur le terrain et les entretiens avec la population locale. L'analyse des données et le travail cartographique, en se basant sur le Système d'Information Géographique (SIG), nous a permis l'élaboration d'une carte des types de peuplements pour la forêt d'Aïn Lkheil. Ce document cartographique serait d'une grande utilité pour l'aménagement de cette forêt.

Mots clés: Ressources naturelles, milieu forestier, cartographie et SIG, gestion et développement durable.

USING GIS FOR THE ELABORATION OF A MAP OF FOREST STANDS.

CASE OF AIN LKHEIL FOREST (PROVINCE OF BENSLIMANE)

ABSTRACT: The forest of Ain El Kheil is part of the Moroccan Atlantic cork oak forests. This forest was an important source of production for local population. It is constantly subject to human pressures and unfavorable natural conditions. These factors have disrupted the stability of the ecosystem and the gradual evolution of plants. The degradation process is often gradual and may be irreversible, in which case they lead in their final phase to deforestation. The search for solutions and technical measures to save this forest against the various forms of degradation is proved imperative.

The general objective of our work is to study and characterize natural ecosystems and forest potential through field measurements, and interviews with the local population. Data analysis and cartographic work, based on the Geographic Information System (GIS), allowed us to develop the map of forest stands. This cartographic document would be of great use for the development of this forest.

Keywords: natural resources, forest, mapping and GIS, management and sustainable development.

INTRODUCTION

Le Maroc, à l'instar des autres pays du Maghreb, présente une grande diversité d'écosystèmes forestiers grâce à sa situation géographique et à son relief varié, ceci reflète une grande variabilité climatique, floristique et édaphique. La ressource forestière marocaine constitue une richesse énorme et inestimable du Royaume, sa valeur réside dans la conservation du capital sol, l'équilibre biologique de la nature, la satisfaction des besoins en produits ligneux (liège, bois d'œuvre, bois d'industrie, bois de trituration, bois de feu, etc.), la création de l'emploi et par le fait d'être une réserve considérable d'espace pastoral vital et ce grâce à la masse foliaire des peuplements forestiers qui reste verte et consommable à longueur de l'année.

La quasi totalité des écosystèmes naturels ont subi des perturbations remarquables, liées non seulement à certains effets naturels mais aussi aux différentes interventions de l'Homme. Ces dernières décennies, l'exploitation humaine des ressources naturelles prend également des formes de plus en plus aiguës afin de satisfaire les besoins liés à la croissance démographique et à l'amélioration du niveau de vie. En effet, le domaine forestier au Maroc subit annuellement une perte très importante estimée à plus de 30 000ha (AEFCS, 1994).

La forêt d'Aïn Lkheil, objet de notre étude, fait partie, de point de vue géographique, des subéraies atlantique en général, et de la subéraie de Benslimane en particulier. Cette subéraie a joué un rôle capital dans la vie socio-économique de la population de la zone et elle a constitué une importante source de production pour les fractions usagères. Ses valeurs biologiques, écologiques, biogéographiques, et socio-économiques lui confèrent un intérêt régional important (Machouri N., 2008).

Par conséquent, la forêt d'Aïn Lkheil soumise en permanence à des pressions humaines (surpâturage, prélèvements excessifs de bois de feu, l'écimage et l'ébranchage) et à des conditions naturelles non favorables (aridité du climat, sécheresse...). Ces facteurs ont fortement perturbé la stabilité de l'écosystème et l'évolution progressive des groupements végétaux. Au vu de ces processus de dégradation, la recherche de solutions et de mesures qui viseraient à sauvegarder cette forêt s'est révélée impérative.

1. OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

Les principaux objectifs de ce travail sont les suivants:

- Caractérisation et analyse des potentialités écologiques de la forêt d'Aïn Lkheil;
- Description des formations végétales de la forêt après la réalisation d'une carte parcellaire;
- Les mesures de la végétation (recouvrement de la strate arbustive, densité de la strate arborée);
- Les mesures concernant l'état de surface (l'humidité du sol, la résistance à la pénétration, la force de cisaillement du sol);
- La délimitation des parcelles et des strates forestière;
- La spatialisation des données collectées afin de réaliser une carte des types de peuplements en utilisant le Système d'Information Géographique.

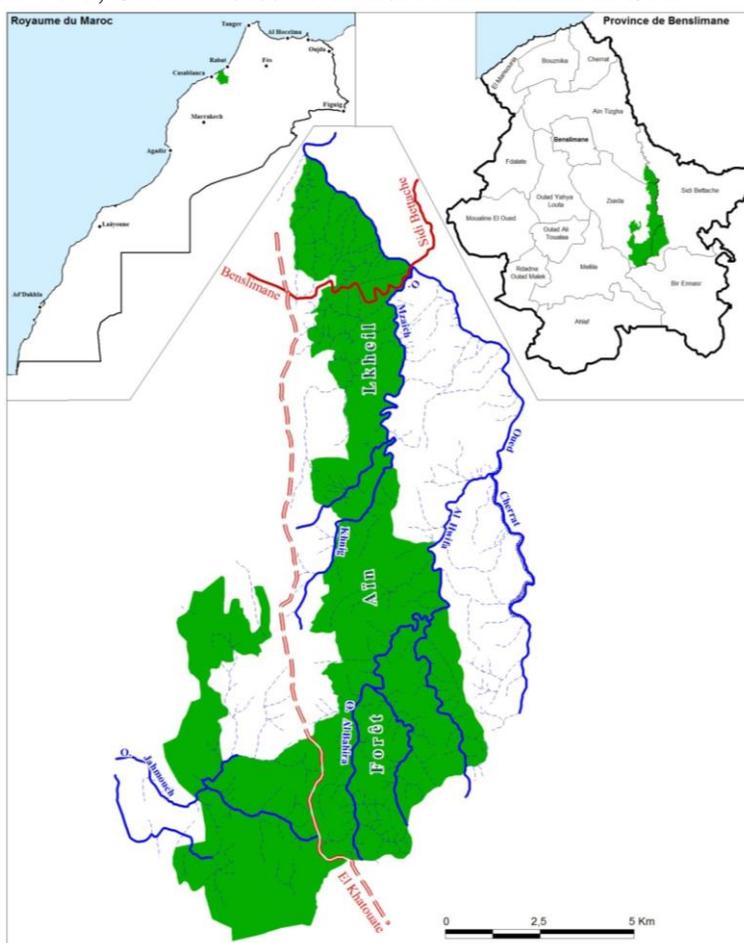
Pour répondre aux objectifs fixés par le présent travail, on a réalisé des mesures de la végétation et des mesures relatives aux états de surface du sol. Ces mesures ont été réalisées au niveau de **15 parcelles** constituant la surface totale de la forêt d'Aïn Lkheil, prenant en considération les variations observées dans chaque parcelles, surtout au niveau de la topographie et la végétation, afin de déterminer des strates forestières et élaborer une carte des types de peuplements pour la forêt d'Aïn Lkheil.

2. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

La forêt d'Aïn Lkheil est cantonnée dans la province de Benslimane, cercle de Bouznika, caïdat de Sidi Bettache. Elle se trouve à cheval sur trois communes rurales: Ziaida, Aïn Tizgha et Sidi Bettache. 67% de la forêt est incluse dans la commune rurale de Ziaida, alors que 23% appartient à celle de Sidi Bettache et 10% à celle d'Aïn Tizgha.

La forêt d'Aïn Lkheil s'étend sur une superficie de 6779ha, elle constitue le prolongement sud de celle de Benslimane par la vallée de l'Oued Cherrat fait partie de la région du chêne liège atlantique.

La forêt d'Aïn Lkheil fait partie de la région géographique des subéraies atlantiques. Elle est située de 30 à 50 km à vol d'oiseau de l'océan. Elle est étalée du Nord vers le Sud sur une longueur 22 km avec une largeur moyenne de 4 km entre les massifs forestiers de Benslimane à l'ouest, Slamna au nord, Oued Tifsassine à l'Est et El Mdakra au Sud.



Carte 1: Localisation de la forêt d'Aïn Lkheil

L'analyse des caractéristiques du milieu naturel a permis de tirer les conclusions suivantes:

Le relief est très mamelonné, compris dans une tranche altitudinale allant de 200m à 500m, progressivement du Nord vers le Sud, avec des pentes variées allant de 5% à 30%.

La zone d'étude est caractérisée, au niveau du climat, par une faiblesse et une irrégularité des précipitations (319,5mm/an). Ce climat présente une aridité ayant sans aucun doute d'importantes répercussions sur la végétation. Parfois, la topographie engendre des microclimats en fonction de l'exposition des versants, ce qui aboutit en général à une sorte de distribution pour la végétation; les versants à exposition Nord et Ouest sont frais avec un couvert végétal remarquable, alors que le couvert végétal sur les versants à exposition Sud et Est est plus clair avec une apparition des signes d'érosion hydrique.

La zone d'étude possède un substrat schisteux et peu perméable, Les caractéristiques géologiques ne favorisent pas l'obtention d'un bilan hydrique favorable; par conséquent un handicap pour le développement d'une nappe phréatique et une augmentation de déficit en eau pour les arbres. Les sols sont en général très pauvres, peu profonds, caillouteux et ferrugineux, 54% de la superficie de la zone d'étude est couverte par des sols fersiallitiques sur schistes et grès. L'érosion hydrique est présentée, surtout sous forme de ravinement sur les versants Sud et Sud Est.

La végétation est variée et distribuée, en général, selon les facteurs ci-dessous (topographie, climat, géomorphologie et pédologie), là où le relief est moins mamelonné et les pentes sont faibles à moyennes, et lorsque le substrat est schisteux sableux, le chêne liège prend l'initiative. Au contraire, où les altitudes sont élevées, les pentes sont fortes, le substrat est calcaire ou argileux compact, le chêne liège est éliminé par le Thuya.

La forêt d'Aïn Lkheil est couverte par une végétation diversifiée, naturelle et artificielle. En se basant sur le travail du terrain, on a pu déterminer les formations végétales et délimiter les strates forestières, afin d'élaborer une carte des types de peuplements.

3. DELIMITATION DES STRATES ET ELABORATION D'UNE CARTE DES TYPES DE PEUPELEMENTS

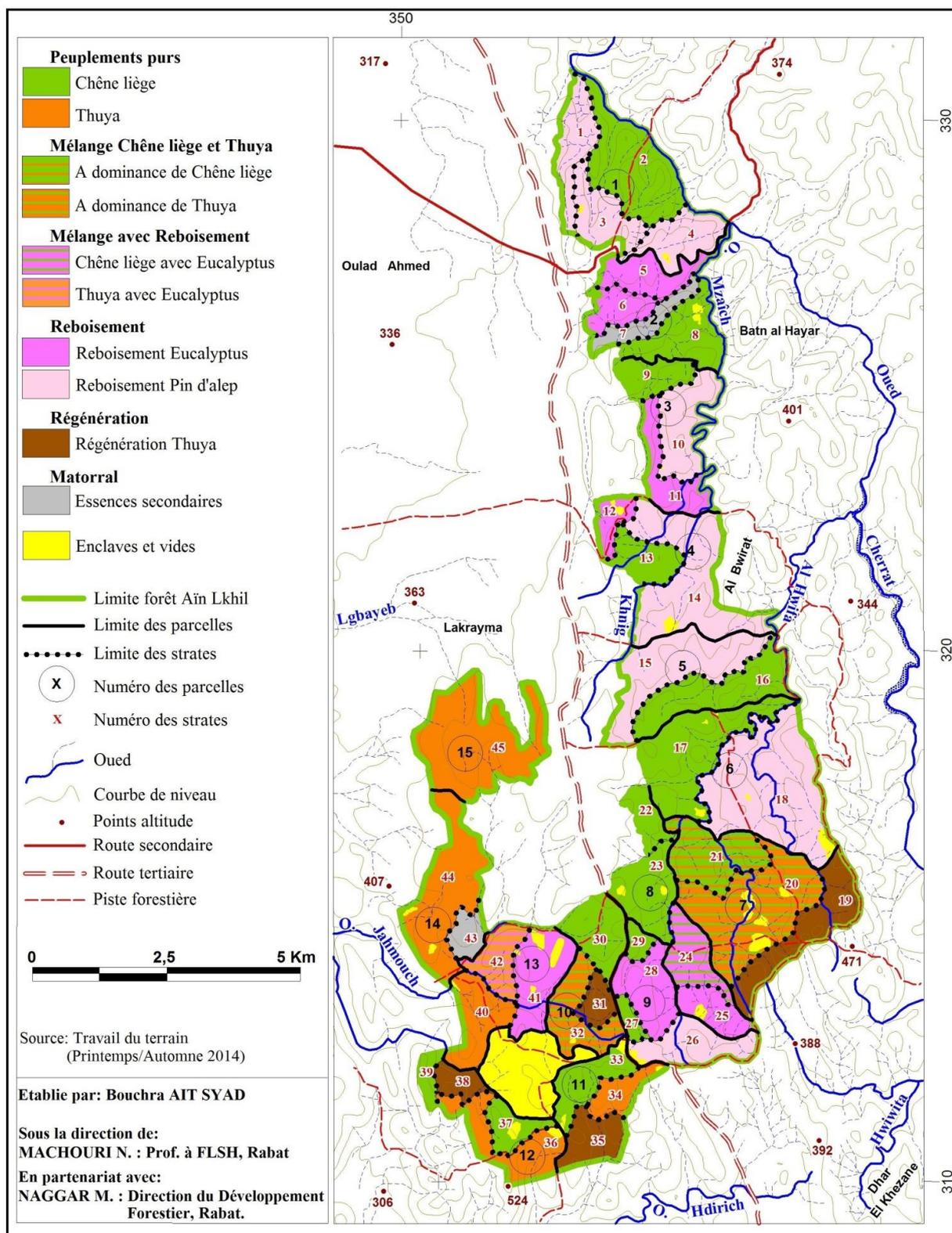
Suite aux travaux effectués sur le terrain pendant le printemps et l'automne 2014 (les tournées de reconnaissance accompagnés par l'encadrant et les responsables forestiers, les mesures effectuées sur la végétation arbustive et arborée, les entretiens avec la population usagère de la forêt), on a pu obtenir une base de données très détaillée qui nous a permis l'élaboration d'une carte des types de peuplement. Cette carte peut constituer un document qui peut être adopté pour toutes les décisions relatives à la gestion forestière et le choix des lieux d'intervention et de mise en valeur au niveau de la forêt d'Aïn Lkheil.

La forêt d'Aïn Lkheil s'étend sur une superficie de 6779ha, contient 15 parcelles et 45 strates. L'assemblage de ces strates selon le type de la végétation constitue des formations forestières plus homogènes.

Tabl. 1: Type de peuplements au niveau de la forêt d'Aïn Lkheil

Types de peuplement		Strates	Superficie (ha)	%
Chêne liège		2 - 8 - 9 - 13 - 16 - 17 - 22 - 23 - 27 - 29 - 30 - 33 - 37 - 39	1647	24
Thuya		34 - 36 - 40 - 44 - 45	968	14
Mélange Chêne liège et Thuya		20 - 21 - 32	652	10
Mélange avec Reboisement	Chêne liège avec Eucalyptus	24	2	2
	Thuya avec Eucalyptus	42	1	1
Reboisement	Eucalyptus	5 - 6 - 11 - 12 - 25 - 28 - 41	11	11
	Pin d'alep	1 - 3 - 4 - 10 - 14 - 15 - 18 - 26	26	26
Régénération de Thuya		19 - 31 - 35 - 38	390	6
Matorral		7 - 43	122	2
Enclaves et vides		-	331	5
Total		45 strates forestières	6779	100

Source: Travail du terrain (Printemps/Automne 2014)



Carte 2 : Types de peuplements au niveau de la forêt d'Ain Lkheil

CONCLUSION

Il est bien clair que la forêt d'Aïn Lkheil est soumise à des contraintes d'ordre écologique, social et économique qui entraînent différentes formes de dégradations. Les pressions anthropiques et pastorales associés à une sécheresse marquée durant les 30 dernières années sont sans doute la cause d'un dépérissement général inquiétant de la subéraie et de la tétraclinaie.

Pour soulager les pressions qui s'exercent sur les formations forestières, les responsables doivent élaborer une stratégie de développement rural en général et forestier en particulier, à moyen et à long terme, qui prenne en considération la conservation et le développement des ressources naturelles et la contribution à l'amélioration des revenus de la population.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benabid A., 1976: Eude écologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la tétraclinaie de l'Amsittène. Thèse de 3^{ème} cycle. Univ. Aix. Marseille III. France.
- Benzyane M. et Naggar M., 1999: L'aménagement sylvo-pastoral, instrument pour une gestion durable des ressources forestières. Publication de la Chaire UNESCO-GN «Gestion de l'environnement et développement durable». Univ Mohammed V. FLSH. Rabat. Vol.2.
- Etudes d'aménagement de la forêt de Benslimane, 1998: Direction régionale des eaux et forêt nord-ouest de Kenitra; Arrondissement des Eaux et Forêts de Benslimane. Volume I: Renseignements généraux aménagement et gestion antérieurs.
- Etudes d'aménagement de la forêt d'Aïn Lkheil, 1969: Direction régionale des eaux et forêt nord-ouest de Kenitra; Arrondissement des Eaux et Forêts de Benslimane. Volume IV: Etat actuel de la forêt aménagement propose et objectifs a attendre.
- Emberger L., 1942: Un projet de classification des climats du point de phytogéographique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 77.
- Ionesco, J. & Sauvage, Ch. 1962: Les types de végétation du Maroc. Essai de nomenclature et de définition. – Rev. Géogr. Maroc 1-2: 35-86.
- Laouina A., 2006: Gestion durable des ressources naturelles et de la biodiversité au maroc. Prospective «MAROC 2030» Rapport préparé pour le compte du Haut Commissariat au Plan.
- Machouri L., 2009: Les phénomènes de dégradation des forêts de chêne liège, cas de la subéraie de benslimane. Mémoire du Master "Patrimoine naturel et gestion des espaces sensibles". FLSH, Mohammedia.
- Machouri N., 2008: Etude d'impact des activités touristiques sur la forêt de Benslimane, analyse environnementale et approche cartographique. Programme des Nations Unies pour le Développement, Programme de Micro-Financements du Fond pour l'Environnement Mondial (PNUD- PMF/FEM).
- Machouri N., 2005: Potentialités pastorales et systèmes d'exploitation des zones forestières et périforestières. Evaluation en vue de l'élaboration d'une stratégie de développement durable participatif. Thèse de Doctorat, Option: Gestion de l'Environnement et Développement Durable. Univ. Mohammed V. Faculté des lettres et des sciences humaines. Rabat et Université de Ca' Foscari. Venise. Italie. 2005; pp. 444.
- Machouri N., Laouina A., & Ibnattya A., 2006: Contribution à l'évaluation des potentialités pastorales de la forêt d'Oued Tifsassine, Province Benslimane. Pub, Revue de Géographie du Maroc (RGM), N°1-2, volume 22, nouvelle série, p. 20-37.
- Machouri N., Nafaa R., Laouina A., 2008: Problématique de dégradation des subéraies atlantiques Marocaines. Les 2^{ème} Assises de la Recherche Forestière: «Réhabilitation des forêts de chêne liège». Annales de Recherche Forestière au Maroc. Tome (spécial) 39.

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'ÉVOLUTION RÉCENTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES DANS LE CAUSSE DE TAHALA (MOYEN ATLAS ORIENTAL), PAR TÉLÉDÉTECTION ET SIG.

MAKRANE Ibrahim : Doctorant, FLSH, Tétouane, Martil, (email : ibrahim_tazzka@hotmail.com, Tél : 0623699350, Adresse : n°10, rue Errabiaâ, avn Assalam, Narjiss-B, Fès).

Résumé : Le suivi de l'évolution récente des formations végétales dans le Causse de Tahala, est basé sur deux séries de photographies aériennes à grande échelle, datant de 1962 et 2008. Le traitement des clichés par ordinateur et SIG, la photo-interprétation et l'étalonnage de la dernière mission par le travail sur le terrain (2012-2015), nous a permis de suivre les changements qui ont affecté chaque formation végétale. Les résultats sont exprimés par une carte à grande échelle commentée, expliquée et discutée. La superficie forestière a régressé d'une manière nette, les cinq sylvo-faciès identifiés (chênaie verte dense, chênaie verte discontinue à ouverte, tétraclinaie, forêts mixtes, matorrals) et les zones de cultures ont connu une évolution variée au niveau de leur structure, en fonction de la variation locale des contextes édaphiques, bioclimatiques et du degré de la pression anthropique.

Mots clés : évolution - formations végétales - Causse de Tahala.

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF RECENT EVOLUTION OF PLANT FORMATIONS IN THE CAUSSE TAHALA (MIDDLE EASTERN ATLAS), BY REMOTE SENSING AND GIS.

Abstract : Monitoring the recent evolution of plant formations in the Causse de Tahala, is based on two sets of large-scale aerial photographs, dating from 1962 and 2008. The processing of images by computer and GIS, photo-interpretation and calibration of the last mission of the fieldwork (2012-2015), allowed us to follow the changes that have affected each plant formation. The results are expressed by a large-scale map comment, explain and discuss. The forest area has decreased from a net manner, the five forest-facies identified (dense evergreen oak, green oak discontinuous open, tétraclinaie, mixed forests, high matorrals, shrubland), and the low crop areas, experienced a varied evolution in their structure, according to the local variation of edaphic environments, bioclimatic and degree of human pressure.

Key words: evolution - vegetal formations - upland of Tahala.

INTRODUCTION :

Le suivi de l'évolution des milieux forestiers, implique la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'étude et d'évaluation. Parmi ces méthodes, la télédétection spatiale, présente un intérêt particulier, grâce aux photographies aériennes et aux images satellites qui offrent une source d'information et d'analyse. Ces moyens associés aux investigations sur le terrain, permettent à la fois, le suivi des écosystèmes forestiers au fil du temps, la détermination des signes de régression ou de progression et la contribution à une meilleure gestion des ressources forestières.

Cette étude, consacrée à l'évolution récente des formations végétales dans le Causse de Tahala a été entreprise dans ce cadre. L'utilisation de deux séries de photographies aériennes à grande échelle, et le travail sur le terrain, nous ont permis d'analyser les changements dans les paysages forestiers au cours des cinquante dernières années.

1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE :

Le causse de Tahala objet de cette étude, forme la terminaison septentrionale des Causses moyen Atlasiques. Il est délimité par les coordonnées Lambert 34°-34°10'N, et 4°15'-4°30' O.

Se tenant généralement entre 250 et 950m d'altitude et constitué pour l'essentiel des puissantes assises secondaires et tertiaires, dolomitiques, calcaires ou marneuses et presque toujours résistantes, et qui ont subi un basculement vers le Nord (EL FELLAH, 1983, TENNEVIN, 1978).

L'affleurement du paléozoïque et du Trias s'observe sur les bordures orientales, sachant que la vallée de l'Inaoune qui délimite le Causse au NO, est constituée principalement par les formations quaternaires.

Ce territoire de basses altitudes est une juxtaposition de paysages très variés dans lesquels il serait vain de rechercher une quelconque unité. Le relief montrent un étagement remarquable, de la vallée d'Inaoune, d'orientation SO-NE, on ascendant par un rebord vers le plateau tabulaire, inclinés vers le NO, fidèles à la même orientation et fortement disséqués par des vallées encaissées et profondes.

Au niveau climatique et bioclimatique, deux ambiances bioclimatiques du type semi-aride et subhumide tempérés, partagent l'espace, avec une sécheresse estivale, estimée à 4 mois (Tahala) et 3 mois-et-demi (Bab Azhar). La tranche pluviométrique est de l'ordre de 500mm à 800 mm/an, avec une variabilité annuelle très forte de -62,47 % à 70,98%, par rapport à la moyenne annuelle (pour la station de Tahala durant la période 1970-2012).

Les contrastes bioclimatiques résultent de l'altitude variée sur le plateau, et de l'exposition au niveau des talus et des vallées encaissées.

Ces conditions climatiques et bioclimatiques permettent partout l'existence des formations arborées, arborescentes et arbustives, sauf au dessous de 500m où l'action anthropique et la xérite climatique deviennent alors des facteurs limitant pour les formations arborées. Les formes d'utilisation du sol et de l'implantation humaine sont aussi disparates que les paysages physiques. La diversité des roches en place, des formes de relief, des conditions bioclimatiques et de l'action humaine ancienne et actuelle, font de la carte d'occupation du sol des causses une véritable marqueterie.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES :

L'analyse diachronique de photographies aériennes est un outil efficace pour mettre en évidence les variations temporelles qui résultent des interactions entre les facteurs naturels et les impacts anthropiques successifs (GIRARD et GIRARD, 1975, CROWELL M.*et al* 1993 ; DURANDP., 1998, FRIHY O. E. *et al*, 1995 EL-ASMAR H.M.*et* WHITEK., 2002 in BOUABDALLAH et LARUE, 2009, LABHAR, 1998, LABHAR et TANGHE, 1998).

L'approche diachronique des formations végétales dans le Causse de Tahala, repose sur la comparaison de deux missions aériennes, la première remonte au 1962, à l'échelle de 1/25000, et la deuxième au 2008 à l'échelle de 1/20000 (Tab 1). Comme document de référence pour servir de base à la correction, nous avons dû utiliser la carte topographique de Tahala à l'échelle 1/50000.

Tableau 1 : Documents exploités pour l'analyse diachronique

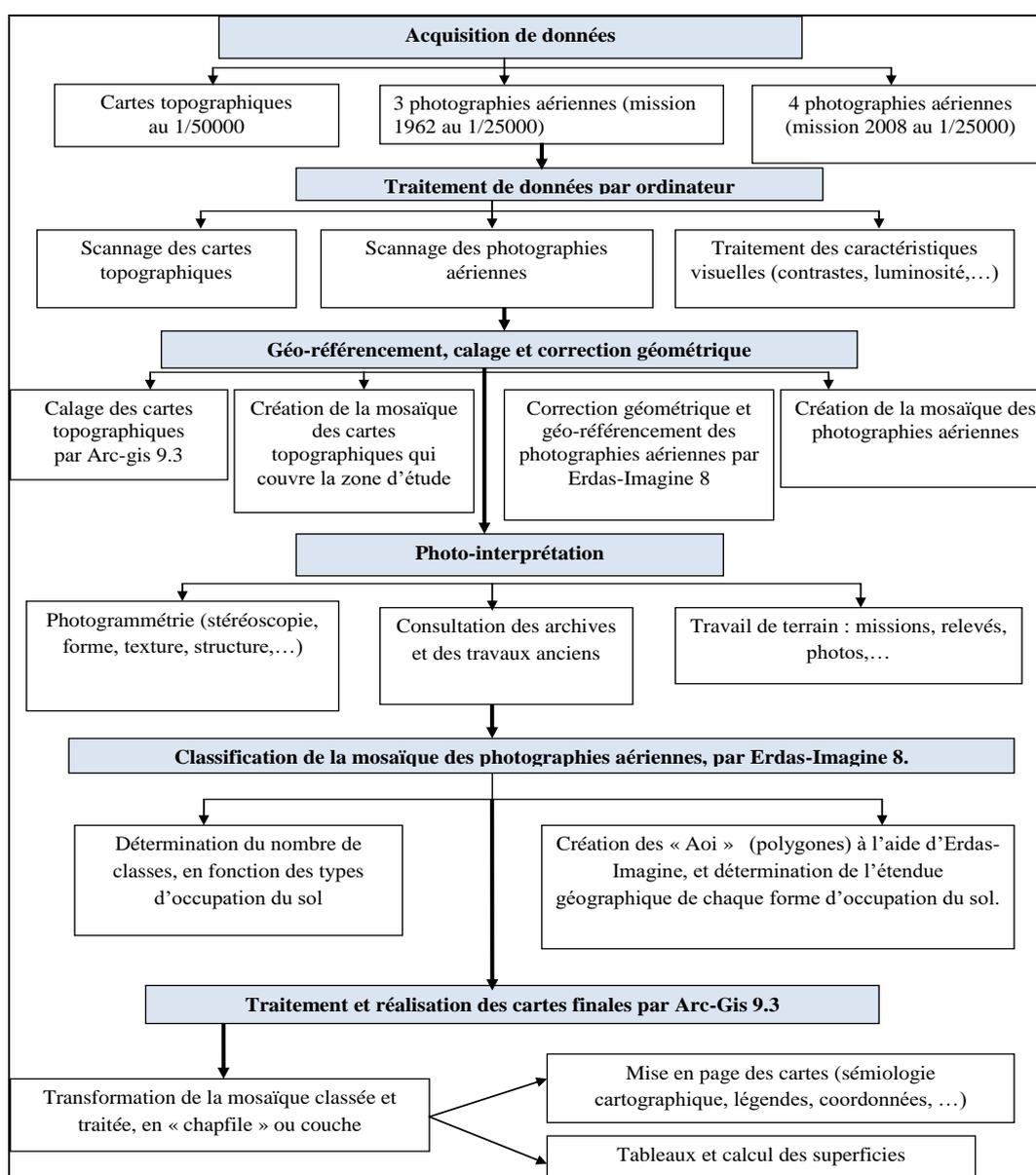
Documents				
Carte topographique de Tahala				Échelle 1/50000
Photographies aériennes				
Mission et date de prise de	Organisme	Qualité	Échelle	Nombre de clichés

vue				
1962, mission-245 Le matin entre 10h35min et 10h40min	ANCFCC-Rabat	Bonne qualité en général avec des distorsions et sombres sur les marges.	1/25000	24 photographies panchromatiques
Juin 2008, mission Taza-Msoun, Ribat Al Khayr-Berkine -Midi entre 11h0min et 14h00min	HCEFLCD-Rabat	Très bonne qualité en général.	1/20000	26 photographies panchromatiques

Ces cartes et photos ont subi un nombre de traitements et de modifications, avant de les utiliser pour la définition des évolutions végétales, elles sont scannées, géoréférencées, et traitées à l'aide de l'Erdas-Imagine et de l'ArcGis.

Afin de dégager l'évolution récente des formations végétales, nous avons couplé l'analyse diachronique de photographies aériennes, les études sectorielles, et le travail sur le terrain.

Figure 1 : Méthodologie et procédures de traitement des données.



Le traitement de ces documents a été informatisé. La correction géométrique et le géoréférencement des photographies ont été réalisés grâce à des logiciels (Erdas-imagine8 et Arc-Gis 9.3). La correction géométrique est basée sur les cartes topographiques de la zone d'étude en utilisant principalement ERDAS imagine 8. Il s'agit de créer des orthophotographies, c'est-à-dire des photographies superposables à la carte de référence, afin d'avoir la même valeur métrique, en l'occurrence l'usage de la projection conique conforme de LAMBERT, ellipsoïde CLARKE 1880. La méthode se base sur la recherche et la détermination des points repères, communs sur le support cartographique et les photographies aériennes, ces points permettent la correction et le géoréférencement des images.

Pour augmenter la qualité du travail, nous avons choisi essentiellement les points inchangeables, notamment les points d'intersection des cours d'eaux, des chemins et des routes, parfois des maisons, à l'aide d'une loupe et d'un stéréoscope à miroir.

Afin de diminuer la marge d'erreur, il était indispensable de multiplier le nombre de *point de calage*, avant d'arriver à un produit satisfaisant. Ces erreurs se manifestent toujours dans le calage des photographies aériennes, et sont liées à la nature des documents utilisés et aux logiciels exploités, mais ils ne dépassent pas un seuil, qui peut modifier en radicalement les résultats (DOLAN.R *et al*, 1980 ; CROWELL M *et al*, 1991 ; THIELER R. et DANFORTH.W., 1994-a, 1994-b ; I.B.N. FAYE *et al*, 2008 ; in [BOUABDALLAH et LARUE](#), 2009).

Après la correction géométrique et le géoréférencement, les photographies aériennes, ont subi un nombre de traitements (Fig 1). En nous basant sur la comparaison par photogrammétrie des clichés de 1962 et de 2008, et l'étalonnage de la dernière mission par la réalité du terrain entre 2010 et 2014 (stations et relevés de végétation), nous avons pu suivre l'évolution des stades physiologiques de différentes formations végétales caractéristiques.

L'utilité de cette méthode est déjà montrée grâce aux travaux réalisés sur le Moyen-Atlas central (LABHAR, 1998, LABHAR et TANGHE, 1998, MERCIER, 2010). La classification et la cartographie des formations caractéristiques du Causse, teste la méthode d'analyse intégrée des milieux, il est basée sur une approche globale, à travers la synthèse de plusieurs critères, d'ordre végétale, surtout la nature et type de végétation (IONESCO et SAUVAGE, 1962), la densité et l'espèce dominante.

En se basant sur ces critères, nous avons identifié sept formations végétales à savoir : chênaie verte dense, chênaie verte discontinue à ouverte, tétraclinaie, forêts mixtes, matorrals élevés, matorrals bas et zones des cultures.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION :

Les cinq formations définies, selon les critères végétaux, avec les zones de cultures et d'habitat, ont connu des modifications au niveau de la superficie et de la structure, en fonction du contexte écologique et du degré de l'exploitation humaine des ressources.

Tableau 2 : Évolution des formations végétales et zones de cultures dans le Causse de Tahala

	Superficies		Évolution	
	1962	2008	Par ha	En%
Chênaie verte en haut taillis dense à discontinu	1203,8	657,5	-546,3	-45,38
Chênaie verte en taillis bas discontinu ou ouvert	1627,8	1684,5	56,7	3,48
Tétraclinaies (<i>Tetraclinis articulata</i>) en futaie	1459,3	1345,2	-114,1	-7,81
Forêts mixtes (<i>Quercus rotundifolia</i> , <i>Olea europaea</i> , <i>Tetraclinis articulata</i> et <i>Ceratonia siliqua</i>)	2369,1	932	-1437,1	-60,66
Matorrals en garrigue élevée ou basse	8509,7	9009,4	499,7	5,87
Cultures plus ou moins mêlées aux matorrals et habitat	4785,5	6326	1540,5	32,19

Source : traitement des photographies aériennes de 1962 et 2008.

Durant la période qui sépare les photographies aériennes comparées, les formations végétales ont connu une évolution particulière dans des conditions pédoclimatiques variées sensiblement. L'évolution de la structure et de la superficie globale est négative. En chiffres, les forêts « stricto-sensu » ont régressé par 2040,8 ha environ, soit 30,64 % de la superficie forestière de 1962. La régression forestière est estimée à 44,36 ha/an.

La surface forestière apparaît donc en régression nette, en 46 ans, la chênaie verte en haut taillis dense à discontinu a perdu 546,3 ha, les tétraclinaies ont régressé par 141,1 ha, pour les forêts mixtes à *Quercus rotundifolia*, *Olea europaea*, *Tetraclinis articulata* et *Ceratonia siliqua*, elles ont perdu 1437,1 ha de leur superficie. La seule augmentation est enregistrée pour chênaie verte en taillis bas discontinu ou ouvert (56,7 ha).

Concernant les matorrals, ils se sont subis une extension particulière estimée à 499,7 ha, soit 5,87%. Les zones des cultures et de l'habitat, ont étendues sur 1540,5 ha, ce qui présente une progression de 32,19% par rapport à leur extension en 1962.

L'évolution des forêts, des matorrals et des zones des cultures est nettement complexe, la superposition des deux missions aériennes reflète les observations suivantes :

- La régression des forêts est observée toujours sur lisières, dans les zones de contact avec les matorrals et les zones des cultures.
- La stabilité relative de la superficie des matorrals cache plusieurs faits marquants. Ces formations ont subi une évolution complexe, car au moment où les matorrals se sont étendues sur les lisières des forêts, ils ont perdu en même temps plusieurs parties au profit des zones des cultures.
- Les zones des cultures de l'habitat, se sont étendues souvent sur les matorrals bas et arbustifs, et rarement sur les matorrals élevés et les forêts.

Ces données générales montrent une tendance nette de la réduction des espaces boisés et forestiers au profit des zones anthropisées.

Cette évolution forme le résultat de l'interaction de plusieurs facteurs, notamment l'assèchement climatique récente (HANCHANE, 2010, SEBBAR *et al*, 2011) et surtout les impacts anthropiques. Les systèmes Agro-sylvo-pastoraux, forment les clés de la vie économique et sociale des groupements humains ruraux, sur le Causse. Ils constituent aussi l'agent qui influence fortement la dynamique et l'évolution des paysages.

Les forêts et les formations préforestières sont soumises à un pâturage intensif et permanent, et à une extension continue des terres de cultures, au détriment des formations végétales, mais essentiellement à une exploitation intensive par l'ébranchage, les coupes pour le bois de feu et pour la fabrication du charbon en particulier.

Le poids des données historiques sur la situation actuelle est déterminant, la réalisation d'une série des coupes à blanc-étoc, aux années 1960, 1970 et 1980, l'extension des aires des cultures, le déclin de l'élevage, l'augmentation démographique au niveau de quelques parties du Causse, l'urbanisation, la modernisation et l'abandon du genre de vie ancien (FADLOLLAH, 1972), tous ces facteurs ont augmenté la pression sur les espaces forestiers. Ajoutons aussi l'approche quasi militaire d'une gestion forestière qui exclut les besoins et les attentes des usagers de la forêt.

CONCLUSION :

Cette approche de l'évolution récente des espaces forestiers dans le Causse de Tahala, nous a permis de dégager les types de changements subis par les différentes formations végétales au sein des grands ensembles paysagers.

Les structures végétales présentées ici, résultent des conditions climatiques, morphologiques, biogéographiques marqués et d'activités anthropiques traditionnelles et

modernes. Ils illustrent bien l'importance de prise en compte d'une approche diachronique, pour la définition des dynamiques paysagères et de la prise en compte de la vitesse de transformation. Ces transformations qu'ont subies les espaces forestiers entre les deux dates, dépendent des contextes pédoclimatiques, mais essentiellement de l'intensité et de la continuité de l'impact anthropique.

Malgré cette dégradation plus ou moins avancée par endroits, le Causse de Tahala abrite encore des ressources forestières et paysagères multiples, qui constituent une locomotive du développement local, chose qui nécessite la valorisation et l'exploitation rationnelle.

Références bibliographiques

- BOUABDALLAH.M et LARUE.J.P (2009). *Évolution du littoral de la baie de Saïdia : dynamique naturelle et impact des aménagements (Maroc oriental), Physio-Géo*, Volume 3 |-1, pp : 113-130.
- CROWELL M., LEATHERMAN S.P. et BUCKELY M. (1993) - *Shore-line change rate analysis: long term versus short-term data. Shore and Beach*, vol. 61, n° 2, p. 13-20
- EL FELLAH B., (1983). *Contribution à l'étude morphologique du couloir de Taza*. Bull. Inst. Sci., Rabat, n°7, pp : 51-63.
- FADLOLLAH.A (1972). *La vie humaine dans le plateau de Tahla-Matmata: étude géographique*, Thèse de 3ème cycle, Univ.Mohammed.V, Rabat, Maroc, 2 tomes, 702 pages.
- GIRARD.C.M et GIRARD.M.C (1975). *Applications de la télédétection à l'étude de la biosphère*, Edition : Masson, Paris, 184p.
- HANCHANE.M (2010). *Impact des changements climatiques sur la tendance des précipitations annuelles mensuelles et journalières en climat aride semi-aride et subhumide marocains (1961-62 / 1990-91)*. In acte de colloque international, migrations et écosystèmes : les réfugiés de l'environnement, revue La recherche scientifique, publication de l'institut universitaire de la recherche scientifique (Université Mohammed V-Souissi) pp : 119-134.
- IONESCO.T et SAUVAGE.CH (1962). *Les types de végétation du Maroc, essai de nomenclature et de définition*, Rev Geogr Maroc, 1-2, pp: 75-86.
- LABHAR M (1998). *Les milieux forestiers et pré-forestiers du Moyen Atlas central nord-occidental : approche géographique, phytoécologique et dynamique*, Thèse de Doctorat Es Sciences, Université Libre de Bruxelles, 404 pages + cartes en couleurs en annexes, Belgique.
- LABHAR.M et TANGHE.M (1998). *Évolution récente de la forêt du Jbel Hebri (Moyen Atlas occidental, Maroc)*, Belgian Journal of Botany, Vol 131, Fasc 1 (1998), pp : 13-22.
- MERCIER.D (2010). *Le commentaire de paysages en géographie physique : Documents et méthodes*, Edition : Armand Colin, Paris, 256 p.
- SEBBAR.A et al (2011). *Étude de la variabilité du régime pluviométrique au Maroc septentrional (1935-2004)*, Science et Changements Planétaires, revus : Sécheresse 01/2011; 22(3), pp : 139-148, (disponible sur le site web : www.researchgate.net/publication, dernier accès le 25/07/2015).
- TENNEVIN M., (1978). *Paysages karstiques du Moyen Atlas septentrional*, Méditerranée 1-2, pp :23-32.

APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION ET DES SIG À LA CARACTÉRISATION ET LE SUIVI DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT FORESTIER DE LA MAÂMORA

Rachid OUACHOUA¹, Jamal AL KARKOURI¹, Imad FENJIRO¹, Fayçal ALAOUI SOSSI².

¹ Université Ibn Tofail, Faculté des lettres et des sciences humaines, Laboratoire : Environnement, Sociétés et Territoires.

² CID : Conseil, Ingénierie Et Développement, Rabat.

RÉSUMÉ:

La forêt de Maâmora est considérée comme la plus vaste subéraie de plaine d'un seul tenant à travers le monde en occupant une superficie de 133 000 hectares. Dans la perception des marocains, la forêt de Maâmora est considérée comme un des écosystèmes les plus stables du Royaume. Cependant à l'approcher de plus près, force est de constater que cette forêt est affectée par différentes perturbations environnementales. Or, la protection est conditionnée par une bonne connaissance de la dynamique de ce patrimoine naturel national. C'est dans ce sens que s'incarne notre étude qui se veut être une contribution à mieux connaître les caractéristiques de la dynamique forestière, en utilisant les nouvelles techniques de la géomatique. Le résultat est une étude multidate aboutissant à l'évaluation de la dynamique spatio-temporelle de la forêt de Maâmora pendant la période 2002-2013. Grâce à l'apport de la géomatique (SIG et Télédétection), l'étude a permis de mieux connaître le rythme d'évolution de la dégradation et ses niveaux d'intensité. Ces résultats ont montré aussi l'efficacité des Systèmes d'Information Géographique (SIG) comme outil d'aide à la compréhension et le suivi des dynamiques de l'environnement. Il s'agit en définitive, d'une contribution qui peut être utilisée par les gestionnaires de la forêt pour planifier de manière prévisionnelle et optimisée les actions à mener en faveur de cet écosystème spécifique.

Mots clés : la Maâmora, Chêne liège, Déforestation, SIG, Télédétection

ABSTRACT

Maâmora forest is considered as the largest plain's cork-oak forest in the world, with an area of 133,000 hectares. In Moroccan perception, Maâmora forest is considered one of the most stable ecosystems of the Kingdom. However, it is well known that this forest is affected by various environmental stresses. Now, the protection depends on a good knowledge of the dynamics of this national natural heritage. It is in this sense that our study is intended as a contribution for a better understanding of the characteristics of the forest dynamics, using the new techniques of geomatics. The result is a multivariate study leading to the evaluation of the spatial-temporal dynamics of forest Maâmora during the period 2002-2013. Thanks to the contribution of geomatics (GIS and Remote Sensing), the study helped in better understanding the rhythm of progress of degradation and its intensity levels. These results also showed the effectiveness of Geographic Information Systems (GIS) as a support tool for studying and understanding of the environment dynamics. This is ultimately a contribution that can be used by forest managers for a better planning and optimizing actions needed for this specific ecosystem.

Keywords: Maâmora, Cork oak, Deforestation, GIS, Remote Sensing

INTRODUCTION

AU MAROC, LES FORETS CONSTITUENT UN HERITAGE NATUREL, RICHE ET INESTIMABLE, ELLES COUVRENT PLUS DE 9 MILLIONS D'HECTARES, SOIT ENVIRON 13,3 % DU LA SUPERFICIE DU

TERRITOIRE NATIONAL, ON Y TROUVE 8,2 % DE FORMATION LIGNEUSE, 4,4 % DE NAPPES ALFATIÈRES ET 0,7 % DE REBOISEMENTS.

Les activités humaines, les changements climatiques, la désertification, les attaques parasitaires et les incendies menacent ce patrimoine national de dégradation voire de disparition. Ils mettent les forêts marocaines dans des situations critiques en nuisant à leurs états et en compromettant leur pérennité.

La Maâmora s'étend sur une superficie de l'ordre de 133 000 hectares (A.E.F.C.S, 1973)¹ En plus de la production de liège et du bois, la Maâmora fournit de l'emploi aux riverains, et constitue un lieu de parcours pour un cheptel composé de près de 230 000 têtes d'ovins et de bovins. La charge pastorale est de 6,4 UPB/ha/an, ce qui dépasse de quatre fois la possibilité herbagère de la subéraie (Benzyane, 1996).

L'élaboration d'une étude diachronique à l'aide des nouvelles technologies regroupant la Télédétection et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) revêt un intérêt particulier. Ce couplage est un moyen efficace pour la maîtrise, le traitement, l'analyse et la restitution de l'information. C'est un outil qui permet un meilleur suivi et une meilleure évaluation des ressources naturelles notamment, forestières. Il permet également d'améliorer la gestion en optimisant les prises de décisions.

Dans ce sens, la présente étude s'est fixé pour objectif de réaliser une analyse diachronique du couvert forestier dans la forêt de la Maâmora, pour mieux comprendre et suivre sa dynamique. Les outils de la télédétection et des SIG seront mis à profit pour mener à bien cette tâche. En fait-il s'agit de mieux appréhender la problématique de dégradation de la forêt de la Maâmora dans la perspective d'une meilleure gestion.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La forêt domaniale de la Maâmora est située en bordure de l'Océan Atlantique entre 6° à 6°45' de longitude Ouest et 34° à 34°20' de latitude nord. Elle est située entre la plaine du Gharb au nord et les régions des Zaers et de Zemmour au sud (fig.1).

La forêt de la Maâmora chevauche sur quatre provinces (Kénitres, Khémisset, Sidi Slimane et Salé) et 17 Communes Rurales.

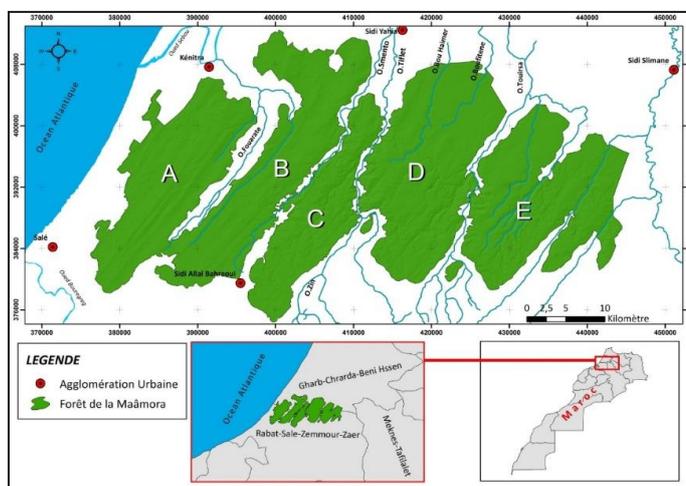


Fig 1. Situation de la forêt de Maâmora

¹ ADMINISTRATION DES EAUX ET FORETS ET LA CONSERVATION DES SOLS

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

- Pour la réalisation des objectifs de ce travail, on a procédé à la consultation des travaux antérieurs notamment, ceux qui traitent de la problématique de dégradation de la forêt de Maamora et du processus de gestion de la subéraie. Sur cette base, il a été possible de bien délimiter les contours de notre étude et les besoins en matière d'information. Ainsi les principales données utilisées pour la réalisation de ce travail sont :
- - deux images Landsat acquises respectivement le 29 Septembre 2002 (Landsat 7 ETM+) et le 3 Septembre 2013 (Landsat 8 OLI_TIRS). Ces images sont utilisables soit en mode multi-spectral (mesure du rayonnement électromagnétique réfléchi dans différentes bandes spectrales) soit en mode panchromatique (mesure de l'intensité lumineuse dans le domaine du visible). Ces dernières sont caractérisées par leur haute résolution spatiale. Le niveau de détail au sol (résolution spatiale) respectivement en mode multi-spectral et panchromatique est de 30 et 15 mètres pour les images Landsat 7 et 8 ;
- Une série de cartes topographiques couvrant la zone d'étude (échelle 1 : 50 000) réalisée en 1974 ;
- Une série de cartes thématiques répondant aux exigences cartographiques de l'étude ;
- Des documents relatifs à la gestion de la forêt ont été fournis par les services des eaux et forêts.

Il ressort de l'analyse de la documentation consultée, que la forêt de Mâamora a fait l'objet de plusieurs études, et d'une documentation riche et diversifiée. L'analyse de ces documents a permis de générer une masse d'information très importante.

Les informations ont été ensuite organisées pour l'utilisation suivant les étapes décrites dans le modèle méthodologique suivant (Fig. 2) :

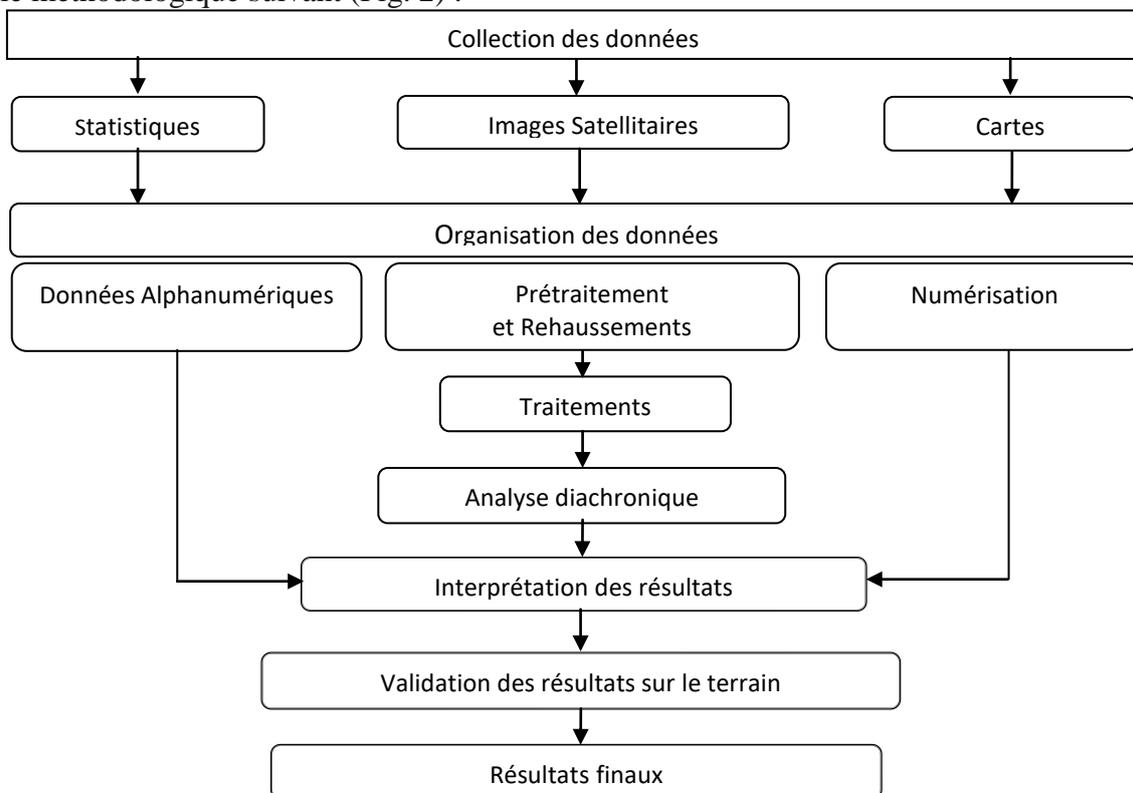


Fig.2 Diagramme méthodologique

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. LA DÉTECTION DES CHANGEMENTS SUR L'NDVI (NDVI CHANGE DETECTION)

Les outils de la télédétection et plus spécifiquement les logiciels du traitement offrent la possibilité d'effectuer des opérations de détection des changements des indices on utilisant une commande appelée "Index Change Detection" ou "Index Edge Detection". Ces deux commandes se basent sur des opérations arithmétiques simple pour calculer la différence en terme de valeur d'indice dans chaque pixel au niveau d'une image (source de données NDVI). La différence des valeurs entre deux scènes donne une image restituant les résultats (données de l'évolution).

Le fait majeur qui ressort de l'analyse de la carte est le gain important réalisé par les peuplements d'Eucalyptus au niveau des cantons D et E, soit en mélange soit en peuplement pur. Cette situation est due essentiellement à la régression des superficies occupées par le chêne liège, suite à divers facteurs de dégradation et qui ont été converti en reboisement à but industriel (Peuplements d'eucalyptus) notamment, au niveau des cantons D et E. Le Chêne liège a donc cédé la place à l'Eucalyptus, une espèce plastique du point de vue écologique.

Au total et en termes de canton, les cantons C, D et E ont ont connu une évolution dans le sens positif (fig.3), ça veut dire une augmentation de l'indice de végétation (NDVI). Par contre, le canton B a subit une diminution de cet indice vu qu'il a fait l'objet d'une exploitation forestière entre les deux prises d'images. Le canton A n'as pas connu un grand changement dans sa totalité, sauf dans sa partie Nord qui subit une forte dynamique d'urbanisation. Cette dernière est évoluée au détriment des espaces forestiers. La carte suivante (fig.3) montre les différents changements subis par la forêt de Maâmora en termes d'indice de végétation (NDVI), entre son état en 2000 et sa situation en 2013.

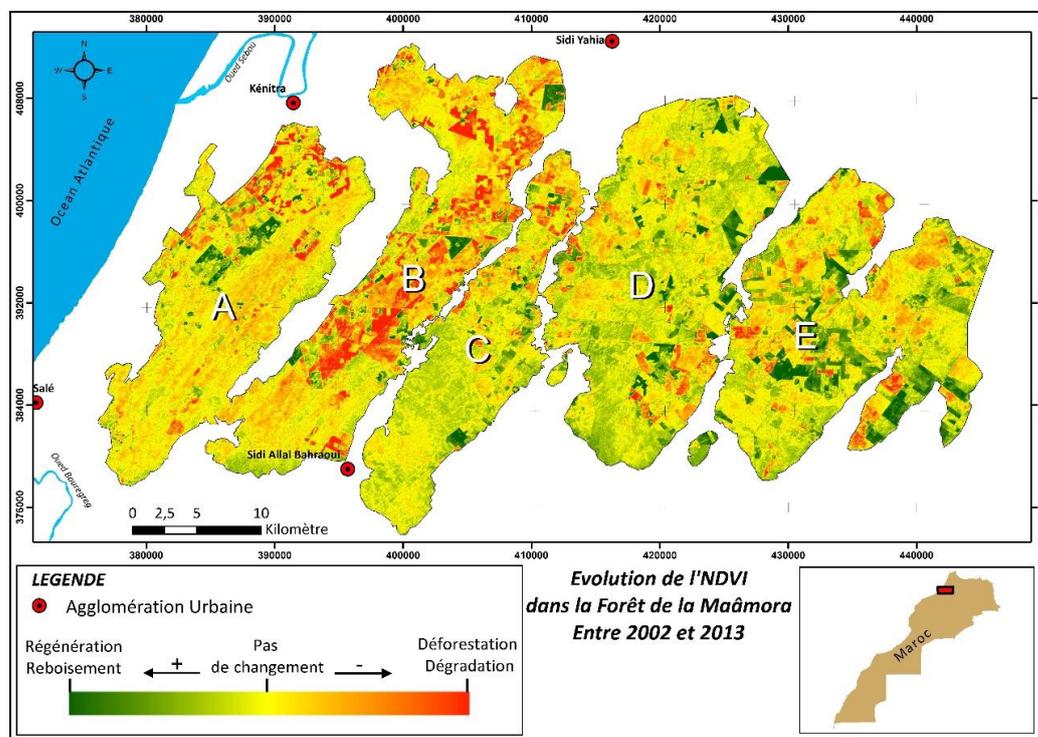


Fig.3 Evolution de l'NDVI calculé dans la forêt de Maâmora (2002-2013)

3.2. CLASSIFICATION SUPERVISÉE DU COUVERT FORESTIER

Pour mettre en évidence les modifications survenues dans les formations végétales, on a réalisé des compositions colorées multidates en associant les canaux du moyen infrarouge, du proche infrarouge et du rouge dans le plan RVB :

R : Infrarouge Moyen ; 1 (SWIR 1) bande 5 ; **V** : Proche Infrarouge (NIR) bande 4 ;

B : Rouge bande 3

L'image qui résulte est une composition colorée d'une image Landsat ETM+, montre d'une façon plus claire les composantes végétales de la forêt de la Maâmora. Les synthèses en compositions colorées des deux scènes enrichissent l'analyse visuelle, ce qui permet de localiser les endroits où il y a eu changement d'états de surface d'une façon simple et précise.

Le produit final de la classification donnera lieu à deux cartes des types de peuplements en 2002 et en 2013. Vu les contraintes de la résolution des images, les erreurs du capteur et l'effet de l'atmosphère on s'est limité juste à étudier le cas d'évolution du chêne liège car c'est l'espèce endémique de la forêt qui nous intéresse en particulier.

L'analyse des deux images démontre qu'il y a une sorte d'invasion importante des essences artificielles introduites dans la forêt de la Maâmora, essentiellement les eucalyptus, les résineux et l'acacia. Ces transformations sont représentées sur la carte suivante (fig.4).

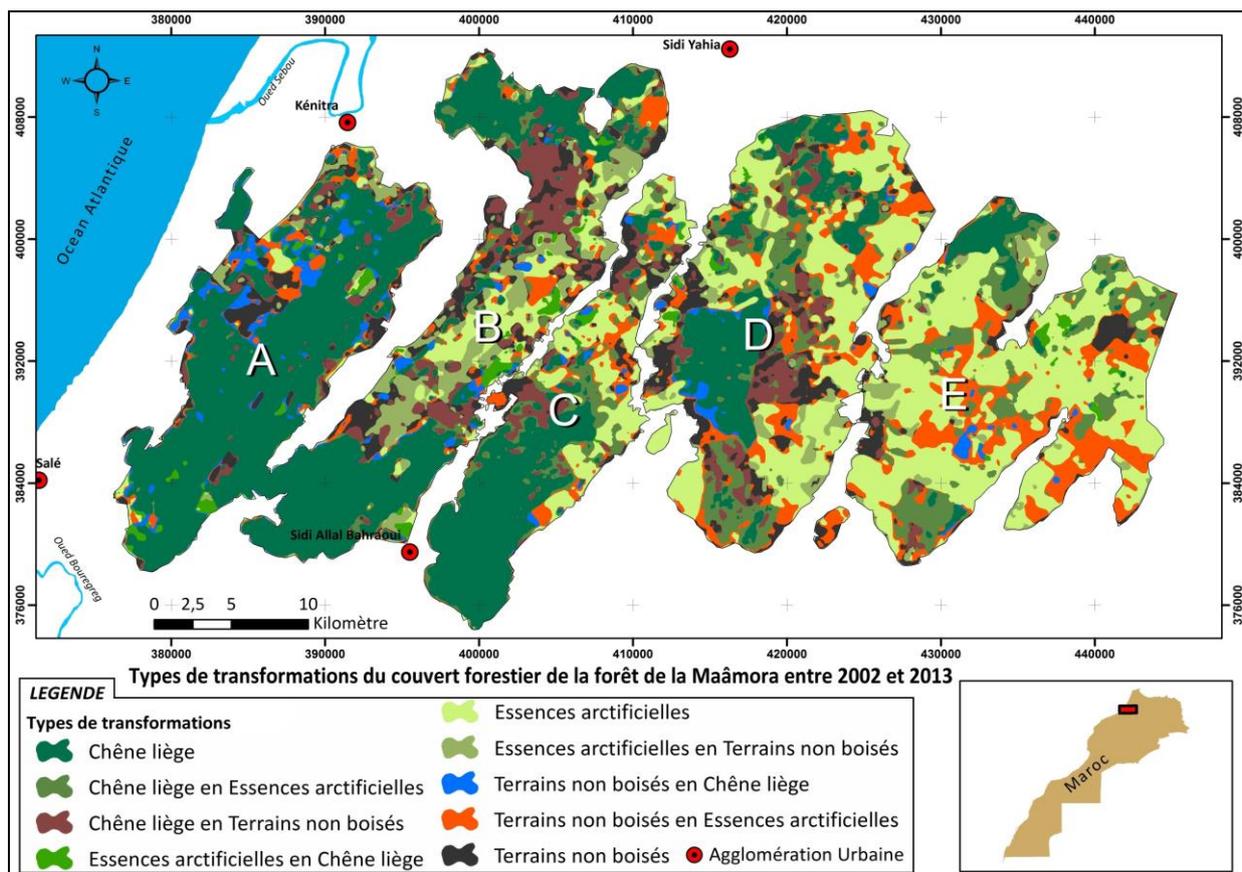


Fig.4 Types des transformations du couvert forestier dans la forêt de la Maâmora (2002-2013)

En termes de chiffres il y'a lieu de remarquer que :

- La superficie occupée par le chêne liège a diminué de 6% en 11 ans (49% en 2002 à 43% en 2013), soit un taux annuel de -0.5%.
- Les essences artificielles (eucalyptus, les résineux et l'acacia) ne cessent de prendre une grande ampleur. La classification montre que la superficie reboisée a augmenté de 39900Ha (30%) en 2002 à 46550 Ha (35%) en 2013.
- Malgré les travaux de reboisement et de régénération, la superficie des terrains non boisés ont connus une augmentation légère de 21% à 22%.

CONCLUSIONS

Les subéraies bien conservées ne peuvent s'observer que dans certaines régions au Maroc. La dégradation a affecté la majorité des peuplements à chêne liège. Certains sont très dégradés, d'autres ont été complètement détruits. Le présent travail vient témoigner de la situation alarmante qui caractérise le patrimoine forestier de Maâmora et apporter une modeste contribution en termes d'analyse de la dynamique forestière.

Les résultats de ce travail ont permis la description de l'évolution spatiale de la forêt de Maâmora aux niveaux de sa composition (indice de végétation) et des types de peuplements forestiers qui la caractérisent. Cette approche a permis également d'évaluer les dynamiques de déforestation /Reboisement. Les résultats montrent que la subéraie de Maâmora a subi une forte dégradation de la végétation endémique entre 2002 et 2013. Les pertes ont été remplacées par une végétation artificielle moins dense et indicatrice d'un milieu dégradé. Cette détérioration est à mettre en relation avec plusieurs facteurs dont essentiellement le climat qui tend vers plus d'aridité, la pression anthropique croissante qui exploite des étendues de plus en plus grandes de terres empêchant ainsi la régénération de la végétation naturelle. En relation avec ce travail, il est donc possible de simuler l'évolution spatio-temporelle des défrichements, ce qui permettra aux gestionnaires de planifier de manière prévisionnelle leurs actions.

Références bibliographiques

- A.E.F.C.S. 1973. Procès-verbal d'aménagement de la forêt de la Maâmora (mission Danoise), 1973-1992, Rabat. Administration des Eaux et Forêts et la Conservation des Sols.
- ADMINISTRATION DES EAUX ET FORETS ET LA CONSERVATION DES SOLS (A.E.F.C.S). 1992. Régénération du chêne-liège au Maroc (comité de réflexion), Novembre 1992, Rabat. Administration des Eaux et Forêts et la Conservation des Sols, 43 p.
- AAFI A. 2007. Etude de la diversité floristique de l'écosystème de chêne-liège de la forêt de la Maâmora, Thèse de Doctorat d'Etat Es-Science Agronomiques, I.A.V Hassan II, Rabat, 190 p.
- AZEMRI M., 2011. Analyse des facteurs de dégradation de la subéraie de la Maâmora (Canton A et B), Mémoire de 3ème cycle, E.N.F.I, Salé, 86 p.
- BADOUZI M. 2008. Le semis direct de glands et les jeunes plantations de chêne-liège dans la forêt de la Maâmora: bilan et perspectives. Mémoire de 3ème cycle, E.N.F.I, Salé, 79 p.
- SOSSEY ALAOUI. F., 2005. Traitement et intégration des données satellitaires optiques et radar dans un SIG en vue de l'élaboration de cartes de l'aléa lié aux instabilités de terrain dans la péninsule de Tanger (Rif septentrional, Maroc). Thèse de Doctorat, Université MOHAMMED V - AGDAL - Faculté des Sciences, Rabat, 240 p.

ETUDE DE CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DES SOLS AU HAUT ATLAS CENTRAL À L'AIDE DE LA TÉLÉDÉTECTION ET SIG : CAS DE BASSIN VERSANT DE L'OUED OUROUS

Abdelilah KHANNIBA, Abderrahim BENALI, Farid El Wahidi

Laboratoire de géomorphologie et environnement, département de géographie, Faculté des lettres et sciences humaines, université Cadi Ayyad de Marrakech, Maroc.

RESUME : Une meilleure compréhension de la dynamique du changement de l'occupation des sols est une préoccupation majeure pour les pays méditerranéens dont les écosystèmes terrestres subissent des dégradations croissantes dues à plusieurs facteurs naturels (agressivité climatique, terrains accidentés...) et anthropiques (déforestation, extension de l'agriculture...). En outre, l'évolution accélérée de l'occupation des sols a une grande influence sur la mobilisation et la disponibilité des ressources naturelles. Cette étude a été menée dans le bassin versant de l'Oued Ourous, partie amont du bassin de l'Oued Tessaout et du barrage Moulay Youssef. Le suivi de changement de l'occupation du sol a été mise en œuvre à partir de l'interprétation des images satellites Landsat (1987 – 2014) et des données auxiliaires comme les cartes des types de peuplement issues des aménagements forestiers de 1994 et 2003 et les observations du terrain. L'élaboration des cartes de l'occupation a été mise en œuvre par classification supervisée à partir d'un échantillon d'apprentissage et de validation de 120 points. Ensuite on a procédé à une comparaison « Wall to Wall » pour identifier les dynamiques de changement en cours, les zones stables ou peu dynamiques. Les taux de changement estimés montrent que la forêt peu ouverte perd annuellement 1,34 % (3,87 ha), le matorral peu ouvert quant à lui perd annuellement 0,65 % (10,26 ha). Ces terrains autrefois colonisés par ces deux formations se sont transformés par un processus de dégradation au profit des matorrals très ouverts dont leur superficie s'accroît annuellement de 5,2 % (28 ha/an). En conclusion le bassin versant de l'Oued Ourous connaît une active dynamique de dégradation du milieu forestier due à différents facteurs anthropiques de sur-usage des ressources très limitées dans la zone. Ces résultats constituent une base de diagnostic du territoire de l'oued Ourous pour identifier et comprendre les interactions entre les moteurs de changement et orienter les efforts d'aménagement du bassin versant.

Mots clés : dynamique de l'occupation du sol, érosion, Bassin versant, gestion intégrée, télédétection, SIG, Landsat (MSS, OLI-TIR).

CHANGE STUDY OF LAND USE IN CENTRAL HIGH ATLAS USING REMOTE SENSING AND GIS: A CASE OF WATERSHED OUED OUROUS

ABSTRACT: A better understanding of the dynamics of change of land use is a major concern for the Mediterranean terrestrial ecosystems are under increasing degradation due to several natural factors (climate aggressiveness, terrain ...) and anthropogenic (deforestation, extension of agriculture ...). In addition, the accelerated development of the land has a great influence on the mobilization and availability of natural resources. This study was conducted in the watershed of Oued Ourous, upstream part of the Oued Tessaout Basin Dam Moulay Youssef. Monitoring of change in land use has been implemented from the interpretation of Landsat satellite images (1987 - 2014) and auxiliary data like maps of settlement patterns of forest management from 1994 to 2003 and the observations of the land. The development of the occupation cards were classified by supervised implementation from a training sample and validation of 120 points. Then we made a comparison "Wall to Wall" to identify with changing dynamics, stable areas or sluggish. estimated change rates show that the little open forest annually loses 1.34% (3.87 ha), the little open scrub on it annually loses 0.65% (10.26 ha). These lands once colonized by these two formations were transformed by a degradation process in favor of very open matorrals which their area is growing by 5.2% annually (28 ha / year). In conclusion the watershed of Oued Ourous experiencing active dynamics of forest degradation due to various anthropogenic factors of over-use of very limited resources in the area. These results provide a Oued Ourous territory diagnostic base to identify and

understand the interactions between drivers of change and guide the development efforts of the watershed.

Keywords: Dynamics of land use, erosion, watershed, integrated management, remote sensing, GIS, Landsat (MSS OLI-TIR).

INTRODUCTION

Au Maroc, l'érosion hydrique constitue la principale menace à l'égard du capital sol. D'après les estimations de la FAO (2012) 12,6 millions d'hectares de terres cultivées et pâturées sont menacés par ce phénomène et les deux tiers des terres cultivées nécessitent de sévères mesures de conservation. La sédimentation dans les retenues de barrages provoque une perte en eau équivalente à 50 à 60 millions de m³, soit une diminution de l'ordre de 0,5 % par an de la capacité totale des barrages (14 milliards de m³), ce qui se traduit par une perte de surface irrigable de 600 ha/an (Moukhchane, 2002).

L'exploitation imprudente de l'homme dans le milieu montagneux (Haut Atlas central) accentue la fragilité de ce dernier par le défrichement, la dégradation du couvert végétal et la mise en culture de terrains en pente forte. Par conséquent, La dynamique de l'occupation des sols s'accélère au sens dont les sols deviennent incapables de se régénérer à long terme. La télédétection et SIG nous permettent de localiser et suivre les tendances du changement de différentes modalités d'occupation des sols (forêt, terrains de culture...) en vue de focaliser les interventions préventives, curatives et adéquates des multiples acteurs locaux dans le cadre d'une gestion globale et intégrée des ressources naturelles.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le présent travail est mené sur le bassin versant de l'oued Ourous (figure :1) qui fait partie de la Tassoute à l'amont du barrage Moulay Youssef au Haut Atlas central. Il couvre une superficie de 239 Km² pour un périmètre de 98 km. Il dépend administrativement de la province Haouz, communes d'Ait Hkim, Ait Adel et Ait Oumdis (Azilal). La zone d'étude est caractérisée par un milieu très accidenté d'une altitude moyen de 2164.5 m et par une topographie à pentes fortes dépassant 25°. Le bassin versant comporte deux massives forestières (Azrif et Anergui) étendues au nord-ouest sur une superficie de 288 ha, là on trouve les différentes essences forestières comme le pin d'Alep, thuya et chêne vert. La pluviométrie est caractérisée par son irrégularité, varie de 385 mm à 514 mm selon les années. Par ailleurs, la lithologie du bassin est constituée principalement par des calcaires, marnes, argiles rouge et localement par des formations de quaternaire. L'utilisation des terres s'articule principalement autour de la céréaliculture, le pâturage et l'exploitation de la forêt.

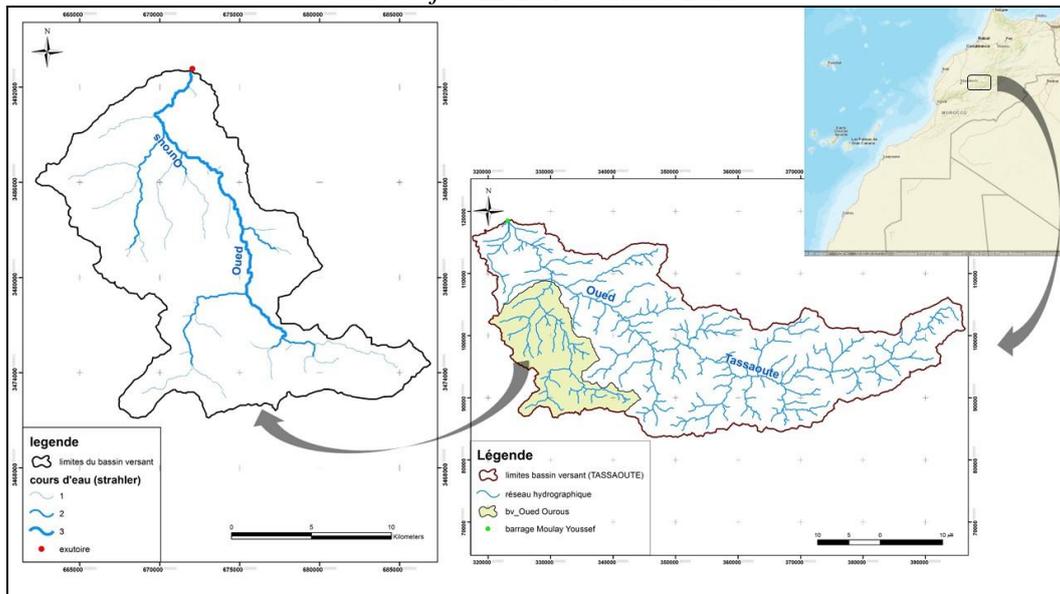


Figure 3 : zone d'étude

2. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie adoptée s'appuie sur l'usage d'un système d'information géographique (SIG) pour la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol et l'élaboration des cartes de risques d'érosion sur une période de 23 ans (1987-2014). Les Etudes de base constituent la première partie de ce travail. Elles concernent les éléments biophysiques et socio-économiques caractérisant la zone d'étude. A la fin de cette partie, une analyse morpho-métrique détaillée a été développée pour qualifier le comportement hydrographique du bassin versant. L'analyse du comportement hydrologique d'un bassin versant (système hydrologique) s'effectue le plus souvent par le biais de l'étude de la réaction hydrologique du bassin face à une sollicitation (la précipitation). Cette réaction est mesurée par l'observation de plusieurs indices calculées sur le terrain et à partir de données géographiques du bassin versant disponible dans la littérature.

Le suivi de changement de l'occupation du sol a été mise en œuvre à partir de l'interprétation des images satellites Landsat (1987 – 2014) et des données auxiliaires comme les cartes des types de peuplement issues des aménagements forestiers de 1994 et 2003 et les observations du terrain. L'élaboration des cartes de l'occupation a été mise en œuvre par classification supervisée sur Erdas Imagine utilisant un échantillon d'apprentissage et de validation de 120 points. Ensuite on a procédé à une comparaison « Wall to Wall » pour identifier les dynamiques de changement en cours et les zones stables ou peu dynamiques.

Les cartes des risque d'érosion ont été élaborées à partir des principaux facteurs du milieu physique (nature de la roche mère, le type et la densité de la couverture végétale, la pente et la longueur des versants). Utilisant une approche spatiale, ces facteurs ont été pondérés et intégrés dans une évaluation multicritère pour produire une échelle de 4 niveaux décrivant la gravité de l'érosion hydrique.

la figure ci-dessous illustre les stade d'élaboration les cartes d'occupation des sols et d'érosion potentiel :

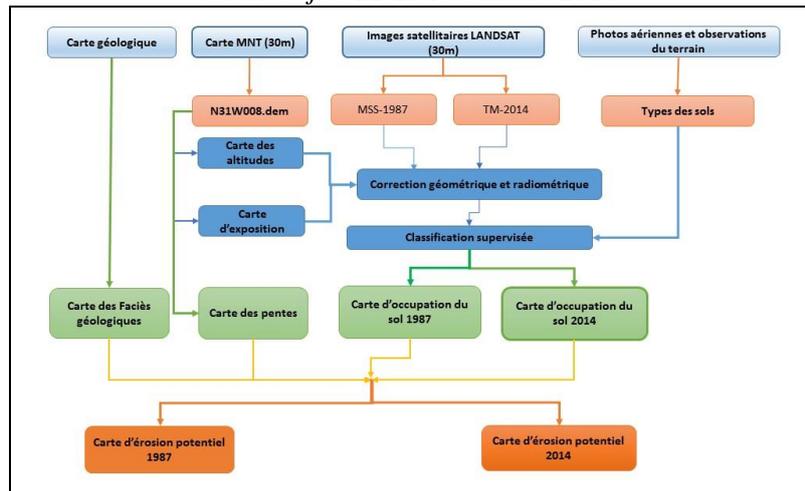


Figure 4 : organigramme de l'élaboration des cartes d'occupation des sols et d'érosion potentiel.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les taux de changement estimés par l'analyse diachronique des données de télédétection entre 1987 et 2014 montrent que (figure3) :

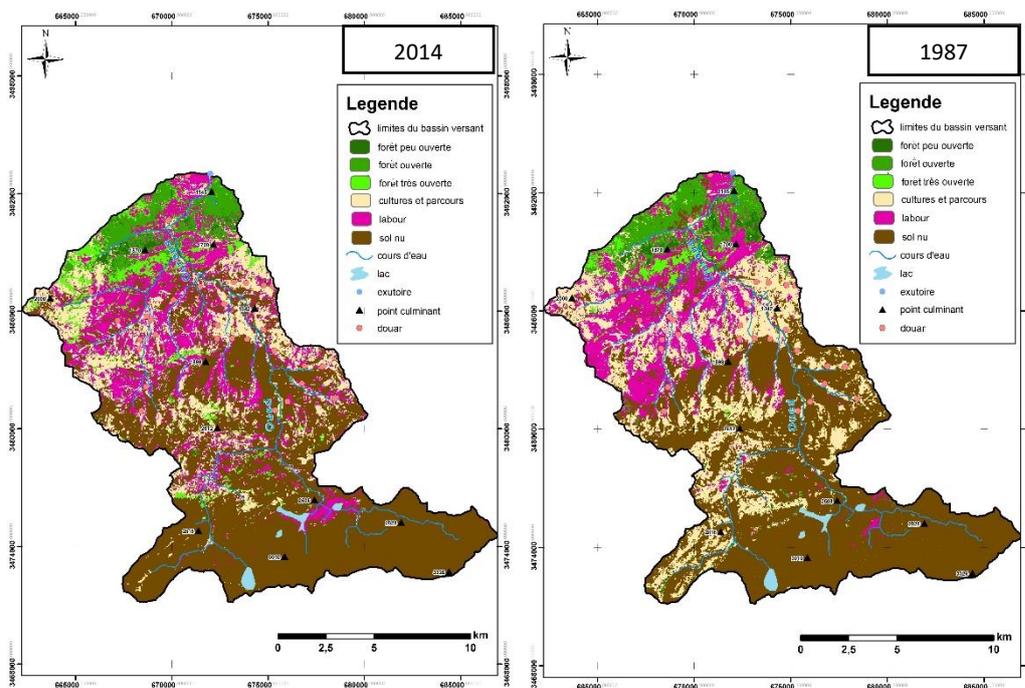
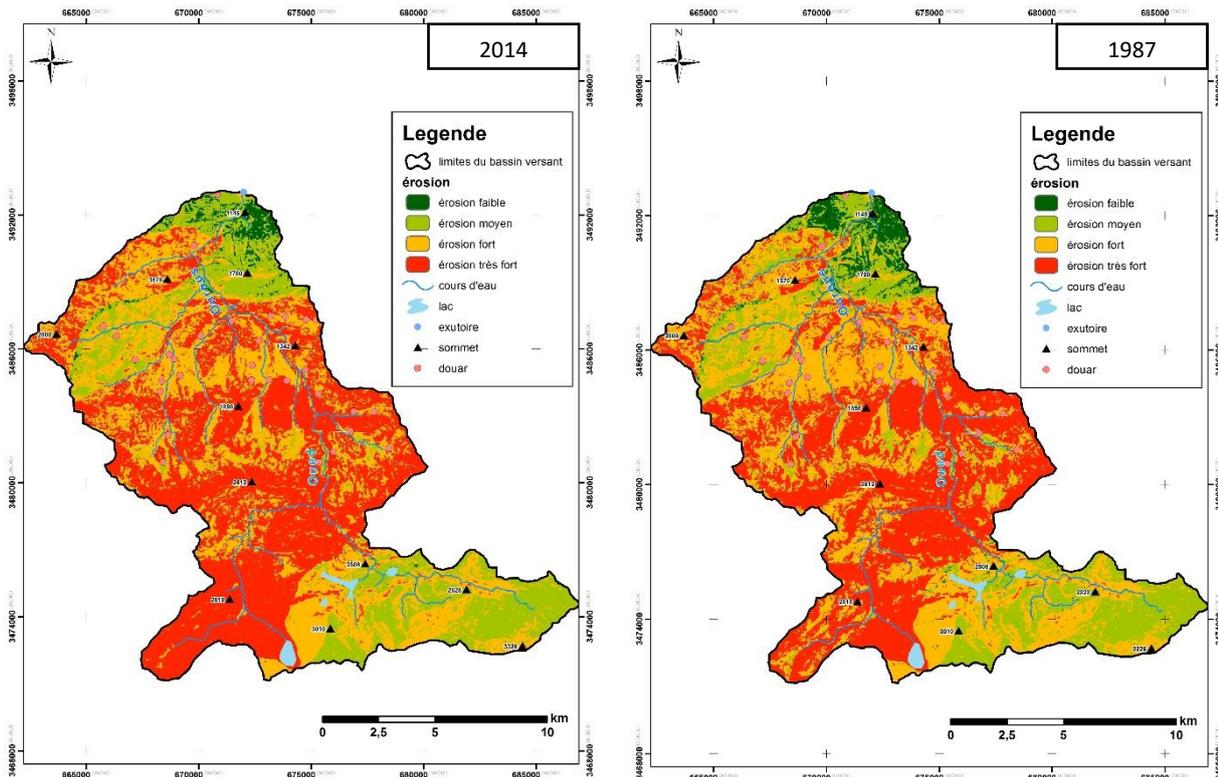


Figure 5 : l'évolution d'occupation des sols entre 1987 et 2014

La forêt peu ouverte perd annuellement 1,34 % (3,87 ha), le matorral peu ouvert quant à lui perd annuellement 0,65 % (10,26 ha). Ces terrains autrefois colonisés par ces deux formations se sont transformés par un processus de dégradation au profit des matorrals très ouverts dont leur superficie s'accroît annuellement de 5,2 % (28 ha/an). Les terrains de culture et de pâturage (*Azib*) a été reculés de 5387ha à 4133 ha en faveur des terrain de labour qui s'étendent de 8% (65 ha) suite à une surexploitation des premiers et à une extension des deuxièmes. Les sols nus ont aussi connu une augmentation de 1.4% aux alentours des douars.

En conclusion le bassin versant de l'Oued Ourous connaît une active dynamique de dégradation du milieu forestier et agronomique due à différents facteurs anthropiques de sur-usage des ressources très limitées dans la zone.

Les cartes produites de risque potentiel d'érosion (figure :4) basée sur la superposition des cartes des pentes, des faciès géologiques et de l'occupation des sols. Les indices suggérés a permis de visualiser différentes zones en quatre niveaux de vulnérabilité à l'érosion hydrique : faible, moyen, fort et très fort. Les résultats obtenus correspondent bien aux observations qui ont été faites sur le terrain. Les secteurs qui présentent des risques d'érosion fort et très fort occupent 80% de la superficie totale du bassin versant et qui ne cessent plus à augmenter au long de période étudiée, suivie par la classe d'érosion moyen qui couvre 16.4% (3868 ha) du bassin puis par les zones où l'érosion potentiel est faible et qui ont vu un rétrécissement successif.



Globalement, La carte de risque potentiel d'érosion montre que les zones à grands risques d'érosion correspondent particulièrement aux terrains avec un taux de friabilité des sols assez élevé et un taux de recouvrement faible à très faible. On constate que l'érosion s'avère active et apparente sur plus des 3/4 du bassin versant (80% de la superficie de risque potentiel d'érosion fort et très fort).

Ce bassin versant est sujet à une dynamique érosive intense dont les modalités sont très variées. Les conséquences de cette situation se font nettement sentir en aval et la capacité de rétention du barrage Moulay Youssef ne cesse de diminuer. Le lac du barrage reçoit annuellement environ un million 250 mille tonnes de terres par an correspondant à une perte (envasement) annuelle de 0,6 à 1 % de la capacité totale de rétention. En effet, celle-ci est passée de 200 million m³ en 1971 à 140 million m³ en 2012. Cette tendance régressive de la capacité de rétention du barrage condamnera dans un future proche son utilité comme infrastructure d'irrigation d'environ 50562 ha du périmètre du Haut Tassaouet et son capacité de génération de l'électricité.

CONCLUSION

Cette étude a permis de faire un suivi de la dynamique de changement de la couverture forestière du bassin versant de l'oued Ourous sur une période 23 ans. Elle a permis de pointer les zones caractérisées par un fort rythme de changement de la couverture végétale, permettant de focaliser les efforts et fédérer les moyens dans le cadre d'une approche intégrée de gestion du territoire pouvant impliquer le HCEFLCD, l'Agriculture, l'Agence du bassin hydraulique, etc.,

En matière de conservation des sols cette étude dégage les premiers résultats de caractérisation des formes de dégradation des terres et des risques potentiels d'érosion dans le bassin versant de l'Oued Ourous. En outre une estimation de la durée de vie du barrage de Moulay a été réalisé à titre indicatif pour tirer la sonnette d'alarme sur les risques encourus par cette infrastructure primordiale pour toute l'activité agricole de bas Tassaouet.

Références bibliographiques

- Abdenbi Elaloui (2015) mise en place d'un modèle qualitatif pour la cartographie des zones à risque d'érosion hydrique dans la chaîne atlasique : cas du bassin versant de la Tessaoute amont. (Haut Atlas central, Maroc)
- Chaaouan Jamal (2009) : SIG et télédétection appliqués à la cartographie des milieux forestiers : cas de la forêt Ain-Kahla (Moyen Atlas Central) ; mémoire de master en géographie ; faculté de lettres et sciences humaines de D'har Mhraz Fès.
- CHEGGOUR Aouatif (2008) : mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G. : Application au bassin versant de la Rhéraya, Haut Atlas, Maroc ; thèse pour obtenir le grade de docteur, faculté des sciences Semlalia ; Marrakech.
- Direction des eaux et forêts et de la conservation des sols (1976) : aménagement du bassin versant de la Tessaout en amont du barrage Moulay Youssef ; le secteur agro-pastoral.
- Direction régionale des eaux et forêts du Haut Atlas de Marrakech (2003) : étude d'aménagement de la forêt d'Azrif et Anergui.

APPLICATION DES TECHNOLOGIES GEO SPATIALES POUR L'ETUDE DE LA DYNAMIQUE TERRITORIALE DES OASIS D'ERRACHIDIA

Mohamed ABBA, Ali ESSAHLAOUI, Meriame MOHAJANE

Groupe de Recherche "Sciences de l'eau et ingénierie de l'environnement," Lab. Géo-ingénierie et Environnement Département de Géologie, Faculté des Sciences, Meknès; B.P 11201 Zitoune Meknès, 50000 Maroc. *ouassimabba@gmail.com*

RESUME : La région d'Errachidia-Tafilalet située dans la zone sud atlasique du Maroc, est confrontée à d'énormes difficultés alliant rareté et faible qualité de l'eau suite, aux longues périodes de sécheresse sévère qui l'ont affectée durant ces dernières décennies, et dont les conséquences écologiques sont considérables, comme l'atteste le recul du domaine irrigué sous l'action de La désertification et la progression des sols salés.

L'utilisation de la télédétection et des SIG a permis d'appréhender la dynamique de l'occupation du sol. Trois images satellitaires multitudes (TM 1987, ETM+ 2001, ETM+2006) ont été utilisées pour une étude diachronique, permettant d'évaluer et de suivre la mutation de la palmeraie dans le Moyen Ziz. Nous sommes parvenus à montrer les niveaux d'évolution en terme d'utilisation différentielle de l'espace, de dégradation du sol, de régénération du milieu, de résilience et, enfin, la segmentation du territoire.

Les faibles précipitations, les années sèches ont une action très négative sur la réserve d'eau superficielle, sur la production agricole, mais aussi sur les mouvements des sables et l'ensablement.

Mots-clés : Télédétection, SIG, Oasis, NDVI, Occupation des sols

APPLICATION OF GEOSPATIAL TECHNOLOGIES FOR THE STUDY OF THE TERRITORIAL DYNAMICS OF THE OASIS OF ERRACHIDIA

ABSTRACT: Errachidia - Tafilalet region located in the southern Atlas of Morocco, is facing enormous difficulties combining scarcity and poor quality of water then long periods of severe drought that have affected recent decades, whose ecological consequences are considerable, as evidenced by the decline in the area irrigated under the action of desertification and rising saline soil.

The use of Remote sensing and GIS enabled to understand the dynamics of land use. Three multi-temporal satellite images (TM 1987, ETM+ 2001, ETM+2006) were used for a diachronic study, to assess and monitor the change of the palm in the Middle Ziz. We managed to show the levels of evolution in terms of differential use of space, soil degradation, regeneration of the environment, resilience, and finally, the segmentation of the territory.

Low rainfall, dry years have a very negative effect on the surface water reserves, agricultural production, but also the movement of sand and silting.

Keywords: Remote sensing, GIS, Oasis, NDVI, land cover.

1. INTRODUCTION

La région d'Errachidia-Tafilalet située dans la zone sud atlasique du Maroc (Fig.1), est confrontée à d'énormes difficultés alliant rareté et faible qualité de l'eau suite, aux longues périodes de sécheresse sévère qui l'ont affectée durant ces dernières décennies.

Cette zone connaît de plus un processus de désertification qui se manifeste sous forme d'ensablement, de dégradation du couvert végétal, de salinisation des sols, d'épuisement des nappes et d'érosion hydrique et éolienne (BENMOHAMMADI *et al*, 2000).

L'objectif central est de montrer d'une part, le potentiel de l'utilisation de la télédétection et du SIG pour la caractérisation de l'état de l'occupation du sol et son évolution spatio-temporelle. D'autre part, de mettre à la disposition des utilisateurs potentiels, des responsables, élus locaux et des décideurs les informations fiables sur l'état de l'environnement et les ressources naturelles de la région d'Errachidia.

La présente étude s'articule autour des axes suivants :

- Analyse diachronique et mise en évidence des changements au niveau de l'occupation du sol et des principales composantes du milieu ;
- Production des couches d'information et des supports cartographiques.

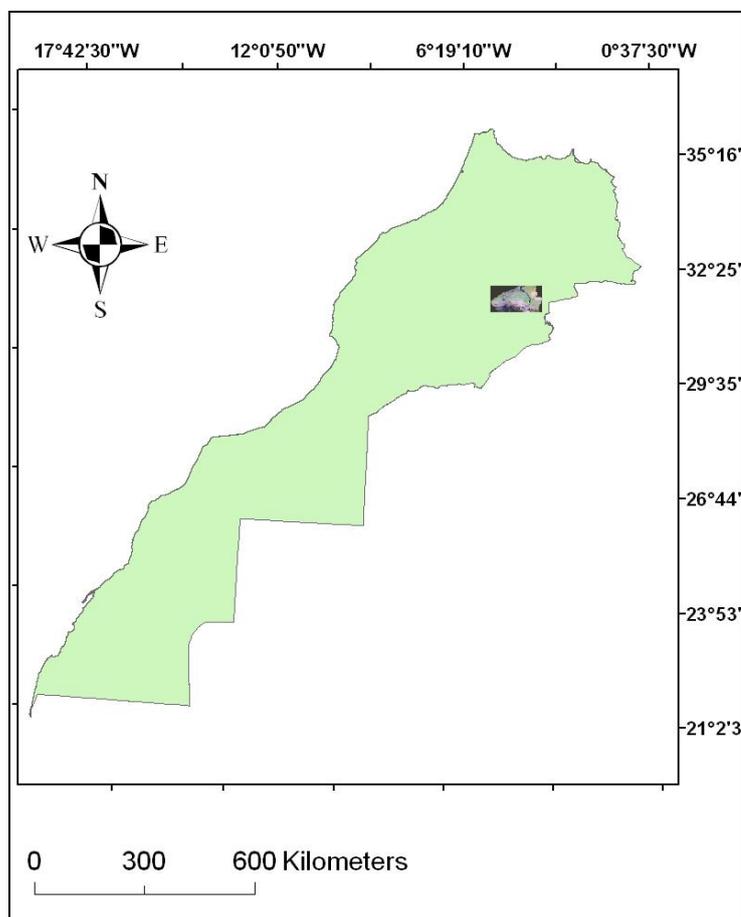


Figure 1. Situation géographique de la zone d'étude

2. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie adoptée pour extraire les classes thématiques se base pour l'essentiel sur le traitement numérique des images multidates Landsat (TM et ETM+), notamment les techniques des classifications

supervisées (Maximum de vrai semblance) mais aussi sur certains indices (indice de végétation NDVI, Indice de Fer ...). Ces couches d'information (classes thématiques) ont été intégrées dans un système d'information géographique (SIG) pour l'analyse spatiale (Calcul des superficies à partir du comptage de chaque classe qui est égal au nombre de pixel qui la présente).

Le schéma ci-dessous (Fig. 2) illustre bien les quatre grandes étapes adoptées pour l'élaboration des cartes de la dynamique des principales composantes d'occupation du sol de la zone d'étude:

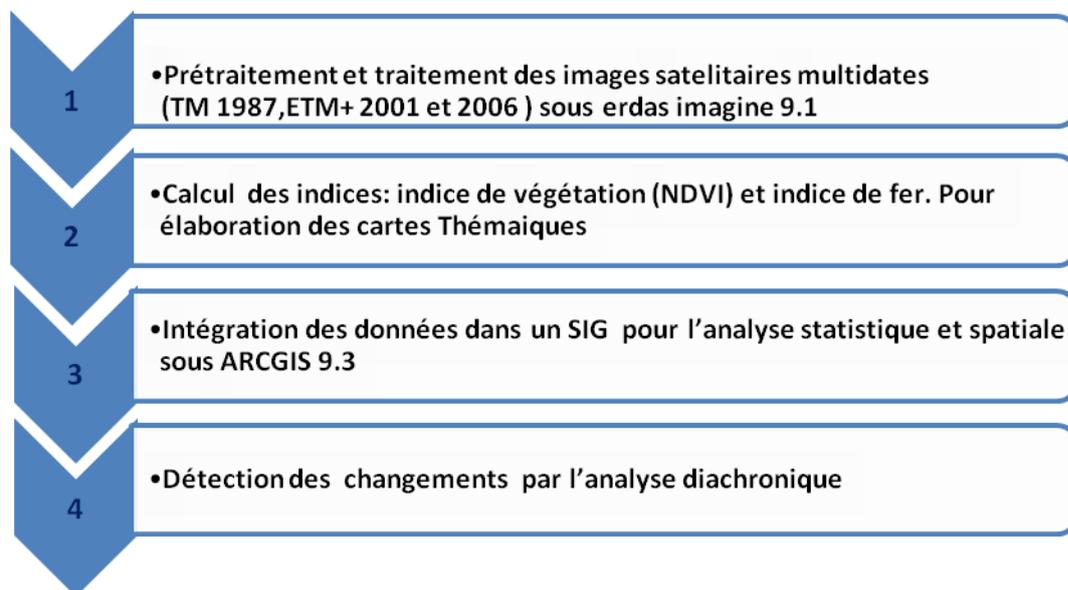


Figure.2 Schéma d'extraction des principales composantes de la zone d'étude

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Evolution des plans d'eau

La zone d'étude est de nature continentale et les principaux plans d'eau présents sont souvent des barrages, quelques fois des dayas ; et qui sont plus ou moins remplis en fonction des saisons et des années d'acquisition.

L'année 1987 est la plus sèche alors que 2006 est l'année la plus humide et ceci a des effets directs sur le remplissage des plans d'eau. Nous constatons une évolution positive entre les années 1987, 2001 et 2006. Le barrage Hassan Addakhil montre une surface d'eau de plus en plus grande (Fig.3). En outre, la signature spectrale de l'eau est relativement élevée en 1987 (fig.4a et 4b), ce qui signifie que l'eau était très peu profonde en 1987.

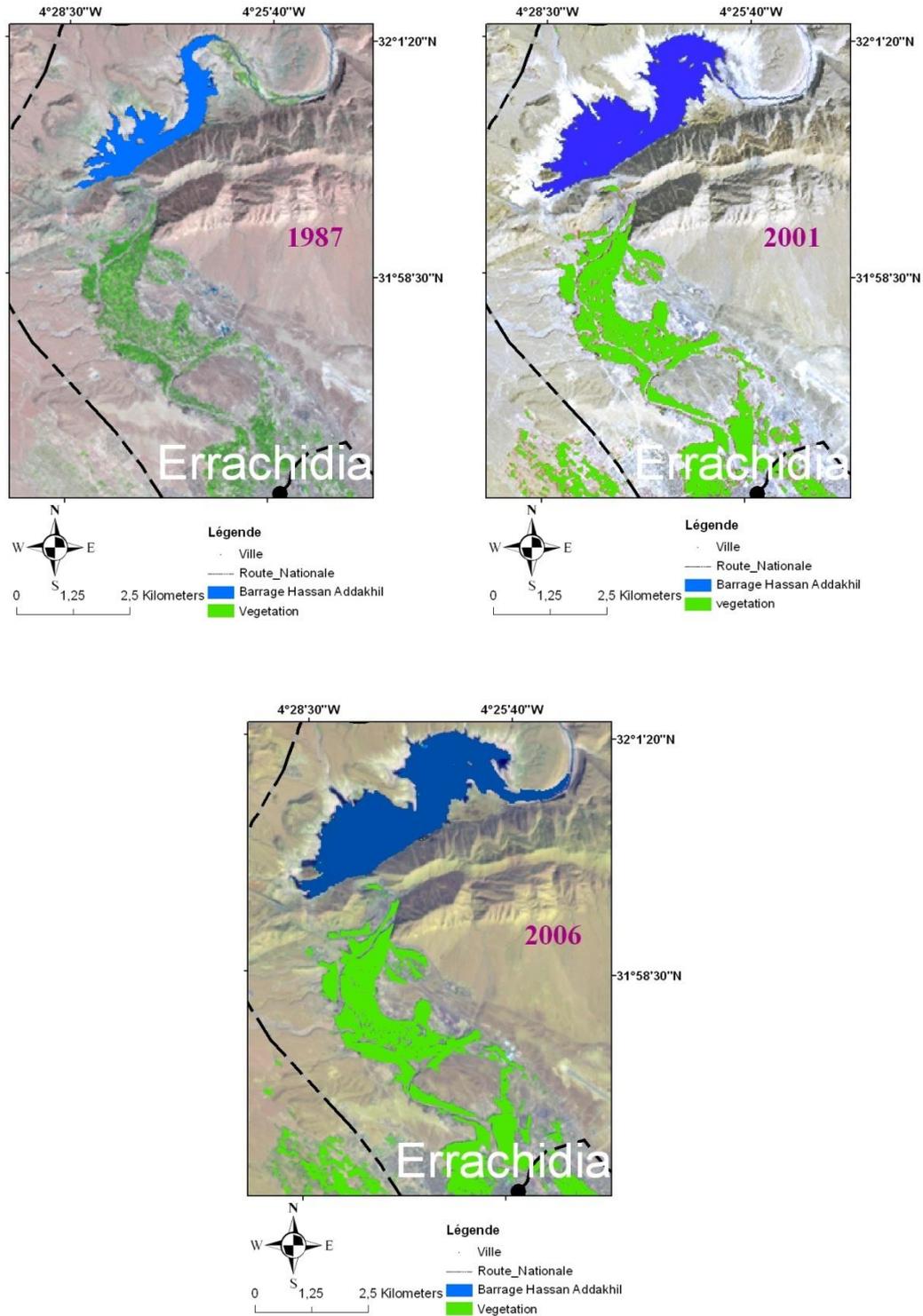


Figure 3. Evolution de la surface de barrage Hassan Addakhil pour les années 1987, 2001 et 2006

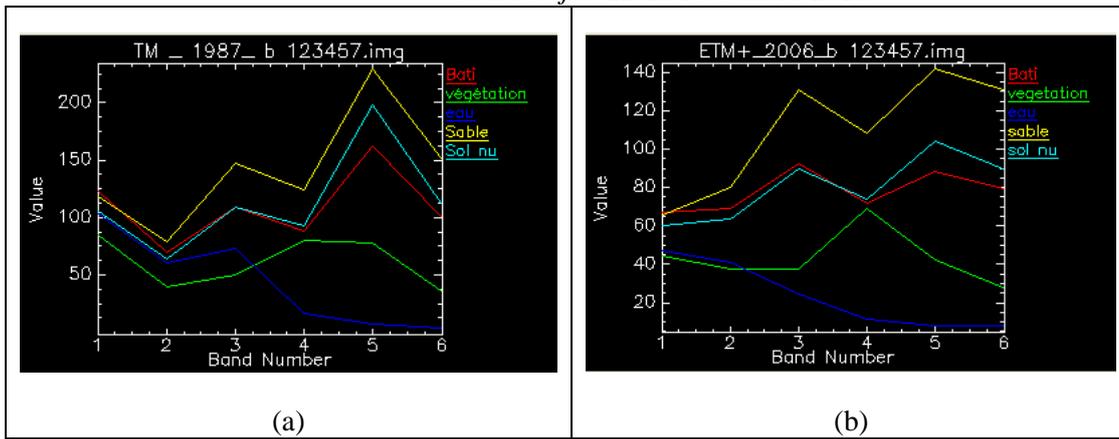


Figure 4. les signatures discrètes des éléments de surface extraites à partir des images Landsat TM 1987(a) et ETM+ 2006 (b)

3.2 Dynamique de l'ensablement

Les sables mobiles constituent une menace permanente pour les oasis de Tafilalet. Il a été ainsi démontré que la répartition et la migration des sables (Fig.6) dépendent entre autres du degré d'humidité de l'année en cours. L'année 1987, étant la plus sèche en terme de précipitations a connu une migration plus importante des sables rouges, alors que l'année 2006, la plus humide a connu un mouvement moins important.

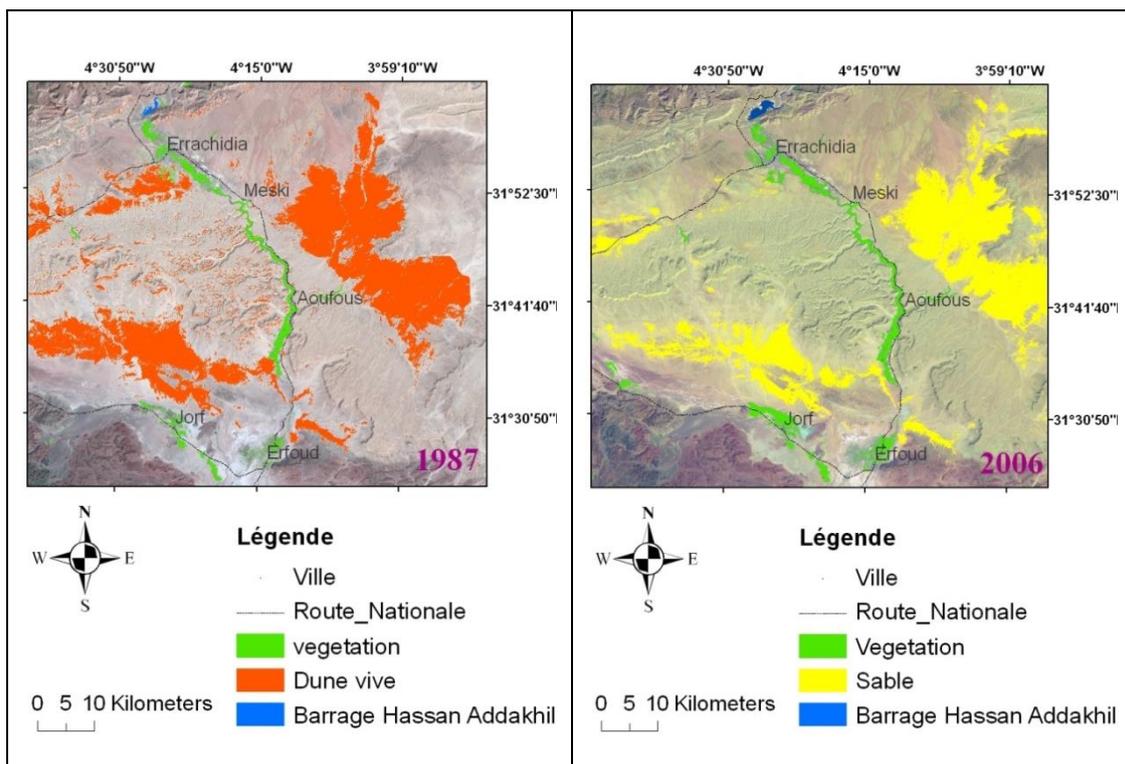


Figure 5. Localisation de l'ensablement pour les années 1987 et 2006

La couleur rouge est la phase ultime de la dégradation qui implique une oxydation des sols et une richesse relative en fer ferrique. Dans ce travail, nous sommes servis de cette propriété pour suivre ce sable rouge et mesurer son changement dans le temps. Ainsi, les sables rouges peuvent être soit discriminés directement à partir des images Landsat-TM par les algorithmes des classifications supervisées, soit à partir des images d'indice de fer (IF), image des rapports de

bandes TM3/TM1.

Les classifications supervisées des trois images montrent une régression des surfaces occupées par le sable entre 1987 et 2006 (fig.5)

Dans la zone d'étude nous constatons une diminution des surfaces couvertes par le sable de l'ordre de 18205 hectares avec un changement négatif de - 26 %.

Les travaux de COUDE-GAUSSSEN, ROGNON, P. (1993) montrent que Les problèmes d'ensablement ont pris une grande acuité dans les pays semi arides et arides et particulièrement au Maghreb, le phénomène se développe surtout dans le sud et le sud-est du pays : à l'Est du haut Atlas, dans le bassin du Ziz moyen et du bas Ziz, autour d'Errachidia, Goulmima, Erfoud et vers le sud dans le Tafilalet et le bassin de Draa.

Il est à signaler que les travaux de LEMSANNI A. *et al*, 1999 pour le suivi de la désertification au Maroc à partir d'images AVHRR de NOAA; et de DESJARDINS R. *et al*. (2005) qui a mis en évidence l'avancée des dunes dans plusieurs endroits du Sud-est du Maroc ont utilisé les données de télédétection pour la caractérisation du phénomène de désertification. Grâce à ces études l'outil de télédétection s'est révélé incontournable dans ce genre de recherche et d'investigation.

CONCLUSION

Face aux défis environnementaux imposés par les sécheresses récurrentes et la pression démographique, il s'avère nécessaire de surveiller les ressources naturelles disponibles en vue leur gestion rationnelle et durable. Dans ce contexte, la télédétection est un outil performant d'acquisition d'informations nécessaires à la surveillance et à la gestion des ressources naturelles, afin d'aider à la prise de décision pour une gestion durable de ces ressources.

Les analyses diachroniques basées sur l'utilisation des imageries satellitaires numériques de différentes périodes permettent de saisir l'ensemble des changements environnementaux, afin de les intégrer dans un système d'information géographique pour ainsi mieux cerner les changements intervenus dans un contexte spatial et temporel donné.

Cette étude montre enfin comment cet espace très fragile est très sensible aux changements climatiques. Les faibles précipitations, les années sèches ont une action très négative sur la réserve d'eau superficielle, sur la production agricole, mais aussi sur les mouvements des sables et l'ensablement.

Références bibliographiques

- BENMOHAMMADI *et al*, 2000: « *Analyse des interrelations anthropiques et naturelles : leur impact sur la recrudescence des 291 phénomènes d'ensablement et de désertification au sud-est du Maroc (vallée de Drâa et vallée de ziz* ». Sécheresse (Paris), vol. 11, no 4, pp. 297-308.
- COUDE-GAUSSSEN, ROGNON, P. (1993).: *Cours des séminaires de Médenine (Tunisie) et d'Agadir (Maroc)* : Desertification et aménagement au Maghreb.
- LEMSANNI A. *et al*, 1999 : « *Suivi de la désertification au Maroc à partir d'images AVHRR de NOAA* » : La télédétection en 297 francophonie : analyse critique et perspectives, actualité scientifique, Lausanne, Agence Universitaire de la Francophonie, 2000, pp. 171-176.

ANALYSE SPATIALE SUR SIG DES DONNEES MINERALOGIQUES ET GEOTECHNIQUES DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION DANS LE BASSIN DE SAIS (MAROC)

BENBAQQAL hicham ⁽¹⁾, MASROUR aissa ⁽¹⁾, BENYASSINE el mehdi ⁽²⁾, MAHJOUBI rachida ⁽³⁾, KHALKI charifa ⁽³⁾, ERRAGRAGUI mohamed ⁽¹⁾
hichambenbaqqal@gmail.com

⁽¹⁾ Équipe « Géosciences, Patrimoine et Substances utiles », Département de Géologie, Faculté des Sciences, UMI, B.P. 11201 Zitoune, 50000 Meknès.

⁽²⁾ Équipe « Géoexplorations et Géotechniques », Département de Géologie, Faculté des Sciences, UMI, B.P. 11201 Zitoune, 50000 Meknès.

⁽³⁾ Équipe «UR. Géosciences de l'environnement et du patrimoine», Département de Géologie, Faculté des Sciences, UMI, B.P. 11201 Zitoune, 50000 Meknès.

RÉSUMÉ : Le développement économique au Maroc a connu une forte émergence durant ces dernières années. En effet, le secteur du bâtiment et des travaux publics représentent une part importante dans l'intégration économique du pays. Dans le bassin de Saïs, la demande exponentielle en ces matériaux provoque une exploitation excessive sans tenant compte les mesures de qualité et d'usage rationnel. Cette problématique nécessite une disposition contrôlée en cette matière première et essentielle représentée en particulier par les matériaux de constructions. Ce bassin est situé au Nord du Maroc, étalé sur une superficie de 2200 km² entre les rides Sud-rifains au Nord et le causse moyen atlasique au Sud (Essahlaoui, 2000). Les phases extensives du Trias ont causé la structuration de ce bassin, rempli au cours des ères géologiques par les matériaux de démantèlement de montagnes avoisinant. Le socle paléozoïque est composé par les pélites surmonté par une couverture composée par des marnes, des sables fauves, des calcaires lacustres et des travertins. Dans le périmètre de ce bassin, des consommateurs utilisent l'exploitation des matériaux de qualité dégradée et inappropriés à la construction à cause des travaux scientifiques limités et restreints. Dans cette étude, nous avons visé à élaborer une analyse spatiale sur un système d'information géographique (SIG) basée sur le traitement de l'ensemble des analyses géotechniques et minéralogiques effectuées sur les échantillons prises depuis les carrières en question, dont la finalité de classer et de mettre en valeur les matériaux de construction de qualité. Cette technique permet de donner une caractérisation des matériaux de différents natures, d'estimer de la durée de vie (après calcul des réserves), de déterminer les extensions possibles pour des éventuelles ouvertures de carrières, de distinguer les qualités des matériaux suivant les zones en comparaison avec les normes marocaines. En outre, on évalue les réserves de matériaux afin de trouver une vision estimative sur l'offre et la demande excessive dans le domaine du bâtiment.

Mots clés : Saïs, analyse spatiale, SIG, carrières, géotechniques, minéralogiques, bâtiment.

SPATIAL ANALYSIS ON THE GIS MINERALOGICAL AND GEOTECHNICAL DATA BUILDING MATERIALS IN THE KNOW BASIN (MOROCCO)

ABSTRACT: Economic development in Morocco has experienced strong emergence in recent years. Indeed, the building sector and public works are an important part in the country's economic integration. In Sais basin, the exponential demand for these materials causes excessive exploitation without taking into account quality measures and rational use. This problem requires a controlled disposal and in this first essential material represented in particular by the construction materials. This basin is located in northern Morocco, spread over an area of 2200 km² between South Rif wrinkles in the North and the average Atlas plateau south (Essahlaoui, 2000). Extensive phases Triassic resulted in the structuring of this basin fills over geological eras by the mountains of dismantling materials nearby. The Paleozoic basement is composed by mudstones topped by a composite coverage marls, tawny sand, lacustrine limestone and travertine. In the perimeter of the

basin, consumers use the exploitation of degraded quality materials and unsuitable for construction due to limited and restricted scientific work. In this study, we aimed to develop a spatial analysis on a geographic information system (GIS) based on the processing of all geotechnical and mineralogical analyzes of the samples taken from the quarries in question, the purpose of classify and enhance quality of building materials. This technique can give a characterization of materials of different natures, to estimate the lifetime (after calculation of reserves), to determine the possible extensions for possible career openings, to distinguish the qualities of the materials the following areas compared with Moroccan standards. In addition, materials reserves are assessed to find an estimated vision on offer and excessive demand in the building sector.

Keywords: Sais, spatial analysis, GIS, quarries, geotechnical, mineralogical, building.

INTRODUCTION

Le propre de l'étude géotechnique est de statuer et d'évaluer les différents risques naturels et la sensibilité des avoisinants au cours d'aménagement ou exploitation, lors d'opérations et de prévention de **BTP** (génie civil, bâtiment, carrières, etc...), de gestion des eaux souterraines (exploitation, drainage).

En outre, l'étude minéralogique permet d'identifier les principaux minéraux, qui constituent les matériaux pierreux naturels afin de reconnaître et d'analyser un contexte géologique et faire le choix des méthodes d'investigation en fonction du problème d'ingénierie posé.

L'objectif principal de la présente étude est d'élaborer une approche méthodologique et opérationnelle qui puisse permettre, à partir du système d'information géographique (SIG) et des images satellitaires SRTM, d'appréhender une base de données de point de vue géotechnique et minéralogique, sur quelques carrières de matériaux de construction appartenant à la région de Saïs.

L'interprétation des résultats d'analyse géotechnique des échantillons pris de ces carrières selon les normes AFNOR de la qualité des matériaux, a permis d'obtenir un nouveau modèle qui met en exergue la relation entre les données géologiques et les caractéristiques géotechniques de la région d'étude. L'utilisation de l'outil SIG a permis la création des cartes thématiques à partir des fonds topographiques et des données numériques (SRTM) en s'appuyant sur les résultats des paramètres géotechniques. Par conséquent, cet outil d'information géologique, géomorphologique et géotechnique contribue à mieux valoriser ces matériaux de construction afin de répondre aux besoins excessifs en domaine de bâtiment et travaux publics.

L'objectif de cette étude est d'élaborer un nouveau modèle en s'appuyant sur les résultats d'analyses géotechniques des échantillons pris des carrières, les données géologiques et géomorphologiques par l'utilisation de l'outil SIG et les données numériques (SRTM). Cet outil permet de créer des cartes thématiques, qui contribuent à mieux valoriser ces matériaux de construction pour satisfaire aux besoins actuels dans le secteur immobilier et d'aménagement urbain.

1. Description de la zone d'étude

Le bassin de Sais se situe à la jonction du domaine rifain avec le domaine méseto-atlasique (**Fig.1**). Les formations géologiques sont formées au cours du Miocène supérieur et comblé de dépôt d'âge secondaire à quaternaire recouvrant un socle paléozoïque (*Talhasse, 1953, Fig.2*). Le recouvrement secondaire dont les matériaux à exploiter est constitué, par des marnes bleues, des sables fauves et des calcaires lacustres (*Boumir, 1987*).

La région présente un climat méditerranéen sec et chaud en été et humide et frais en hiver avec des écarts thermiques saisonniers importants et des précipitations abondantes (500 à 600 mm à Meknès et Fès). Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 17°C.

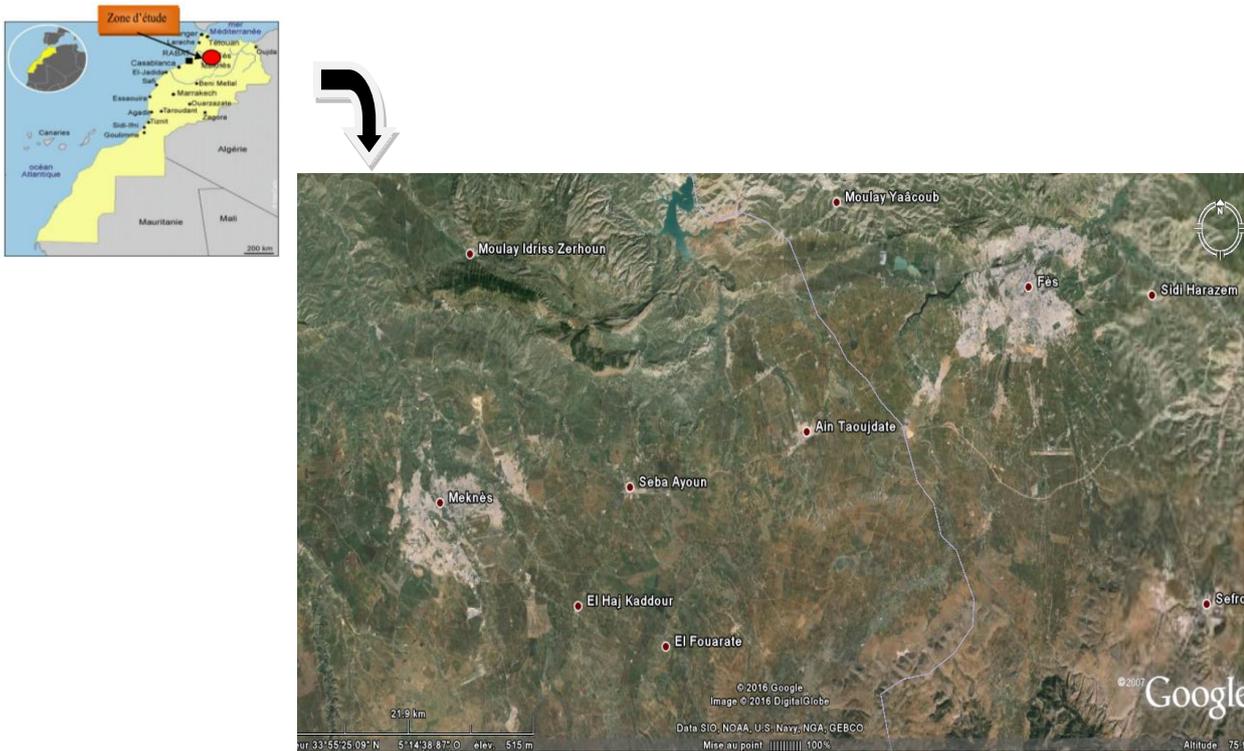


Figure 1 : Géographie de la région d'étude

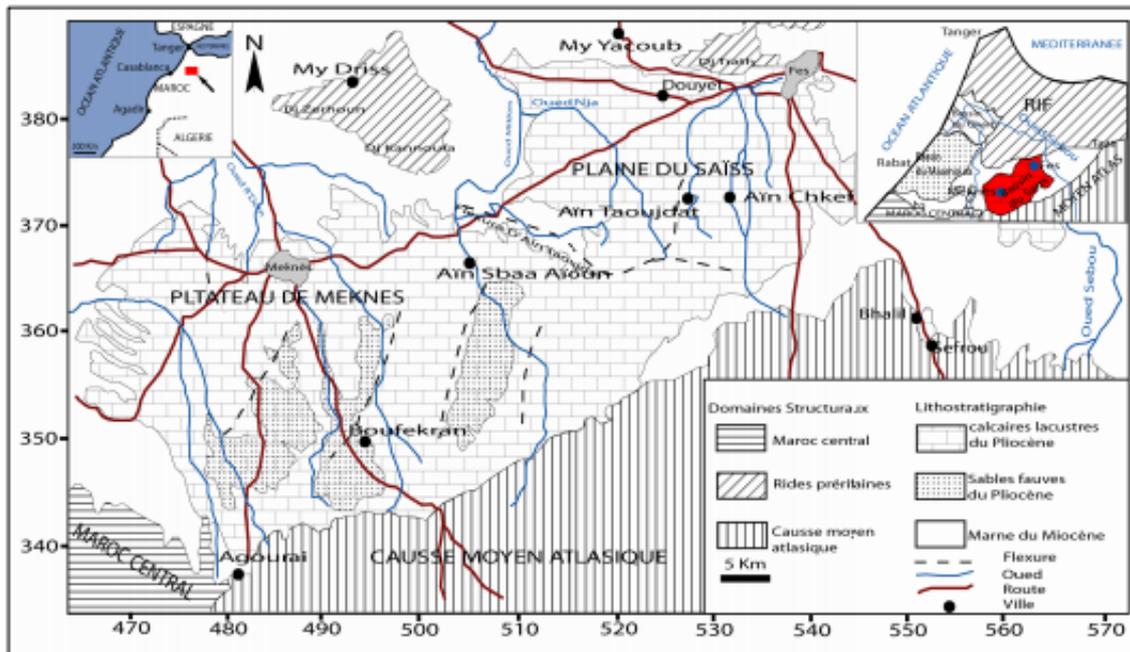


Figure 2 : Géologie de la région d'étude

2. MATERIELS ET METHODES

Le présent travail s'intéresse essentiellement à la détermination de différents paramètres géotechniques et minéralogique des matériaux de construction. Ces analyses géotechniques et minéralogiques valorisent les carrières vis-à-vis de la qualité des matériaux exploités. La technique adoptée consiste en un échantillonnage des granulats des carrières éparpillées sur la zone d'étude

(**Tabl.I**) avec des prélèvements en trois reprises dans chaque station. Les échantillons sont transmis au laboratoire d'analyses géotechniques afin de les passer aux différents protocoles expérimentaux. Pour la minéralogie, suite à l'observation des minéraux au microscope électronique à balayage et à la détermination des proportions des minéraux constituant la roche mère par le diffractogramme de rayon x.

Donc, cette méthodologie consiste à combiner des images satellitaires (Google earth) et des cartes thématiques à partir des fonds topographiques (1/50000) et des données numériques SRTM (30m) couvrant la zone d'étude en s'appuyant sur les résultats des analyses des paramètres physiques, mécaniques et minéralogique avec le système d'information géographique (SIG), afin d'extraire un modèle ou une approche numérique, qui permet de donner une vision générale sur les caractéristiques des carrières des matériaux de construction exploitées au niveau du bassin de Sais.

Ces données ont été intégrées dans ArcGIS 9.3, qui est le logiciel du SIG utilisé pour l'exploitation, la classification dans des cartes thématiques résumant les données d'analyses géotechniques et minéralogiques.

Tableau. I - Coordonnées géographiques et caractéristiques de carrières étudiées

N° des Stations	X	Y	Carrières	Type de carrières	Nature des matériaux	Age
1	485400	372350	Dardoura	Marnes	Marnes	Miocène supérieur
2	483900	367000	Rmika	Marnes	Marnes	Miocène supérieur
3	497465	378755	Moussaoua	Sables	Sables dolomitisés	Domérien moyen
4	464988	363348	Rimal	Sables	Sables fauves	Pliocène moyen
5	474100	377440	Ain karma	Sables	Sables fauves	Pliocène moyen
6	468200	397400	Ain Jemaa	Granulats	Calcaires et Dolomies	Lias et Dogger
7	495377	370759	Dkhissa	Granulats	Calcaires	Pliocène moyen

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Au niveau de l'information géomorphologique (**Fig.3**), les carrières étudiées sont réparties spatialement sur la totalité de la région d'étude, avec de différents matériaux de construction tels que : les granulats, les sables et les marnes dont les reliefs sont assez importants puisqu'ils ne dépassent plus 600 m dans la majorité du plateau en s'étalant du Miocène jusqu'au Pliocène supérieur.

Les résultats géotechniques et minéralogiques obtenus de différents échantillons pris des carrières éparpillées sur la région d'étude, sont représentées sur des cartes SRTM dont on peut tirer les déductions suivantes :

- L'exploitation de gisements marneux du Miocène comprend deux sites (Dardoura et Rmika, **Fig.3**), les proportions des minéraux montrent que l'illite est le minéral le plus abondant, suivi par le quartz, la calcite et la kaolinite. La plasticité de ces marnes varie entre 24 et 29. Ces résultats permettent de déduire que ces matériaux sont destinés principalement à la production de briques et de tuiles (classe A₃ et A₄) ;

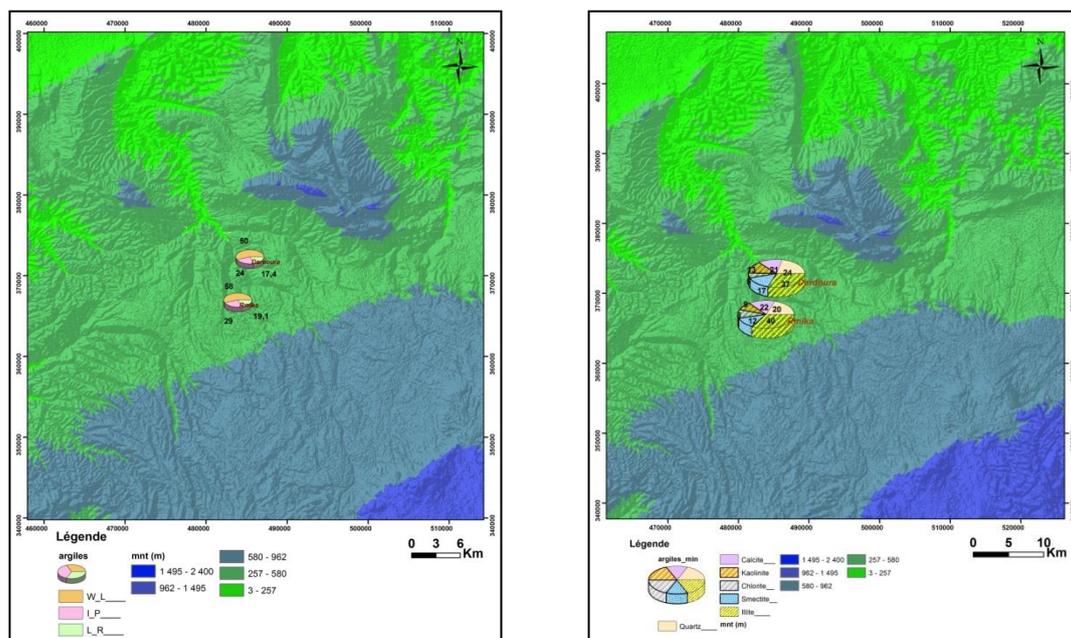


Figure 3 : Répartition spatiale des résultats d’analyses géotechniques et minéralogiques des sites argileux

- Pour les sables, il comprend trois sites (**Fig.4**) dont le quartz est le minéral le plus abondant (plus de 70%), pourtant le feldspath est relativement rare au niveau des sables fauves. Au niveau géotechnique, les sables de Sais présente un équivalent de sable (E.S) moyen (< 60%). Cela permet de dire que, les sables fauves du Pliocène sont utilisés uniquement pour les bétons de propreté de type B₅ ; par contre, les sables dolomitiques de Moussoua marquent la bonne qualité pour l’utilisation des bétons de type B₂ et B₃ avec un E.S > 80%, de Quartz (39%) et de feldspath (14%).

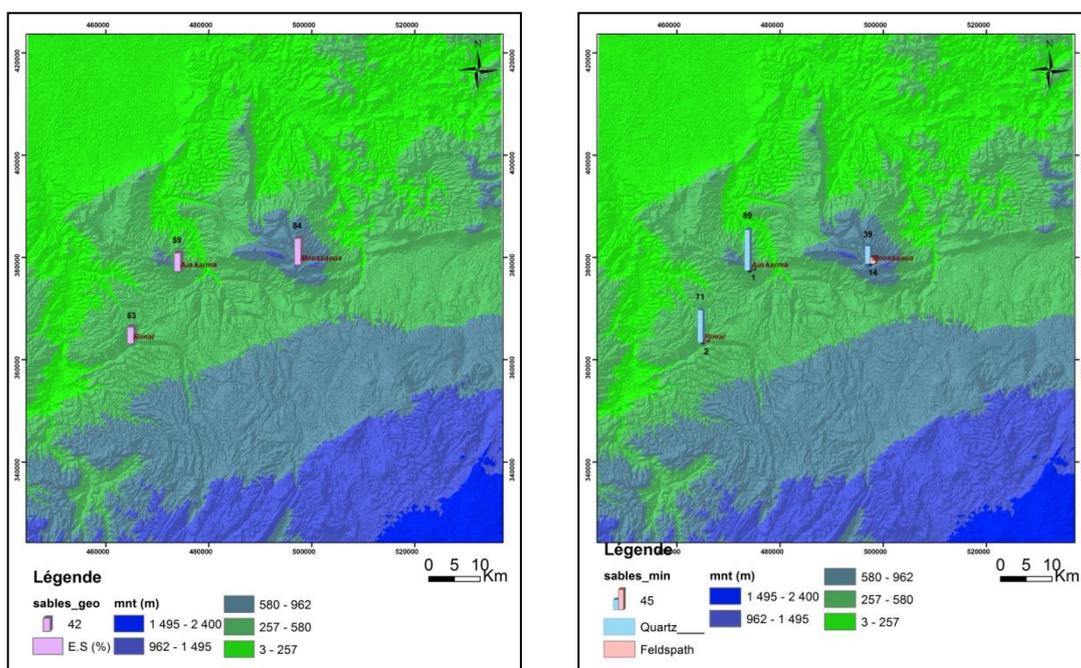


Figure 4 : Répartition spatiale des résultats d’analyses géotechniques et minéralogiques des sites sableux

- D’après les résultats géotechniques de granulats des carrières de Dkhissa et de Ain Jemaa (**Fig.5**), on voit une conformité avec les normes (LA < 35 et MDe < 25). La proportion de la

calcite est élevée (> 80%). Les caractéristiques de ces sites dont les origines sont différentes permettent de déduire que les calcaires d'origine lacustre du Pliocène de Dkhissa sont dédiés spécialement pour la fabrication du ciment, alors que les calcaires dolomitiques sont dédiés aux bétons de gros œuvres (béton de type B₃ et B₄).

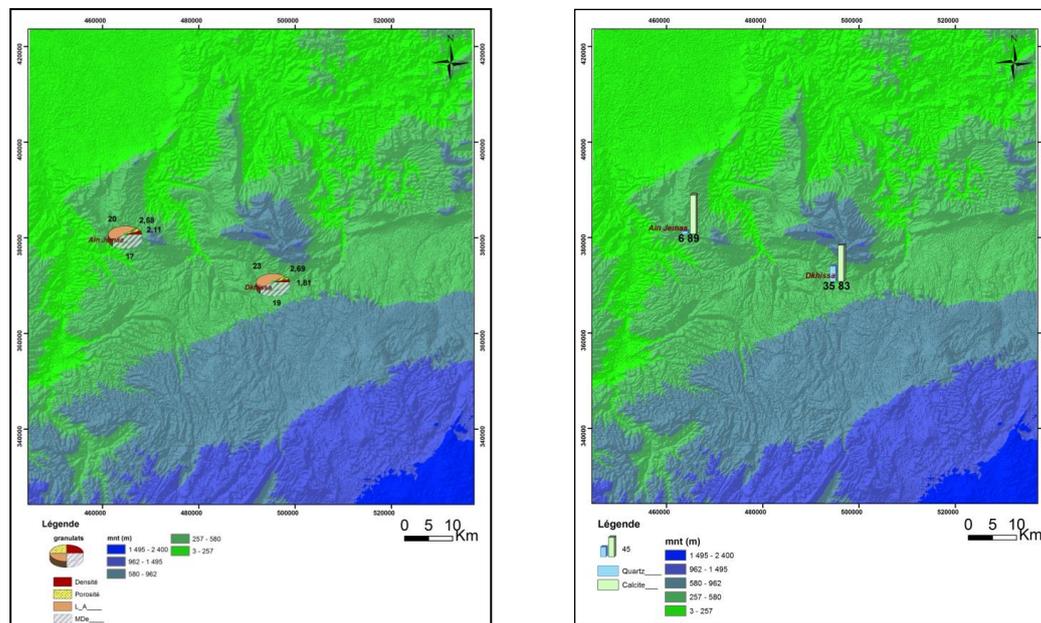


Figure 5 : Répartition spatiale des résultats d'analyses géotechniques et minéralogiques des sites granuleux

Cette disposition résulte de la géologie, matérialisée par des roches affleurantes à faible profondeur dont l'altitude ne dépassent plus 600 mètres. La répartition spatiale des marnes sur le fond topographique numérique (SRTM) montre une bonne homogénéité des résultats puisqu'il y a une similitude de valeurs mesurées entre ces carrières, par contre les résultats obtenus des carrières de sables et de granulats montrent une hétérogénéité des valeurs.

Cette répartition spatiale permet d'identifier les classes des granulats de matériaux de construction en les comparant avec les normes (AFNOR, Marocaine,...), de valoriser ces matériaux en gardant leurs utilités et choisir la zone favorable pour toute implantation des carrières vis-à-vis la qualité des matériaux.

CONCLUSION

L'utilité du SIG dans ce travail, nous a permis :

- D'élaborer des cartes thématiques à partir des fonds topographiques et numériques (SRTM), qui présentent les résultats d'analyses géotechniques de différentes carrières éparpillés sur la région d'étude ;
- De concevoir une modélisation qui constitue une plateforme et un document de base pour toute identification des zones à exploiter ou des terrains à aménager dans le profil d'impact environnementaux ;
- De généraliser cette répartition spatiale sur d'autres régions compatibles, de conditions géologique, géomorphologique et climatique similaire à notre région d'étude ;

Références bibliographiques

- BOUMIR Kh. (1987). *Nouvelle interprétation du mode de mise en place des « sables fauves » dans le bassin du Sais (Maroc)*. Thèse 3^{ème} cycle, Fès, 169p.
- ESSAHLAOUI A. (2000). *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 en Sciences appliquées, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc, 258p.
- TALTHASSE P. (1953). Recherche géologique et hydrogéologique dans le bassin de Fès-Meknès, *Notes et mémoires, Serv. Géol., Maroc*, n°115, 300p.

**ETUDE GEOMORPHOLOGIQUE DES FORMATIONS
QUATERNAIRES ENTRE TANGER (CAP SPARTEL) ET ASILAH :
Etude préliminaire**

Abdelmajid GOUZA, Faculté des Lettres de Rabat. majid.gouza@gmail.com

Abderrahim WATFEH, Faculté des Lettres de Rabat. watfeh@gmail.com

Mohammed TAILASSANE, Faculté des Lettres de Rabat. tailamed2005@gmail.com

RESUME

L'étude lithostratigraphique préliminaire du Secteur littoral compris entre Oued Mediouna au nord et Oued Gharifa au sud à permis de distinguer les traces de trois niveaux marins quaternaires superposés et étagés, différenciés par leur altitude par rapport au niveau marin actuel.

Quant aux formations continentales et les formes de karstification, on les trouve souvent interférées au sein des formations marines, retraçant des changements climatiques et environnementaux.

Au Sud de Cap Achakar, des épandages caillouteux renfermant des objets préhistoriques ont été signalés, traduisant une anthropisation de la région.

Mots clés : Oued Zitoun – Oued Gharifa – Cap Achakar – Quaternaire – Géomorphologie – Paléo-environnement – Paléo-climat – Préhistoire.

**GEOMORPHOLOGICAL STUDY OF THE QUATERNARY FORMATIONS
BETWEEN TANGIER (SPARTEL CAPE) AND ASILAH: Preliminary study**

ABSTRACT

The preliminary lithostratigraphic study on the littoral Sector ranging between Mediouna river in the north and Gharifa river in the south with distinguished the traces from three superimposed and staged quaternary marine levels, which are differentiated by their altitude compared to the current marine level.

As for the continental formations and the forms of karstification, they are often found to be interfered within the marine formations, which reveals climatic and environmental changes.

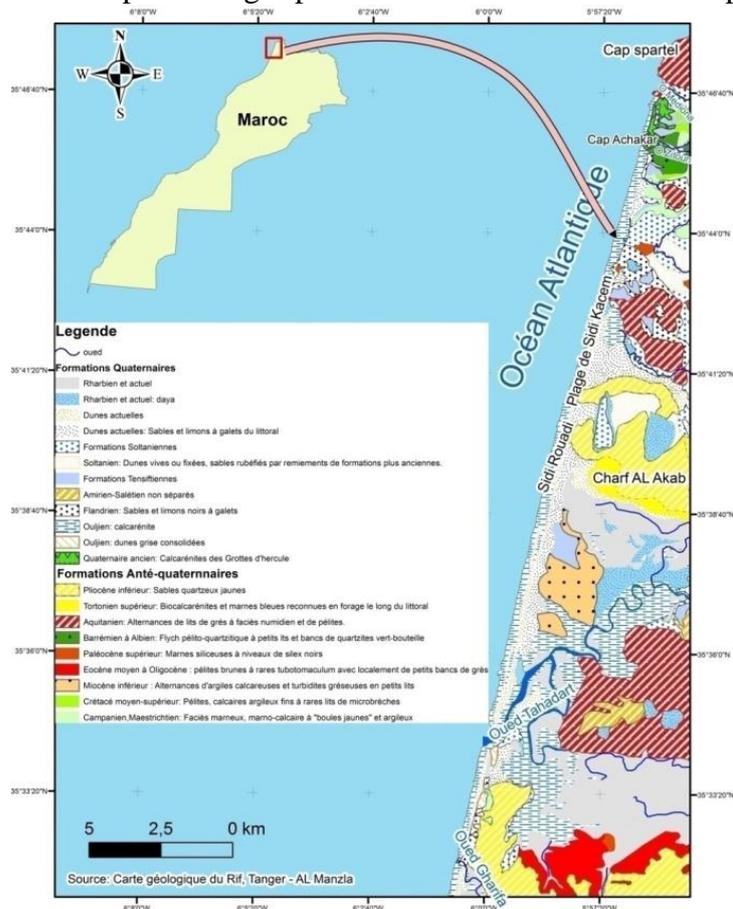
To the South of Achakar cape, stone soils spreading, containing prehistoric objects, was observed, reflecting an anthropisation of the area.

Keywords: Zitoun river – Gharifa river – Achakar cape – Quaternary – Geomorphology – Paléo-environnement – Paléo-climate – Prehistory.

INTRODUCTION

Notre travail porte sur l'étude géomorphologique des formations quaternaires de la zone littorale située entre Tanger (cap Spartel) et Asilah, dans l'extrême partie nord occidentale du Maroc (Fig. 1). Elle s'étend sur une longueur de 30km environ et une largeur moyenne de 7 Km.

Sur le plan géologique, la région étudiée et son arrière pays appartiennent au domaine externe de la chaîne rifaine, en particulier le mésorif (Suter G, 1980). Elle est traversée dans sa partie centrale et méridionale par de larges plaines alluviales couvertes de dépôts actuels.



**Figure 1 : Localisation de la région étudiée.
(d'après Suter G, 1985)**

I - HISTORIQUE DES TRAVAUX DE RECHERCHES SUR LA REGION :

On peut limiter ces travaux à la stratigraphie du Quaternaire de la région étudiée.

I-1- LE QUATERNAIRE ANCIEN :

Les travaux paléontologiques de Lecointre (1952) n'ont pas aboutis à des résultats significatifs. Cependant, l'auteur a conclu l'existence d'un niveau gréseux lumachellique dans le secteur des grottes d'Hercule qu'il l'a rapporté au Quaternaire ancien. En effet, il s'est basé sur l'état de consolidation de cette formation et son antériorité à une plage soulevée d'âge probablement tyrrhénien.

Postérieurement, Gigout (1957), a définis la formation principale des grottes d'Hercule comme étant « Les dépôts du Quaternaire ancien, sont quantitativement les plus importants. Leur affleurement constitue une bande de 2 Km x 0.5 Km environ, parallèle au littoral entre l'oued Mediouna et le cap Achakar ». Il a distingué au sein de cette formation les traces d'un niveau marin d'âge Quaternaire ancien dont le maximum transgressif est de 30m. Ce dernier a été ensuite confirmé par les travaux de Alouane (1986) qu'il l'a attribué un origine tectonique et un âge situé entre le Messaoudien et le Harounien avec un cycle marin à faune froide.

Le sud de cette formation (Cap Achakar) est marqué par un prisme d'accumulation qui est considéré comme un glacis - terrasse du Quaternaire ancien (El Ghabaoui, 1980).

I-2- LE QUATERNAIRE MOYEN :

Lecointre (1952) a signalé les traces d'ancienne plage de 30 à 40m d'altitude au niveau du secteur des grottes d'Hercule, d'âge Tyrrhénien.

Plus tard, Alouane (1986), a mis en évidence les traces d'un niveau marin dans le même secteur, avec un âge situé entre le Messaoudien et l'Ouljien et un cycle marin complet mais azoïque.

I-3- LE QUATERNAIRE RECENT :

Sur la rive droite de l'oued Zitoun, un niveau de remplissage travertineux a été distingué par Lecointre (1952), avec une altitude de 10 à 15m et un âge allant du Tyrrhénien à l'Ouljien.

De l'autre coté de l'oued Zitoun (Cap Achakar), un autre niveau marin a été signalé par Gigout (1957), qui s'est basé sur des critères altimétriques dans sa détermination, avec un maximum transgressif de 5m. En Outre, ce niveau marin a été daté postérieurement par Stearns et Theurber (1965) par la méthode Th / U qui a donné un âge de 125Ka +_ 10Ka AP, avec comme caractère principal, son origine glacio-eustatique déterminée par la malacofaune chaude rencontrée par Alouane (1986).

A 15Km vers le sud de cap Achakar, l'auteur a distingué une formation plus récente, représentée par une dalle de grès-calcaire coquillier qui l'a rapportée au Dunkerquien.

II - PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS :

L'étude des héritages quaternaires de la région s'avère très importante, de sorte qu'elle contribue à la connaissance des conditions paléo-climatiques, paléo-environnementales, ainsi que l'anthropisation qu'a connue cette zone durant le Quaternaire.

Tout cela nous a poussés à poser un ensemble de problématiques à savoir :

* Quelle est la chrono-stratigraphie relative et absolue des héritages quaternaires marins et continentaux de la région ?

* La stratigraphie de la région, présente-t-elle les mêmes caractéristiques que celles des régions Atlantique avoisinante du Maroc ?

* Quelles sont les relations existantes entre les différentes générations marines et continentales, ainsi que de préciser les conditions paléo-climatiques et paléo-environnementales, qui ont régné au cours du Quaternaire?

* Quelles sont les aspects et traces qui marquent l'anthropisation qu'a connu la région durant cette ère ?

III - LA METHODOLOGIE DU TRAVAIL :

Pour résoudre et répondre à ces problématiques, il s'est avéré qu'il est nécessaire de suivre une méthodologie pluridisciplinaire, afin d'aboutir aux objectifs souhaités, à savoir :

- * La consultation de références bibliographiques antérieures, traitant le thème en général et la région en particulier ;
- * L'analyse des cartes (topographiques, géologiques et géomorphologiques), des photographies aériennes et satellitaires, afin d'avoir une idée sur la répartition spatiale des formations et des formes géomorphologiques objet d'étude ;
- * Organiser des sorties de terrains, pour constater la problématique à résoudre avec l'établissement des coupes représentatives.
- * Le choix des échantillons dans le but d'effectuer des datations absolues, des études aux laboratoires (analyses sédimentologiques, chimiques et minéralogiques) et entamer des études micromorphologiques.

IV –RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES INSPIRÉS DES OBSERVATIONS DU TERRAIN:

Durant notre missions de terrain, on a pu constater que le trait de côte du nord de la région étudiée est dominé par des falaises mortes, dont les facies sont dominés par des conglomérats, grès lumachelliques et des calcarénites, tandis que celui de la zone sud est marqué par de large plages étendues et ouvertes directement sur le continent. Ces derniers se caractérisent par des accumulations sableuses souvent bio-détritiques, parfois caillouteuses.

Cette différence de morphologie du trait de côte, peut être interpréter par l'effet de la néotectonique, qui demeure encore active dans la région. En outre, on a pu signaler :

IV- 1 - LES FORMATIONS MARINES :

Elles sont représentées par des formations calcarénitiques et de conglomérat lumachelliques, s'organisant en falaises mortes. Au sein de ces dernières on a pu constater les traces de trois paléo-falaises, matérialisées par des niveaux à granulométrie grossière:

- * Un niveau conglomératique à blocs décimétriques de nature calcarénitiques, dont l'altitude est de 5m, ravinant les marnes d'âge pliocène supérieur (Feinberg G.et al.,1970). On l'a signalé au voisinage de la rive gauche de l'oued Mediouna (Photo 1) ;
- * Au niveau de la rive droite de l'oued Zitoun, un autre niveau conglomératique a été mis en évidence avec des blocs décimétriques de même nature lithologique que les formations sous-jacentes. Son altitude est de 14m;
- * De part et d'autre de l'oued Zitoun, et sur la rive droite de l'oued Gharifa, on a signalé les traces d'une paléo-falaise, représentés par des blocs calcarénitiques bien cimentés. L'altitude de cette formation est de 0.5 m à l'oued Gharifa et de 6 à 7m à l'oued Zitoun (Photo 2).

On note aussi que ces paléo-falaises diffèrent entre eux par leur altitude et leurs positions géométriques. En effet, les deux premières présentent une superposition, tandis que la troisième est étagée par rapport aux autres.

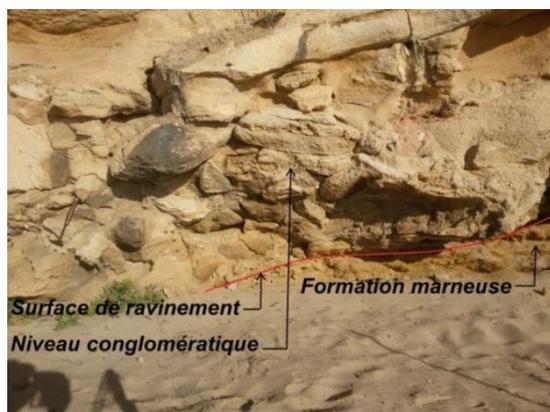


Photo1: Niveau conglomératique à 5m/NM



Photo 2: Niveau conglomératique à 7m / NM

IV-2- LES FORMES ET FORMATIONS CONTINENTALES :

Au niveau du secteur allant de l'Oued Mediouna au nord jusqu'au Oued Zitoun au sud, on a remarqué l'existence de formes karstiques, matérialisés par des croûtes calcaires couronnant des lapiéz remplis de paléosols de couleur rouge. Ces formes karstiques sont observables aussi dans les formations gréseuses de Charf El Akab, avec des paléosols de couleur roses, remplissant des lapiéz et séparés par une fine croûte calcaire (Photo 3).



Photo 3 : Lapiéz avec croûte calcaire et paléosol



Photo 4 : Croûte calcaire

Toujours dans le même secteur et en dessous immédiat de la paléo-falaise culminant à 14m, une croûte calcaire de 4 à 5cm d'épaisseur a été mise en évidence, traduisant ainsi un retrait de la mer et un réchauffement climatique (photo 4).

Au niveau de Cap Achakar, un lit de couleur rose de nature lithologique silteux à argileux à été observé avec une épaisseur de 0.5 m à 1m surmontant la paleofalaise de cap Achakar. Cette structure marque sans doute une émergence due à un retrait de la mer.

Vers le sud de la région étudiée, nous avons constaté un cordon dunaire de couleur grise avec une disposition presque continue et parallèle à la côte, allant de l'embouchure de l'oued Tahadart à celle de l'oued Gharifa. Cette formation éolienne marque les indices d'une régression marine.

IV-3- LES OBJETS PREHISTORIQUES :

La zone littorale s'étendant de cap Achakar au nord à oued Gharifa au sud, connaît de larges plages sableuses couvertes par endroit par des épandages caillouteuses, renfermant des objets préhistoriques. Ces derniers sont représentés sous formes de galets gréseux et de silex, présentant des arrêtes, parfois pointus, jonché l'arrière-pays de plage (Plage de Sidi Rouadi). En effet, ces galets marquent une anthropisation de la région et peuvent nous fournir des indices pour préciser la chrono-stratigraphie des héritages de la région.

CONCLUSION

Il s'est avéré que les recherches préliminaires de terrain sont fructueuses, ce qui nécessitera d'autres missions, afin de diagnostiquer avec précision, toutes les structures morpho-sédimentaires, morpho-pédologiques et morpho-climatiques, qui devront eux même finaliser par des études aux laboratoires dans le but d'atteindre les objectifs attendus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALOUANE M., (1986) : *Les formations quaternaires du littoral atlantique de la province de Tanger(Maroc)*.Thèse de 3ème cycle, Université de Bordeaux I,180p.
- EL GHARBAOUI A., (1980) : *La terre et l'homme dans la péninsule Tingitane*. Thèse d'état, Université Paris VII, 604p.
- FEINBERG H. ET LORENZ (H.G.), (1970) : Nouvelles données stratigraphiques sur le Miocène supérieur et le Pliocène du Maroc nord-occidental. *Notes et mémoires du service géologique du Maroc*, tome 30, n°225,pp : 21 - 26.
- GIGOUT M.,(1957) :Sur le Quaternaire marin au sud de cap Spartel (Maroc Septentrional). *Compte rendu de l'académie des sciences de Paris*, n°244, pp : 1661-1663.
- LECOINTRE CL., (1952) : Recherche sur le Néogène et le Quaternaire marin de la cote Atlantique du Maroc. *Notes et mémoires du service géologique du Maroc*, tome 1: stratigraphie, n° 99, pp : 109-113.
- STEARNS C.E.ET THURBER D.L., (1965): Th230 / U234 date of late Pleistocene marine fossils from the Mediterranean and Moroccan littorals. *Quaternaria*, n° 7, pp: 29 - 42.
- SUTER G.,(1980) : Carte géologique de la chaîne rifaine au 1/500000. *Notes et mémoires du service géologique du Maroc*, n°245 a.
- SUTER G.,(1985) : Carte géologique du rif Tanger Al Manzla au 1/50000. *Notes et mémoires du service géologique du Maroc*, n°294.

LA VULNERABILITE A LA POLLUTION DES EAUX USEES, CAS DE LA VILLE DE BATNA, EST D'ALGERIE.

Hadjer SMADI, Hassina BOUZIDA et Kenza SLIMANI

Université Hadj Lakhdar, laboratoire de l'aménagement de territoire et gestion des risques majeur, Batna, Algérie. Email : jjymast2013@gmail.com / kenzakorea@gmail.com

RESUME : L'eau est élément de la nature qui en même temps une amie et un ennemi de l'homme ; elle est d'une absolue nécessité pour l'hygiène individuelle et collective et pour la quasi-totalité des activités humaines. Au défi croissant que pose la demande en eau et leur gestion, se rajoute les problèmes de rejet des eaux usées dans la ville de Batna qui a connu une croissance urbaine accélérée. Ces rejets des eaux usées sont gérés par un système d'assainissement vers la STEP. Les rejets domestiques et industriels de la ville de Batna véhiculés par Oued el Gourzi constituent une source de pollution des nappes souterraines, notamment la plaine d'El madher du fait de sa proximité immédiate.

La vétusté du réseau d'assainissement et les rejets dans le milieu naturel créent des problèmes qui provoquent les maladies à transmission hydrique. Pour cela dans ce travail nous avons appuyé sur une certaine démarche qui nous permet de superposer plusieurs couches d'informations relatant les différents facteurs de vulnérabilité à la pollution des eaux usées à travers une mise en œuvre d'un SIG qui nous va aider à déterminer le niveau de risques de pollution dans la ville de Batna, et en revanche, il nous va aider à prendre des décisions pour but de réduire le risque de pollution et son impact sur les habitants et l'environnement.

Mots clés : pollution - eaux usées – Batna – environnement – SIG - décisions.

VULNERABILITY TO POLLUTION WASTEWATER, CAS CITY BATNA, EAST ALGERIA

ABSTRACT: Water is part of nature at the same time a friend and an enemy of man; it is an absolute necessity for the individual and collective hygiene, and for almost all human activities. The growing challenge of water demand and management is added problems of rejection of wastewater in the city of Batna which has experienced rapid urban growth. These wastewater discharges are managed by Batna sanitation system to the.

The domestic and industrial discharges of Batna city conveyed by Oued el Gourzi and constitute a source of ground-water pollution, in particular the plain of El madher because of its immediate closeness. The dilapidation of the sewer system and the discharges in the environment create problems which provoke hydric transmission diseases. For that we have tried in this work to adopt on a certain approach which allows us to stack several layers of informations that represent the various factors of wastewater pollution vulnerability through an implementation of a SIG which is going to help us to determine the level of pollution risks in the city of Batna, and on the other hand, it helps to make decisions for purpose to reduce the risk of pollution.

Keywords: pollution – wastewater – Batna – environment – GIS - decisions.

INTRODUCTION

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs.

La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution.

1. Description de la zone d'étude :

La ville de Batna, capitale des Aurès et chef-lieu de wilaya. Elle située à environ 435 km au Sud de la capitale Alger, localisée entre les degrés 6°07' et 6°11' de longitude Est et les degrés 35°30' et 35°34' de latitude Nord. Elle est limitée : au Nord par la Commune de Fesdis, au Sud par la Commune de Tazoult, à l'Est par la Commune d'Ayoun Assafir, et à l'Ouest par la Commune d'Oued-Chaaba. La région présente un climat semi-aride d'un hiver frais.

Le réseau hydrographique est étroitement lié à l'organisation du relief. L'assiette de la ville de Batna est traversée par deux grands Oueds (Batna et Tazoult), dont la confluence forme Oued ElGourzi. Les précipitations jouent un rôle principal dans l'alimentation des cours d'eau et les nappes souterraines par l'infiltration.

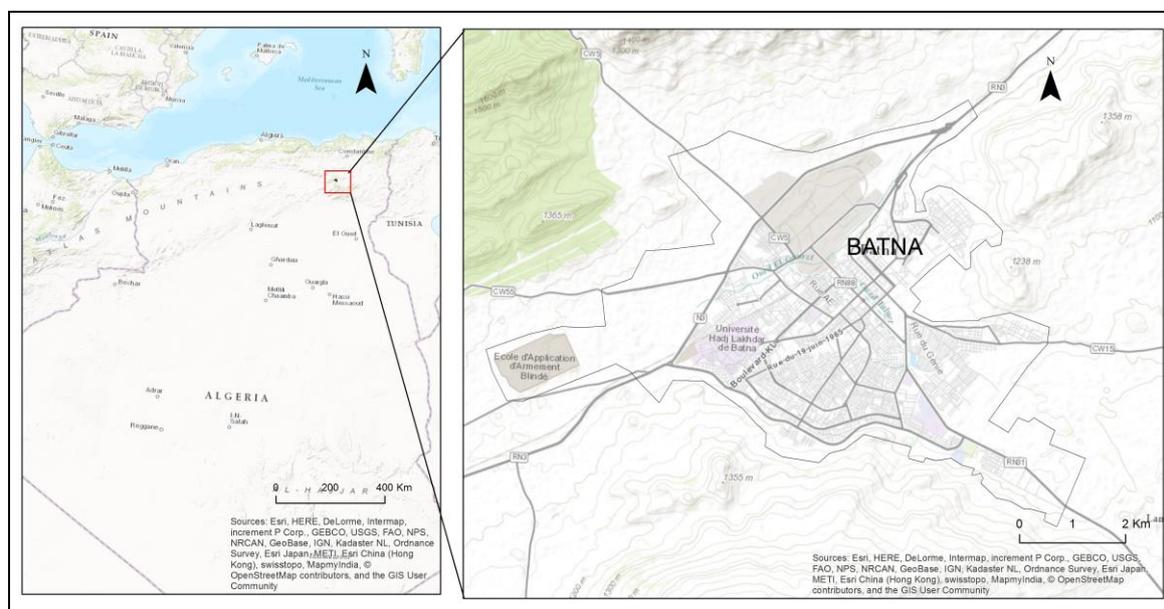


Figure 1. La situation géographique de la zone d'étude.

2. MATERIEL ET METHODES

L'accroissement de la population de la ville de Batna entraîne l'extension des surfaces cultivables qui, en corrélation avec l'existence d'un tissu industriel dense, augmentent la

quantité d'eau consommée. Il en résulte une augmentation des volumes d'eau rejetées et une détérioration de l'environnement, plus par la pollution des sources d'eau inexistantes que par l'insuffisance de leur nombre. C'est pourquoi il existe d'une part une crise d'eau et d'autre part les eaux usées urbaines, rejetées dans le milieu récepteur, provoquent une menace considérable pour les écosystèmes. A cet effet l'objectif de notre travail est d'aborder en se basant sur l'utilisation d'indicateurs comme outils d'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau usée et les risques sur la santé humaine et l'environnement dans la ville de Batna. Pour ces raisons ce sujet n'est pas traité uniquement du point de vue chimique et biologique, mais d'un point de vue d'aménagement du territoire qui vise à mettre en évidence les incohérences du développement urbain dans le temps et l'espace. La méthode cartographique, nous a permis la superposition de plusieurs couches d'informations relatant les différents facteurs de vulnérabilité liés aux eaux usées et la spatialisation du niveau du risque. Il convient ensuite d'envisager des solutions à même d'assurer un développement harmonieux et durable de la ville.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Le réseau d'assainissement est de type unitaire à écoulement gravitaire et à surface libre, le matériau est en majorité le béton armé, ces conduites que se situent les plus gros problèmes de dépôts et de colmatage. La majorité du réseau est vétuste, les pertes d'eau usée dans le sol sont importantes. Le réseau d'assainissement converge vers la station d'épuration située sur la rive gauche de l'oued El-Gourzi, en aval de la ville de Batna, il draine les rejets urbains de la totalité des quartiers de la ville vers la station d'épuration, ainsi que les rejets de la zone d'activités industrielles, il est à signaler certains quartiers rejettent leurs eaux usées directement dans les affluents de l'oued El Gourzi sans épuration.

La source de la pollution provient des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui véhiculent dans les canalisations d'assainissement ou dans le milieu naturel. On peut déterminer le degré de pollution par des paramètres physico-chimique et biologique. Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait généralement par gravité, sous l'effet de leur poids. A la sortie des égouts, les eaux usées sont épurées directement dans la station d'épuration, une série de traitements primaires permettent d'éliminer rapidement les déchets les plus grossiers mais aussi les sables, les graisses, et des matières en suspension. Ensuite un traitement biologique permet d'éliminer le reste de la pollution.

Les paramètres	L'eau d'entrée (brute)	L'eau de sortie (traité)	Les normes
PH	7,56	7,63	6,5-8,5
T(en °C)	18,9	19,5	30
MES(en mg/l)	356	41	35-40
DCO (en mg/l)	882	119	120-130
DBO5(en mg/l)	353	27	35-40
NO3(en mg/l)	0,40	3,34	-
NH4(en mg/l)	26,6	23,8	-
PO4(en mg/l)	2,85	1,80	-

Tableau 1. Les résultats d'analyses de l'eau qui entrée et sortie de la STEP de Batna pendant l'année 2012

Selon le tableau on observe que les valeurs des paramètres diminuent de l'entrée à la sortie de la station. Avant l'épuration les concentrations présentent une certaine irrégularité, ces concentrations sont dues la variation de la charge des effluents d'une part et l'intensité des précipitations d'autre part. L'évolution de ces paramètres après l'épuration marque une chute

des valeurs et ne dépassent pas les normes. Les valeurs de PO₄ occasionnées et qui dépassent les 02 mg/l indiquent une eau polluée selon les normes Algériennes.

On a prélevé les eaux d'Oued el-Gourzi en deux points : - Point 1(dans l'Oued avant la STEP) - Point 2(dans l'oued après la STEP), dans la date : 22/04/2013 et on fait l'analysé dans le laboratoire de la STEP de Batna.

Les paramètres	Point 1(dans l'Oued avant la STEP)	Point 2(dans l'oued après la STEP)	Les normes
PH	7,55	7,46	6,5-8,5
MES(en mg/l)	339	194	35-40
DCO(en mg/l)	898	594	120-130
DBO5(en mg/l)	216	160	35-40
NO3(en mg/l)	0,08	0,03	-
NH4(en mg/l)	44,5	36,5	-
PO4(en mg/l)	4,52	3,16	-

Tableau 2. Les résultats d'analyses du l'eau de l'Oued avant et après la STEP

On remarque de ce tableau les paramètres qui composée l'eau de l'oued est dépassé les normes donc l'eau est polluée, dans cela on conclut, l'eau qui utilisée dans l'agricole contamine d'une part l'environnement notamment la plaine d'el Madher et Fisdis et d'autre part la santé publique.

Après les résultats d'analyses, on a conclu que certains éléments présents dans les eaux usées qui dépassent les normes et qui utilisation ont une mauvaise qualité peuvent présenter des risques pour la santé et l'environnement, et posent des problèmes d'ordre technique.

Les eaux d'Oued el Gourzi qui contiennent des matières en suspension (MES), de DBO, de nutriments (N et P), de divers réactifs toxiques, de bactéries fécales et autres germes pathogènes sont utilisées illicitement dans l'irrigation non seulement pour les cultures fourragères, mais aussi pour les cultures maraîchères par les agriculteurs placés le long de sa rive, notamment proximité d'Oued dans la plaine de Fisdis et el Madher.

Ces eaux d'Oued à des répercussions sur la santé publique ; utilisation en irrigation pour les agriculteurs (FISDIS) et influent sur l'eau souterraines (la plaine d'EL-MADHER qui alimentent la ville de Batna en eaux potable).

Les problèmes de santé humaine liés à l'expansion des villes dans les pays sont nombreux. Il s'agit de maladies contagieuses, d'infections bactériennes, de contamination de l'eau potable et de problèmes de réutilisation des eaux usées.

En effet, les maladies à transmission hydrique (surtout le choléra, la fièvre typhoïde, les dysenteries, hépatite, virale « A »,..) sont en termes de morbidité les premières maladies à déclaration obligatoire notifiées au ministère de la santé.

Dans la ville de Batna ces maladies restent très répandues surtout la fièvre typhoïde qui constitue encore une menace dans de nombreux quartiers de la ville.

La dégradation de l'hygiène du milieu, l'explosion démographique, urbanisation anarchique, vétusté des réseaux, ont favorisé depuis des années des foyers épidémiques des M T H en particulier de la fièvre typhoïde, à travers les quartiers suivants : Bouakal, Douar Diss, Terrain Zéddam, Z'mala, Bouzourane, Parc à Fourrage, Centre ville, Kchida, Cité Million, Allées Benboulaid, Allées Salah Nezar.

Quartier	Nombre de cas	Année	Quartier	Nombre de cas	Année
Bouakal et Douar diss	14	1999	5 Juillet	02	2006
Bouakal	89	2000	Par à fourrage	01	2007
Bouakal, Bouzourane, Parc à fourrage	16	2001	Bouakal et K'chida	02	2008
Bouakal et Douar Diss	15	2002	Cité chikhi	23	2009

Z'mala, Bouakal, Terrain Zéddam	178	2004	Bouakal	01	2011
Centre ville (Allée Ben Boulaid)	65	2005	/	/	/

Tableau 3. Les quartiers les plus touchés par la fièvre typhoïde durant la période 1999-2011 .

L'analyse du tableau N°3. Montre que le secteur Bouakal, Terrain Zeddam, Douar Diss sont des zone à haut risque, car les foyers épidémiques surviennent chaque année.

Les maladies associées à l'eau ne sont pas liées uniquement à la présence de germes pathogènes dans l'eau, mais aussi à plusieurs substances chimiques présentées dans l'eau de boisson, la présence de certains éléments en excès dans l'eau potable peut conduire à des conséquences sanitaires plus graves.

Après l'analyse des paramètres de la qualité de l'eau usée et la situation de réseau d'assainissement, on peut proposer quelques aménagements pour améliorer la gestion des eaux usées dans la ville de Batna et minimiser le risque de contamination.

Dans la ville de Batna, on propose des canaux (voir la carte N°2) dans la zone industriel et les quartiers qui n'est pas relie par le réseau d'assainissement qui évacue les eaux usées vers la STEP

On propose une station de relevage et deux STEP dans la ville de Batna pour diminuer le débit (voir la carte N°2) ainsi l'utilisation de la méthode de lagunage, qui est une technique d'épuration de création récente

Selon la STEP, il y a un projet de l'extension de la station, par ce que le débit entrée est dépassé de la capacité du STEP.

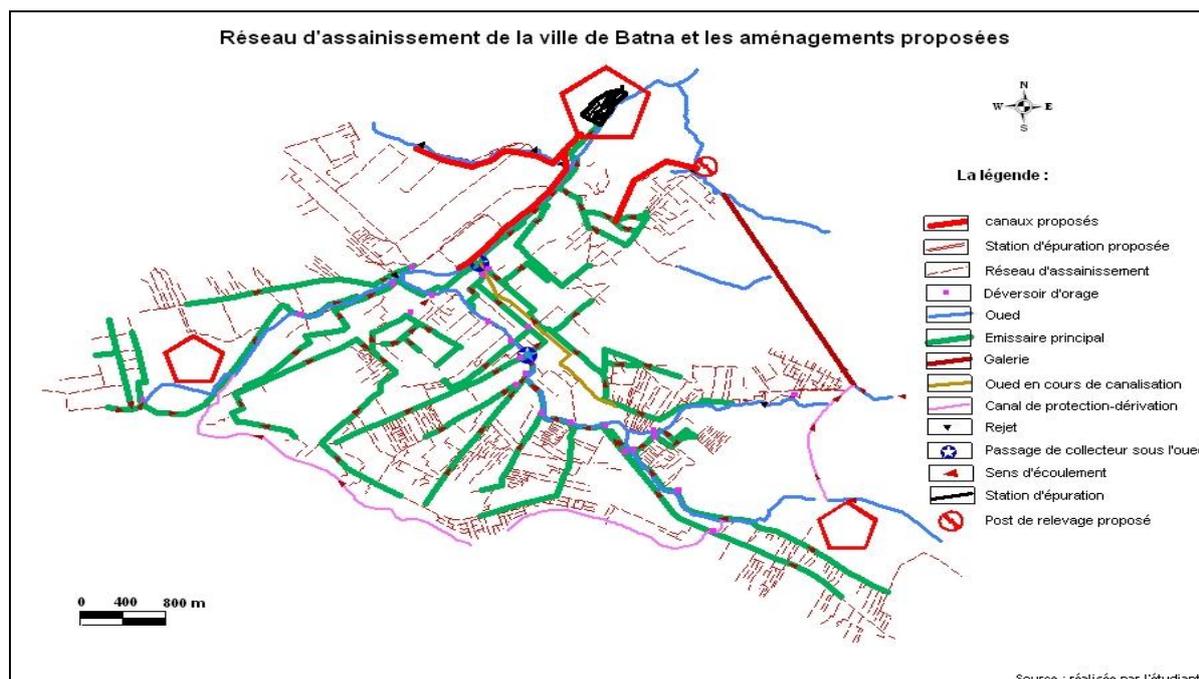


Figure 2. Carte de réseau d'assainissement de la ville de Batna et les aménagements

CONCLUSION

La mauvaise gestion des eaux usées crée des problèmes qui provoquent des conséquences dramatiques sur l'environnement comme le risque de remonter des eaux usées vers le haut à cause de l'absence des tampons des regards et la casse des conduites ou bien le mélange entre les eaux usées et les eaux potables à cause de la vétusté des conduites et les branchements

illicites, ces facteurs peuvent provoquer des cross-connexion, ces derniers les causes principales de l'écllosion des foyers des MTH.

Dans ce sens il faut soutenir l'utilisation des eaux usées traitées qui peuvent compenser la rareté des ressources en eau, et leur mobilisation à l'usage agricole, et permet de consacrer les eaux de meilleure qualité aux consommations domestiques. Donc beaucoup d'efforts sont encore à faire dans ce sens pour obtenir l'adhésion des usagers de la ville de Batna à l'utilisation des eaux usées traitées.

Pour minimiser cette perturbation, d'autres solutions sont complémentaires si non efficaces et rentables ; l'utilisation des techniques de lagunage qui est une technique simple, peu coûteuse et efficace lorsqu'elle est bien conduite et on utilise les médias et les autres moyens de communication pour informer les populations et sensibiliser pour éviter tout risque de pollution.

Références bibliographiques :

- AMELLAL T (2007). *Impacts des rejets de la tannerie mégisserie méga de Batna sur oued el gourzi*, thèse magister. Université 20 Août 55 Skikda. 138 p.
- BAAZIZ. N. (2008). *Etude sur la qualité d'eau potable et risques potentiels sur la santé, cas de la ville de Batna*, thèse magister. Université Hadj Lakhdar Batna. 154 p.
- BELAID. N. (2010). *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb -Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*, thèse doctorat. Université de Sfax.
- BENDIB A., BOUTENNOUNE N. (2009). *Problème d'assainissement et risques environnementaux dans la ville de Batna -cas quartier de parc a Fourrage-*, Université Hadj Lakhdar Batna.189 p.
- BRIGITTE V. (2008). *Le guide de l'eau domestique*, édition Eyrolles, France. 129 p.
- BOOURRIER.R, SATIN.M ET SELMI.B. (2010). *Guide technique de l'assainissement*, 4^{ème} édition Le moniteur, France. 774 p.
- BOUGUESSA. A. (2009). *L'impact des eaux usées et l'effet de la salinité sur le bassin versant d'oued el Kebir (Tébessa)*, Université Hadj Lakhdar Batna. 150 p.
- BOUZIANI. M (2000). *L'eau de la pénurie aux maladies*, édition Ibn-Khaldoun.
- La STation d'EPuration des eaux usées (STEP). (2012). *Bulletin d'analyse physico-chimique de la de Batna*. Wilaya de Batna.
- KARAALI. R., KHETTAL M et REGGAM. R (2009). *Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées avant et après épuration : cas de la station d'épuration de la ville de Guelma (Nord-est Algérien)*, Université 08 mai 1945 de Guelma 210 p.
- VILAGINES R.(2003). *Eau, Environnement et la sante publique*. 2^{ème} édition Lavoisier, 198 p.

LES INDICES DE DESERTISATION DANS LE NORD-OUEST ALGERIEN (CAS DE LA FORET DOMANIALE DE BISSA)

Fatima BELHACINI¹, Djamel ANTEUR² & Mohammed BOUAZZA³

1 :Université Hassiba Benbouali Chlef 2 :Université Moulay Thar Saida

3 :Université Abou Baker Belkaid Tlemcen

Laboratoire de recherche Ecologie et gestion des écosystèmes naturels eco_vert7@yahoo.fr

RESUME : La forêt est concédée comme un élément important d'écosystème naturel. Elle subit actuellement et à l'échelle mondiale de dégradation intense et une érosion de la phytodiversité.

L'interaction entre la forêt, l'homme et son élevage atteint un stade très avancé où toute modification irréfléchie de ces relations a des conséquences néfastes sur les milieux naturels fragilisés par son utilisation intensive et anarchique.

Dans ce travail et dans la forêt de Bissa qui est située au nord-est de la wilaya de Chlef , nous avons pu réaliser 90 relevés à l'aide de la méthode dite Zurico- Montpellierienne de Braun-Blanquet 1951, sur un nombre totale de 147 taxons inventoriées en a signalé des espèces indicatrices de dégradation (*Calycotome intermedia* - *Chamaerops humilis*...) et on a aussi signalé l'envahissement de *stipa tenacissima* dite alfa forestière fait preuve d'un changement climatique vers l'aride.

Les paramètres biologiques, particulièrement les perturbations anthropiques fragmentent le paysage avec une forte incidence sur le statut biologique des espèces, les forêts clairsemées se rapportent au matorral et se rencontrent aux étages semi arides et recouvre de vastes étendues.

Mots clés : Phytodiversité –Dynamique –Forêt de Bissa-Dégradation -Semi-aride.

MEANS IN NORTHWESTERN ALGERIAN INDICES (CASE OF THE FOREST OF BISSA)

ABSTRACT: The forest is granted as an important component of natural ecosystem. It is experiencing now and in world-wide intense degradation and erosion of the State.

The interaction between the forest, man and his livestock reached a very advanced stage where any careless modification of these relationships has negative consequences on the natural environment weakened by his intensive and uncontrolled use.

In this work and in the forest of Bhatt which is located to the northeast of the wilaya of Chlef, we were able to achieve 90 surveys using the method known as Zurico - Braun - Blanquet Montpellierienne 1951, on a total of 147 taxa inventoried number reported degradation indicator species (*Calycotome intermedia* - *Chamaerops humilis*...) and the invasion of *stipa tenacissima* so-called alfa forest is evidence of climate change was also reported to the arid.

Biological parameters, particularly human disturbance fragment the landscape with a strong impact on the biological status of the species, the forests refer to the matorral and meet at the floor semi-arid and covers large areas.

Keywords: Phytodiversity-Dynamics-Bissa-Degradation-forestsemi-arid.

INTRODUCTION

En Algérie, la dégradation de la forêt et la réduction des surfaces boisées ont persisté jusqu'à nos jours, cette réduction est le résultat de l'action de l'homme et de l'animal.

La forêt de Bissa n'a pas échappé à ce phénomène, l'accroissement progressif de la population et de son cheptel a créé un besoin qui augmente la destruction du tapis végétal.

Cette dernière est entourée par des villages comme Douar El Ftaimia et El Kharouba et la communauté de Temezguida où la vie traditionnelle est basée sur l'agriculture montagnarde et l'élevage en plus cet écosystème reste la seule ressource pour les habitants de ces villages (le bois de chauffage et plantes médicinales).

1. Description de la zone d'étude

La forêt de Bissa se situe à 45 Km de Nord-Est de la wilaya de chlef et à 10 Km et à 26 Km de chef-lieu de commune de Beni Hawa, elle s'étend sur une superficie de 1487 ha .

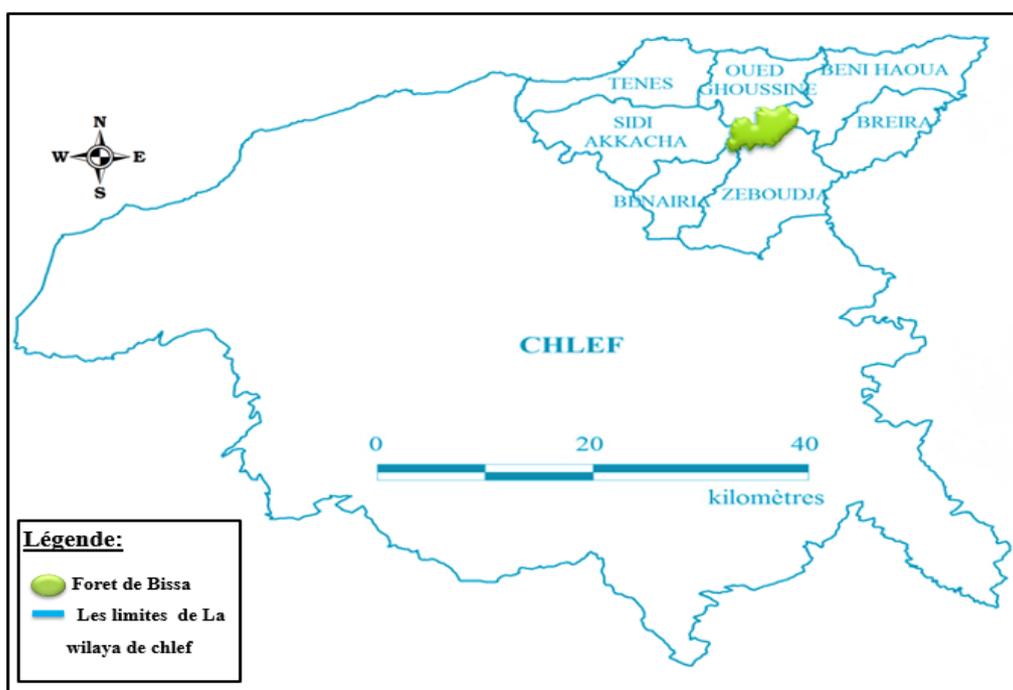


Figure 1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude.

2. MATERIEL ET METHODES

Les caractéristiques floristiques et écologiques de la végétation sur le terrain, se fait essentiellement à l'aide de la méthode des relevés phytocéologiques de (Braun Blanquet, 1951).

la méthode d'étude dans la forêt de Bissa suit les étapes suivantes :

*Récolte des données et échantillonnage.

*Caractérisation du cortège

Avant de commencer nos sorties de terrain, nous avons réalisé une sortie de prospection pour avoir une idée sur la végétation, nous nous sommes également basé sur des suggestions des forestiers de la zone.

Pour l'identification des espèces, nous avons basés sur la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale (Quezel et Santa, 1962- 1963) et la flore d'Afrique du Nord (Maire, 1971).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

2. La Phytodiversité

D'après une analyse et une identification du cortège floristique dans la forêt de bissa, la flore étudiées est représentée par 147 espèces végétale, regroupées en 53 familles et 123 genres.

les répartitions des familles dans la zone d'étude est hétérogène, les familles les mieux représentées sur le plan générique et spécifique sont : les Astéracées (18 espèces), les Fabacées (18 espèces), les lamiacées (10 espèces), les Liliacées (6 espèces), les Poacées, Caryophyllacées, Rubiacées et Géraniacées (5 espèces chacune), les Euphorbiacées, Renonculacées et les Rosacées (4 espèces chacune), les Apiacées, Cistacées, Crassulacées, Fagacées, Oléacées, Orchidacées, Plantaginacées portent le même nombre d'espèces (3 espèces pour chacune), Brassicales, Caprifoliacées, Linacées, Ericacée, Malvacées, Pinacées, Primulacées présentent 2 espèces pour chacune.

Pour les 27 familles restant comme : Hypéricacées, Fumariacées, Dioscoracées, Dipsacacées, sont généralement mono génériques et parfois même mono spécifiques.

2.1. L'indice de perturbation

L'indice de perturbation est calculé selon (Loisel et Gamila, 1993), il nous a permis de quantifier la thérophytisation d'un milieu.

$$IP = \frac{\text{Nombre de chamaephytes} + \text{Nombre de thérophytes}}{\text{Nombre total des espèces}}$$

l'indice de perturbation étant de l'ordre de 42% pour toute la zone d'étude, l'action anthropique, les incendies, le pâturage, le défrichement et le tourisme tous ces derniers engendrent une évolution régressive du tapis végétal de la zone d'étude.

3. Causes de dégradations

La dégradation du tapis végétale résulte principalement à l'action de l'homme et de ses troupeaux, cette dégradation confirme bien l'homogénéité de quelques espèces vivaces pérennes permis ces espèce : *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Calycotome intermedia*, *Erica arborea*, *Cistus monspeliensis*, *Ampelodesma mauritanicum*, *Genista tricuspidata*, *Daphne gnidium*.

Pour prendre uniquement les manifestations les plus spectaculaires de la dégradation du patrimoine forestier dans la zone d'étude, il faut savoir :

- * Les incendies
- * Pâturage et surpâturage
- * Le défrichement
- * L'érosion

3.1. Les incendie

Selon (Ramade, 2008), l'incendie de forêts représente la cause majeure de destruction des Forêts méditerranéennes, dont on estimait au cours des années 1990 que 400 000 ha par an étaient en moyenne détruits par les flammes.

Les incendies constituent une menace permanente pour l'écosystème forestier de Bissa. Ils représentent une importante cause de destruction des formations végétales climaciques délictuelles, ainsi que les formations ligneuses dégradées.

Dans notre région d'étude, les incendies sont très fréquentes (Tableau 1) Entre les années 2004-2013, faire disparaître 256,68.ha de la surface forestière

Tableau 1 : Répartition des superficies incendiées pour la zone d'étude (Période 2004-2013).

Canton	Superficies parcourue
Ain lemcen	14,50 ha
Sidi yahia	57,02 ha
Hab El Melouk	16,20 ha
Oued Rihane	69,96 ha
Ain Laaoued	27 ha
Sidi M'hamed	0,5 ha
Tizarouine	31 ha

L'analyse des données obtenus montre que Les cantons les plus menacés et qui enregistrent des incendies fréquents sont les cantons de oued El Rihane (69,96 ha), Sidi Yahia (57,02ha), Tizarouine (31 ha), Ain Laaoued (27 ha).



Figure 2 : l'incendie dans la forêt

3.2. Pâturage et surpâturage

Le pâturage est une activité normale en forêt, parfois souhaitée, car le bétail participe au contrôle de la prolifération des strates arbustives et herbacées, hautement inflammable. Dans la forêt de Bissa, les riverains conduisent leurs troupeaux à la forêt dans toute l'année qui cause une dégradation des végétaux et surtout sur les zones de régénération ou elle est très sensible au pâturage.

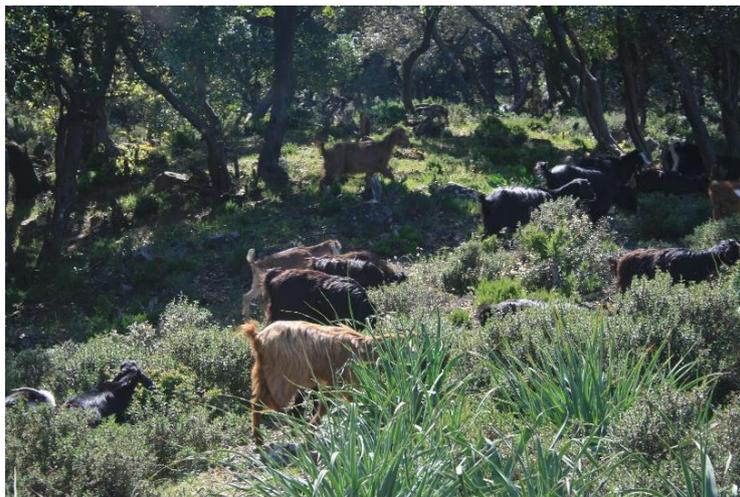


Figure 3: le pâturage au niveau du foret

3.3. Défrichement

Les mauvaises pratiques agricoles, comme le défrichement et l'exploitation irrationnelle du bois sont autant des causes de la réduction des ressources biologiques, dont la dégradation des habitats en constitue la plus importante.

Les coupes de bois pour des fins domestiques (chauffage) et commerciales (charbonnage et construction).



Figure 4 : le défrichement au niveau de la forêt

Le défrichement de la végétation naturelle pour des utilisations agricoles, le prélèvement des plantes médicinales aromatiques conduisent à long terme à la dégradation de l'écosystème forestier.

3.4. L'érosion

L'érosion des sols par la pluie et le ruissellement est un phénomène largement répandu dans les différents pays de la méditerranée, et qui continue à prendre des proportions considérables en particuliers sur les pentes à cause de la nature torrentielle des pluies, de la forte vulnérabilité des terrains (roches tendres, sols fragiles, pentes raides, et couvert végétale souvent dégradé), du surpâturage et de l'impact défavorable des activités humaines, déforestation, incendies, mauvaise conduite des travaux agricoles et urbanisme.

CONCLUSION

Le paysage végétal actuel, est le résultat de l'utilisation et de l'exploitation anarchique et irréfléchie de toutes les surfaces boisées (installation des cultures, développement du nomadisme pastoral.).

Le patrimoine forestier de Bissa est caractérisé par une hétérogénéité floristique et synatmosphérique qui est liée à la conjugaison des facteurs écologiques (pression anthropique, contraintes climatique).

L'équilibre des écosystèmes naturels a été fortement perturbé au cours des récentes décennies dans la plupart des régions sous l'effet de la modification des systèmes d'exploitation du milieu liée à la transformation des conditions socioéconomiques et à l'évolution des techniques de production.

Les exploitations anarchiques ont altéré dangereusement la composition des peuplements. Les incendies, les coupes à blanc, le pâturage excessif, le défrichement ont des effets néfastes sur les formations forestières.

Seules des mesures d'urgence visant la protection et la conservation de ce patrimoine permettront d'endiguer l'irréversible dégradation de ces formations et d'assurer alors leur pérennisation.

Références bibliographiques

1. Braun-Blanquet J.; 1951 Les groupements végétaux de la France Méditerranéenne. C.N.R.S. Paris. P 297.
2. Quezel P. et Santa S., 1962-1963 -Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CRNS, Paris (FR), Tome I : 1-565, Tome II : 566-1170.
3. Maire R., 1957. Flore de l'Afrique du Nord. vol4. Le chevalier édit., paris, p196-197.
4. Loisel R. et Gamila H., 1993 - Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et pré-forestier par un indice de perturbation. Ann. Soc. Sci. Nat. Archéol. De Toulon du var. pp : 123-132.
5. Ramade F., 2008. Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature de la biodiversité. Ed. Dunod, Paris, 304p

MISE EN PLACE D'UN SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUE POUR L'AIDE A LA GESTION D'UNE CARRIERE DE POUZZOLANE A LA COMMUNE RURALE DE TIMAHDITE (MOYEN ATLAS)

Zouhair. ATTIMA^{1,2}, Farid. BAKADI¹, Khaoula. QARQORI¹ et Sabah. JBARI²

¹Équipe « Géoexplorations et Géotechniques », Département de Géologie, Faculté des Sciences, UMI, Meknès. zouhair-attima@hotmail.com ,

² SHIZO Environnement, 32. Rue des eaux et forêts Midelt.

RESUME : Le moyen Atlas, en particulier la région d'Azrou-Timahdite, se caractérise par un volcanisme mio-plio-quaternaire du Moyen Atlas Tabulaire, correspondant à des niveaux potentiels de matières premières utiles exploitables. Cette zone a fait donc l'objet des plusieurs études et prospections de ces niveaux afin de valoriser ces réserves, vu leur intérêt dans la politique nationale en termes de développement humain en appuyant sur le volet sociologique et économique. Ces travaux, ont abouti à une masse énorme de données multi-format et multi-sources (points côtés, courbes de niveau, géologie, hydrogéologie, hydrologie, cartes géologiques, topographiques, images satellitaires ...) nécessitant une bonne gestion. A cet égard, la mise en place d'un SIG est une nécessité primordiale afin de pouvoir fournir un plan côté permettant de voir la topographie actualisée du lieu d'exploitation, de calculer le volume journalier d'exploitation et de prendre des décisions avec un minimum de contraintes.

Mots-clés : SIG, Topographie, Exploitation, Carrière.

ESTABLISHMENT OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORT POUZZOLAN QUARRY MANAGEMENT IN RURAL TOWN OF TIMAHDITE (MIDDLE ATLAS)

ABSTRACT: The Middle Atlas, especially the "Azrou-Timahdite" region, is characterized by a mio-plio-Quaternary volcanism of Tabular Middle Atlas, corresponding to potential levels of useful raw materials. This area was the subject of several studies and surveys of these potential levels in order to develop their reserves, thanks of their interest in national policy in terms of human development based on the sociological and economic components. This work, allowed us to have a huge database of multi-format and multi-data sources (Triangulation points, contour lines, geology, hydrogeology, hydrology, geological maps, topographical maps, satellite images ...) that requires good management.

In this regard, the establishment of a GIS is a prime necessity in order to provide a side plan, to see the updating topography of the exploitation place, to calculate the exploitation daily volume and to make decisions with least constraints.

Keywords: GIS, Topography, Exploitation, Quarry.

INTRODUCTION

Les Systèmes d'Informations géographique (SIG) sont devenus très efficaces en tant qu'outils de stockage, de traitement, d'analyse rapide des données et d'aide en profit des décideurs et les planificateurs pour prendre des décisions fiables.

Le site de la carrière est implanté sur le territoire de la Commune Rurale de Timahdite, situé au niveau de la province d'Ifrane, à environ 16,6 Km au Nord de la ville de Timahdite et à environ 21 Km à l'Ouest de la ville de Guigou (Figure 1-A).

La formation à exploiter correspond aux roches volcaniques (de type pouzzolane), elle appartient au district « Azrou-Timahdite » qui est représenté par un volcanisme mio-plio-quadernaire du Moyen Atlas Tabulaire (Figure 1-B).

Les principaux critères ayant déterminés le choix du site du projet sont :

- Existence d'un marché ; en l'occurrence de l'agglomération d'Ifrane, Meknès et Fès ;
- Utilité des pouzzolanes dans plusieurs domaines, notamment la jardinerie, la fabrication des ciments, l'assainissement non collectif et au niveau des routes pour le dégel lors des périodes hivernales ;

Bien que l'objectif final de ce travail est le calcul du volume journalier à extraire de cette carrière, l'estimation des réserves nous a été indispensable pour valider cette étude.

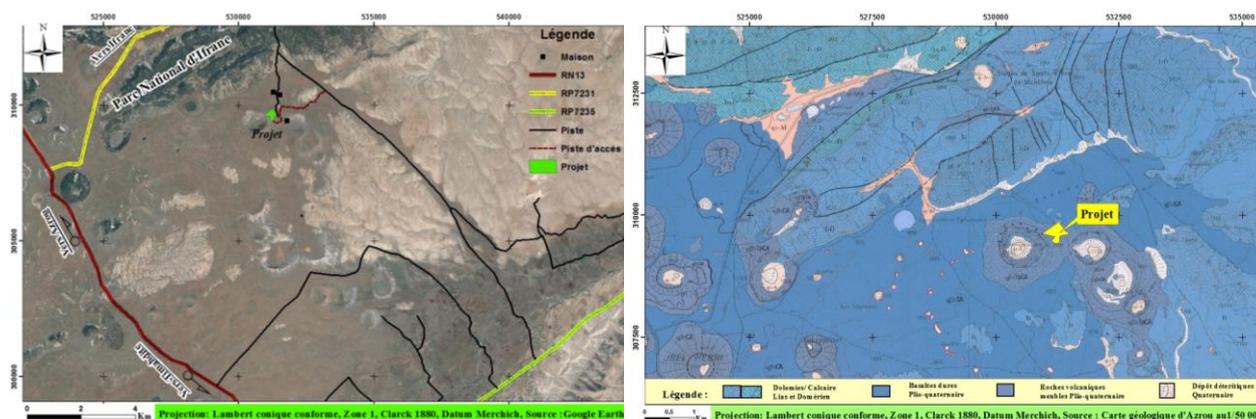


Figure 6 : Situation du projet sur un extrait d'image satellitaire (A) et carte géologique d'Azrou (B)

1. MÉTHODOLOGIE

A partir d'un plan coté numérique élaboré par un topographe agréé, les entités d'entrées sont les points cotés et les courbes de niveau. L'exploitation de ces entrées sous un logiciel SIG, permet d'obtenir l'état géomorphologique de la zone d'étude en détails. La puissance d'exploitation est définie comme étant la différence de hauteur entre la hauteur maximale et la hauteur minimale du plan coté (Fig. 2).

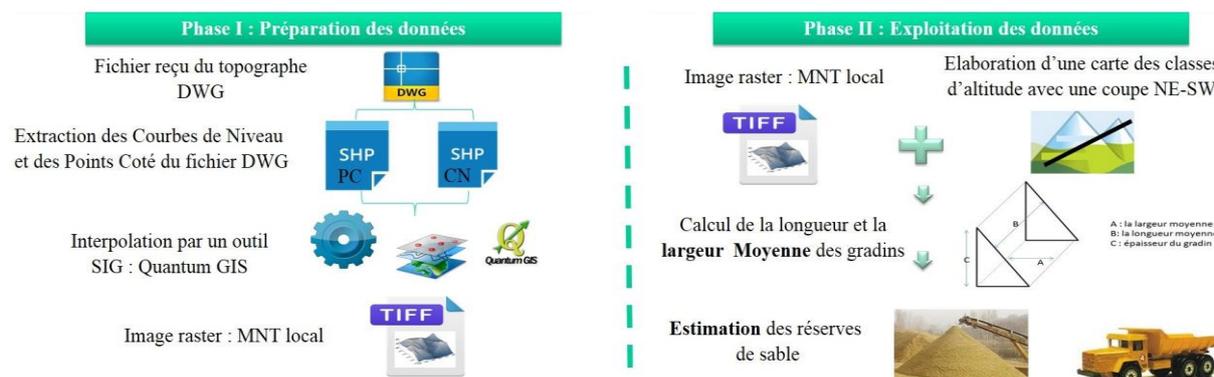


Figure 7: Schéma descriptive de la méthode d'exploitation de la carrière.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

L'exploitation des données spatiales citant le plan côté à permis d'obtenir les résultats suivants :

- L'exploitation se fera en suivant les courbes de niveau en 5 gradins descendants, ayants chacun une hauteur de 6 mètres. La direction de l'exploitation évoluera du Nord vers le Sud (figure 3, 4).
- Selon la méthode d'exploitation proposée, la capacité de production moyenne annuelle de la carrière est estimée à environ 60 000 m³/an. Soit une production journalière d'environ 300 m³ (200 j/an). Le Volume potentiel net exploitable en place est voisin de 2 360 160 m³ (figure 5 et Tableau 1). Ce volume a été évalué uniquement sur la base des documents suivants : le plan côté, les données géologiques et géomorphologiques du site.

Ensuite, il sera procédé à un talutage des talus afin d'obtenir un dénivelé inférieur à 15% au lieu d'un front abrupte droit. Cette technique sera suivie afin d'obtenir une configuration qui évite l'obtention des fronts dangereux (figure 6 et 7).

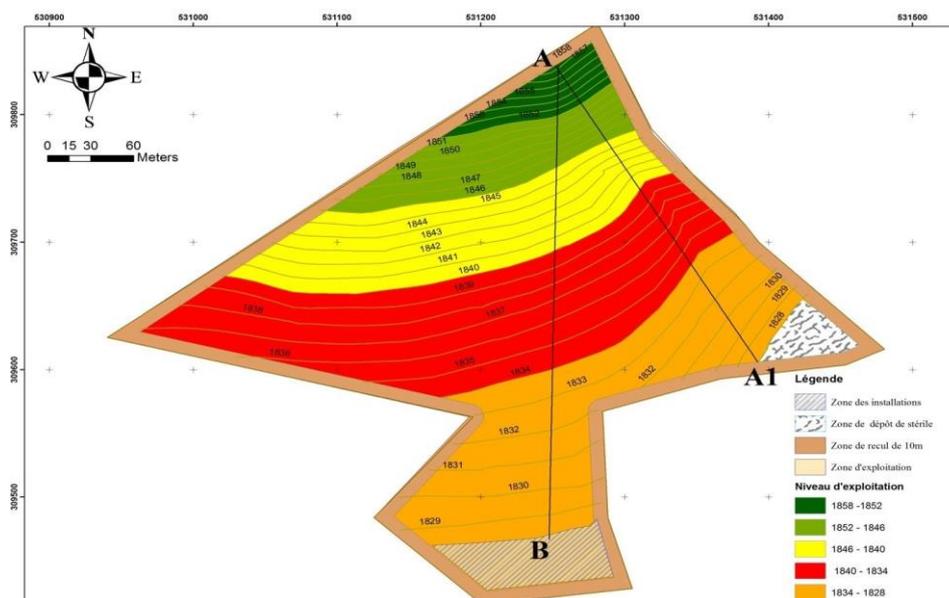


Figure 8 : Plan d'exploitation en gradins descendant (A).

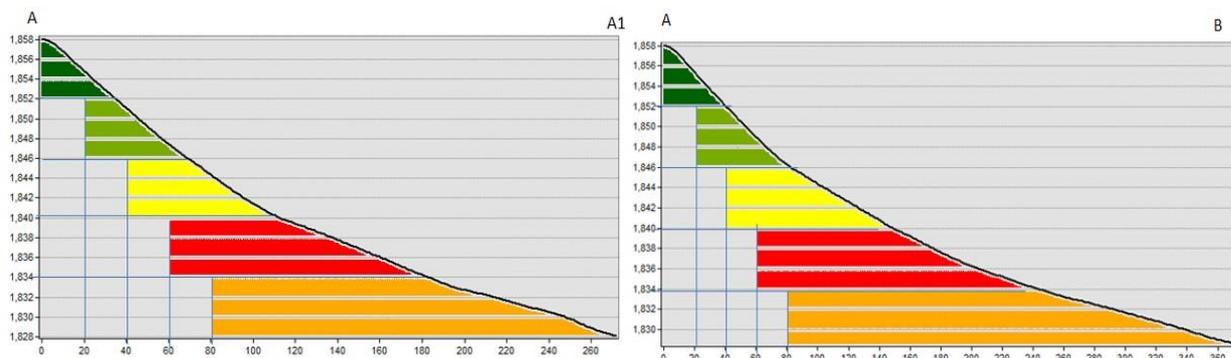


Figure 4 : Coupe longitudinale (AA1 et AB) de la carrière.

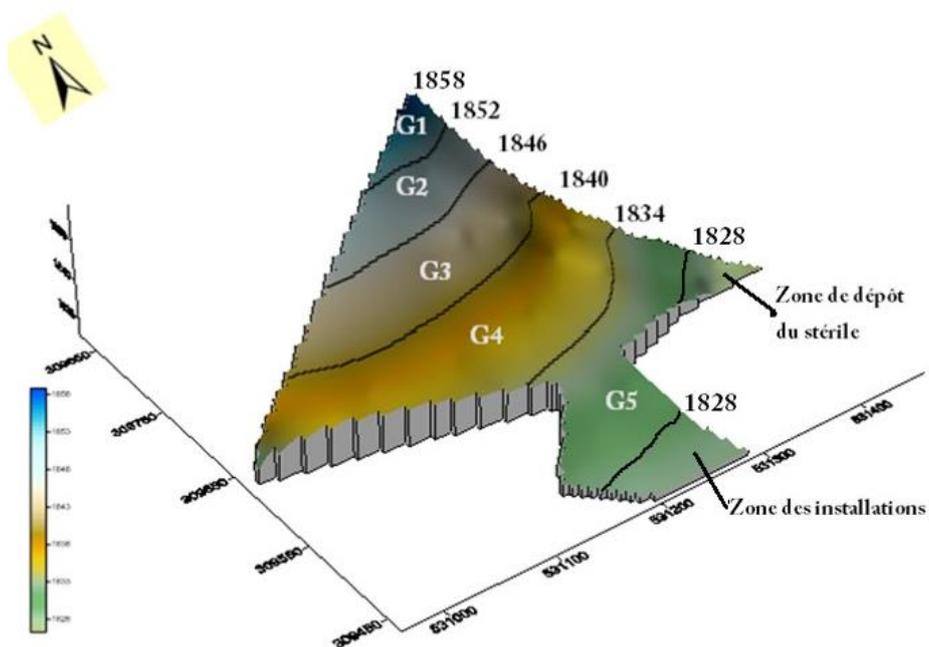


Figure 5 : Zone d'exploitation en gradins descendants en 3D.

Tableau 1 : Résultats du calcul des réserves de la carrière.

Résumé de calcul du volume d'exploitation	
Surface nette exploitable m ²	79 200
Surface de la carrière m ²	100 000
Volume total brut des réserves m ³	2 376 000
Volume de stérile en m ³	15 840
Volume total net des réserves m ³	2 360 160
Production annuelle m ³	60 000
Production journalière m ³	300

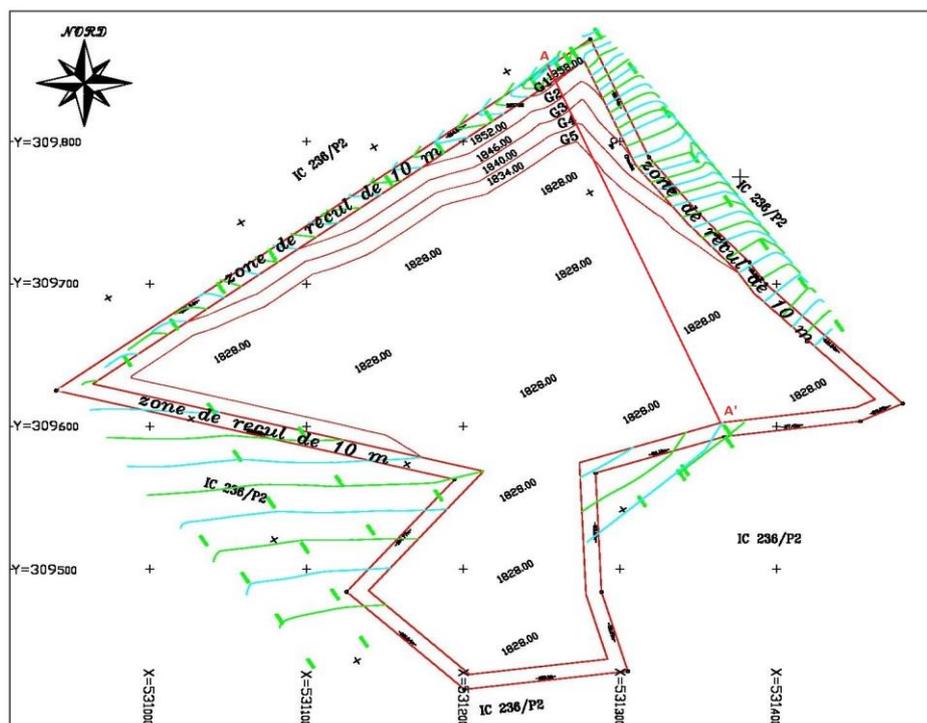


Figure 6 : Configuration de la carrière après l'exploitation.

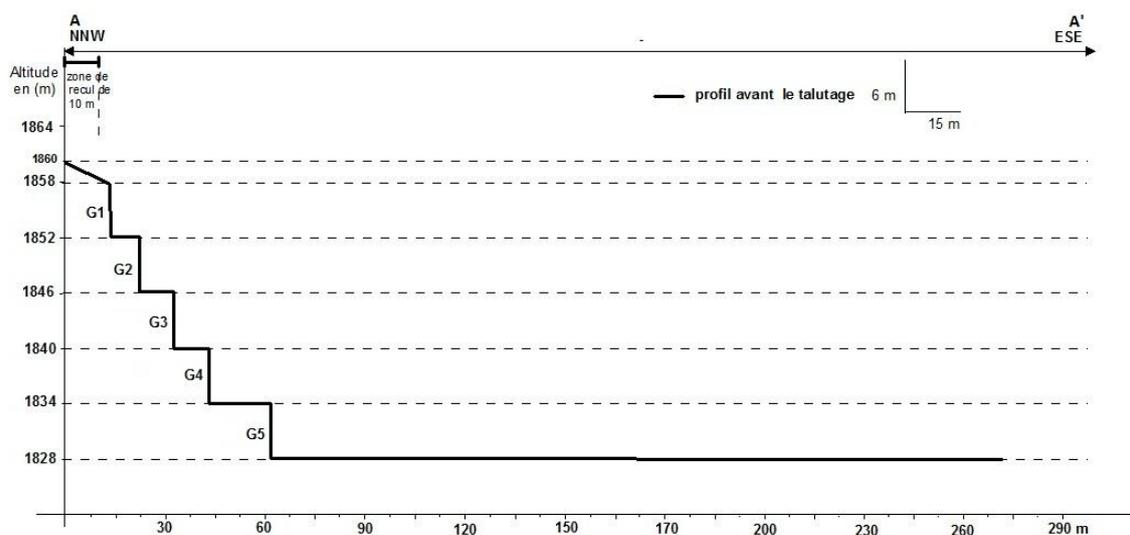


Figure 7 : Coupe longitudinale (AA') de la carrière après l'exploitation.

CONCLUSION

Les SIG ont joué un grand rôle dans la gestion de la base de données multi-sources de notre secteur d'étude, il a permis d'exploiter le modèle numérique de terrain et de manipuler les données de la 3^{ème} dimension notamment, le calcul des gradins qui ont présenté la phase clé pour l'estimation des réserves. Cette dernière a présenté l'outil majeur d'aide à la prise de décision pour les propriétaires des carrières. Ce qui est indispensable pour déterminer les moyens humains et logistiques à mobiliser pour bénéficier des ressources de la carrière dans un délai de temps très limité

Références bibliographiques

- AMRAOUI F., 2005. Contribution à la reconnaissance des aquifères karstiques, cas du lias de la plaine de Saïss et du Causse moyen atlasiques tabulaire (Maroc), Thèse de Doctorat D'état, Université Hassan II Ain Chock, Faculté des Sciences, Casablanca, 227p.
- BENTAYEB A., LECLERC C., 1977. Le Causse Moyen Atlasique. Ressources en eau du Maroc. Tome 3 : domaines atlasiques et sud atlasiques. Notes et Mémoires du service géologique N° 231. p 37 à 66.
- CHAMYOU J., COMBE M., GENTIER B., LECLERC C., 1975. Le bassin de Meknès-Fès, Ressources en eau du Maroc, Tome 2, plaines et bassins du Maroc atlantique, Notes et Mémoires du service géologique, Rabat, Maroc, p41 à 71.
- CHOUBERT G., FAUVE-MURET A., 1962. Évolution du domaine atlasique marocain depuis les Temps paléozoïques. In : livre mémoire P. FALLOT, Mém. h. ser. soc. géol. france, 1, 447-527.
- COLO G., 1961. Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen Atlas septentrional. Notes et Mémoires du service géologique du Maroc, n° 139, 226 p.
- EL AZZOUZI M., MAURY R. C., BELLON H., YOUNI N., COTTEN J. et KHARBOUCH F. Petrology and K-Ar chronology of the Neogene-Quaternary Middle Atlasbasaltic province, Morocco. Bull. Soc. géol. Fr., 2010, t. 181, no 3, pp. 243-257.
- FASSI D., 1999. Les formations superficielles du Sais de Fès et de Meknès. Notes et Mémoires du service géologique N°389. 527 p.
- HARMAND, C. ET CANTAGREL, J.-M. (1984).- Le volcanisme alcalin tertiaire et quaternaire du Moyen atlas (Maroc): chronologie K/Ar et cadre géodynamique.- J. Afric. EarthSci., 2 : 51-55.
- KAOUKAYA A., 1987. La plateforme carbonatée liasique de la bordure septentrionale du Maroc central (région de l'oued Beht, El Kansera, Agouraï, El Hajeb). Etude sédimentologique et diagénétique. Thèse de 3ème cycle, Univ. Pau, Ronéot, 207p.
- KH.QARQORI, M. Rouai and C. Lecarlier de Veslaud, 2014. GOCAD 3D geological modelling of karstic subsurface reservoir using Electrical Resistivity Tomography data. The Second International Congress on Remote Sensing and GIS in the Service of territorial Governance, June 25-27, 2014, Casablanca, Morocco.
- KH. QARQORI, 2015. Contribution à l'étude du réservoir discontinu et karstique des Causses moyen-atlasiques et de sa jonction avec le bassin de Saïss par Télédétection Spatiale et imagerie géophysique. Thèse de l'Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.
- LAADILA M., 1996. Stades de l'évolution de la plate-forme carbonatée liasique du moyen Atlas (Maroc). Thèse de doctorat d'état Es-sciences. Univ Mohamed V, Rabat.
- MARTIN J., 1981. Le Moyen Atlas central : étude Géomorphologique. Notes et Mémoires du Service géologique N° 258 bis. 445p.
- MOUKADIRI A. (1983)- Les enclaves ultrabasiques associées aux basaltes alcalins dans le district volcanique d'Azrou Timahdite (Moyen Atlas, Maroc). - Thèse 3e cycle, Clermont-Ferrand II, 150 p.
- Z. ATTIMA, H. AMAR, S. JBARI, A. BADI, A. DEKAYER, A. ESAHLAOUI, Novembre 2014. Estimation des réserves d'une carrière de sable dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement, cas : carrière de sable a Rimal Ismailia-Meknès- Maroc. Le 2ème Colloque Internationale des Utilisateurs des SIG (MEKNES GIS Users).

LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE FKIRINA -WILAYA D'OUUM EL BOUAGHI- NE ALGERIE

Miyada OUANES, Sara HASSAD, Assia GHOJMIS, Ahlem DJOGLHAL, Belgacem HOUHA

Université Abbes laghror Khenchela, Faculté des sciences de la nature et de la vie. Département d'écologie et environnement Rue Oum El Bouaghi – Elhamma Khenchela 40000 Algérie.

E-mail : ecologieouannes@gmail.com

RESUME L'étude est réalisée dans la région de F'kirina qui est alimentée essentiellement par les eaux souterraines exploitées par plusieurs forages. L'étude hydro chimique, nous a permis de mettre en évidence les paramètres physico-chimiques ayant une influence directe sur la qualité des eaux ; ces paramètres sont liés aux systèmes aquifères existant ou à l'influence de la géologie. La minéralisation des eaux de la région est importante, les faibles valeurs se localisent près des massifs calcaires et les fortes valeurs nous les y trouvons en aval près du Garaet Et Tarf.

Nous avons fait des prélèvements d'échantillons sur 77 puits, sur lesquelles une étude biochimique a été réalisée au niveau d'ANRH où des modifications des teneurs de prélèvement ont été trouvées du moment que les concentrations de certains éléments chimiques dépassent les normes admissibles. L'évolution des éléments chimiques en fonction du temps fait ressortir que les eaux de la plaine seront classées en trois familles : famille chlorurée calcique; famille bicarbonatée calcique et famille sulfatée calcique. La mise en place de ces faciès est dus à la présence d'un remplissage formés par des dépôts calcaires (graviers et croûtes calcaires) et des dépôts salifères venant de l'érosion des formations carbonatées et gypsifères des massifs entourant la plaine ; sans oublier le facteur de lessivage du milieu qui est l'un des processus concentrateurs susceptibles de varier les faciès hydro chimique, selon les solubilités des sels mis en cause.

Mots clés : Bassin versant, Eau souterraines, paramètres physico-chimiques, pollution, F'kirina, Algérie.

المخلص

تم إجراء الدراسة في منطقة فكرينة التي يتم تزويدها أساسا بالمياه الجوفية المستغلة من عدة آبار. تسمح لنا الدراسة الهيدروكيميائية بتسليط الضوء على المعايير الفيزيوكيميائية التي لها تأثير مباشر على نوعية المياه، ترتبط هذه المعايير بشبكة المياه الجوفية المتواجدة أو بتأثير الجيولوجيا. تمعدن مياه المنطقة جد مهم، القيم الضعيفة تقع بالقرب من السلاسل الجيرية والقيم القوية نجدها في الأسفل بالقرب من قرعة الطرف.

قمنا بأخذ عينات نموذجية ل77 بئر، ومن ثمة القيام بدراسة بيوكيميائية على مستوى الوكالة الوطنية للموارد المائية. أبن تم العثور على تغيرات في قيم العينات حيث أن تركيزات بعض العناصر الكيميائية تجاوزت المعايير المقبولة. تطور العناصر الكيميائية بدلالة الوقت يظهر لنا بأن مياه السهل سيتم تصنيفها إلى ثلاثة عائلات: عائلة كلور والكالسيوم، عائلة بركونات الكالسيوم وعائلة سولفات الكالسيوم.

تشكل هذه المظاهر راجع إلى وجود امتلاء مكون بالتوضعات الجيرية (الحصى، القشور الجيرية) وتوضعات ملحية ناتجة عن انجراف المكونات الكربوناتيية والجبسية للسلاسل المحيطة بالسهل. دون نسيان عامل تطهير الوسط الذي يعد من إحدى الظواهر المركزة القادرة على تنويع المظاهر الهيدروكيميائية حسب ذوبان الأملاح المتسببة في ذلك.

الكلمات المفاتيح: مجمع المياه، المياه الجوفية، المعايير الفيزيوكيميائية، التلوث، فكرينة، الجزائر.

INTRODUCTION

L'eau représente la vie, dont on est sensé la protéger contre toutes formes de pollution pour assurer sa pérennité. L'eau représente à l'échelle de la planète un élément vital pour la subsistance de tout être vivant. C'est aussi un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique, depuis l'aube de l'humanité. Les dernières décennies sont caractérisées par une industrialisation galopante et par une sécheresse intense qui touche l'Algérie d'une manière générale. Cette situation rend le domaine de l'eau de plus en plus vital et les nappes aquifères de plus en plus vulnérables à la pollution.

La région d'étude (la plaine de F'kirina) se situe au Sud-est de la ville d'Oum El Bouaghi à l'Est Algérien. L'étude proposée a pour objet la connaissance des caractères géologiques, hydrologiques, climatique, avec une synthèse hydrochimique des ressources en eau de la région.

Dans la première partie, nous décrivons des généralités pour expliquer les eaux souterraines, suivi d'un aperçu géographique de la région de F'kirina. Dans d'autres chapitres Une étude du cadre géologique consistera à définir les formations aquifères. L'étude hydroclimatologique du bassin versant de F'kirina permettra d'évaluer les apports d'eau alimentant les aquifères. Dans la deuxième partie de ce travail, nous présentons l'étude hydrochimique qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux souterraines, de les comparer et de suivre l'évolution dans l'espace et dans le temps de ces faciès. Il sera également apprécié la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

1. LA DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La plaine de F'Kirina représente une partie des hautes plaines constantinoises, des monts du Mellegue, des monts des Harectas et de ceux de Nememchas; à 900 m d'altitude, elle s'étend sur une superficie de 650 km². Elle appartient au sous-bassin versant de Garaet Tarf. Le sous bassin versant de Garaet Tarf d'une superficie de 2430 km², appartient aux bassins versant des hautes plaines Constantinoise (9578 km² de superficie). Le climat de cette région est de type continental froid et pluvieux en hiver, chaud et sec en été, les périodes de printemps et d'automne sont courtes. En général, la plaine de F'kirina est caractérisé par une géologie complexe et qualifiée de grande tectonique. Les formations secondaires et tertiaires sont localisées à l'extrême Est, au Nord-Est et au Sud de la plaine, elle est recouverte par le Quaternaire (figure 1).



Figure 1 : situation de la zone d'étude

Le pH ou potentiel d'hydrogène, qui correspond au cologarithme décimal de l'activité des ions H⁺ présents dans l'eau, constitue une expression de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu qui sont évidemment une résultante de sa composition. Le pH est fortement influencé par la présence du gaz carbonique dissous (pCO₂) il est responsable de l'acidité du milieu aquatique quand il est dissous dans les eaux souterraines. Le pH doit être compris entre 6,5 et 9. Le PH mesuré dans le bassin de F'kirina varie entre 7.2 et 8.16. En générale les eaux de la plaine ont un caractère alcalin.

2.2.2. Les bicarbonates (HCO₃⁻)

Les bicarbonates, prennent naissance de l'équilibre physique-chimique entre roche, eau et gaz selon l'équation :



Les bicarbonates résultent de la dissolution des roches calcaires ou d'émanation du magma profond, l'apport atmosphérique de cet élément est négligeable. La concentration des bicarbonates dans l'eau est en fonction des paramètres suivants : Le PH de l'eau, la pression de CO₂, et La concentration de l'eau en sels et la nature géologique des terrains traversés.

L'examen de la carte de bicarbonates montre une diminution de teneurs au sens d'écoulement avec une moyenne de mesure de 247mg/l. les valeurs maximales est de 1061mg/l, celle minimale est de 116mg/l mesurée près des affleurements calcaires. L'accroissement de la teneur des bicarbonates juste à la sortie des calcaires maestrichtien est attribué à leur grande solubilité. En s'éloignant des affleurement, les eaux deviennent saturée et les carbonate précipitent et leur teneur diminue dans les eaux et se trouvent ainsi, contrôlés par la dissolution du calcium au nord-est du bassin

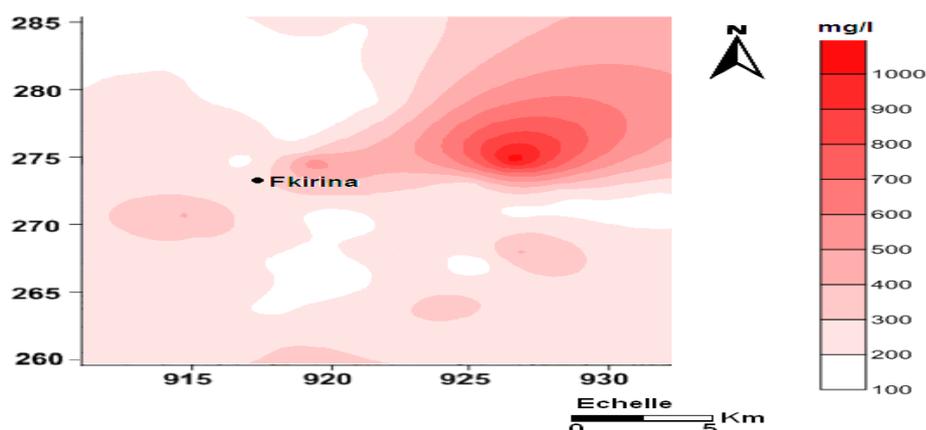


Figure 4 : carte de la distribution des teneurs en bicarbonate dans les eaux souterraines du bassin de F'kirina

2.2.3. Les sulfates (SO₄⁻²)

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses.

Les sulfates sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportions très variables, leur présence dans l'eau résulte :

De la légère solubilité du sulfate de calcium (CaSO₄) des roches gypseuses.

- De l'oxydation du sulfure de fer (pyrite.....).
- De la pollution des eaux et de l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et organiques.
- De l'oxydation des sulfates d'hydrogène et des oxydes de soufre émis dans l'atmosphère puis entraînés lors des précipitations.

La carte de sulfate montre un foyer de concentration très élevée à l'ouest de la plaine, avec une valeur maximale de 2660 mg/l dépassant de loin les normes de potabilité. La présence

d'inclusion gypsifère (CaSO₄, 2H₂O) et de roches salines évaporitiques (Na₂ SO₄) seraient responsables de l'augmentation de la teneur en sulfate. La faible teneur en sulfate est de l'ordre de 12 mg/l mesurée près des affleurements calcaires. La moyenne de mesure est de 285 mg/l.

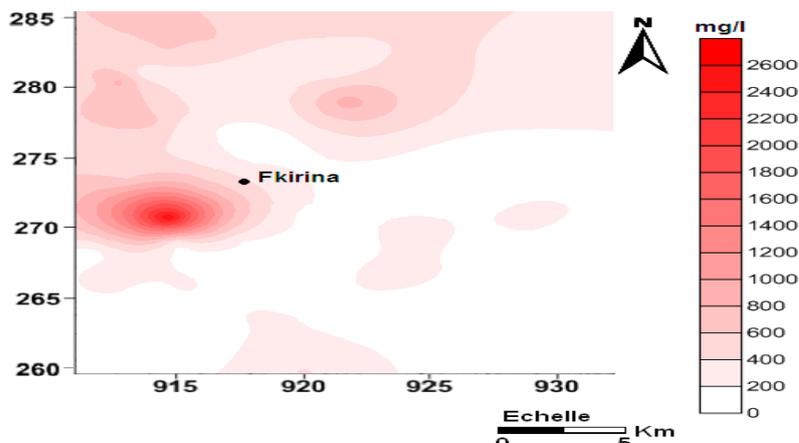


Figure 5 : carte de la distribution des teneurs en sulfate dans les eaux souterraines

2.2.4. Le calcium (Ca²⁺)

La présence des ions Ca²⁺ dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles: soit à la dissolution des formations carbonatées (CaCO₃), soit la dissolution des formations gypseuses (Ca SO₄).



Les résultats de mesure obtenus au laboratoire et la carte de calcium montrent que la plupart des points d'eau de la plaine présentent des teneurs en ions calcium élevées (valeur maximale est de 720 mg/l) avec des concentrations supérieures à la norme de potabilité des eaux (100 mg/l), à l'exception de quelques points où les concentrations sont plus faibles (valeur minimale est de 52 mg/l) et exactement les zones limitrophes à Garaet Et Tarf où l'écoulement des eaux souterraines est très faible (gradient hydraulique faible, les courbes isopièzes espacés), ce qui indique que ces eaux sont moins influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.

On assiste selon la répartition spatiale à une concentration dans le sens d'écoulement avec moyenne de mesure de 135 mg/l.

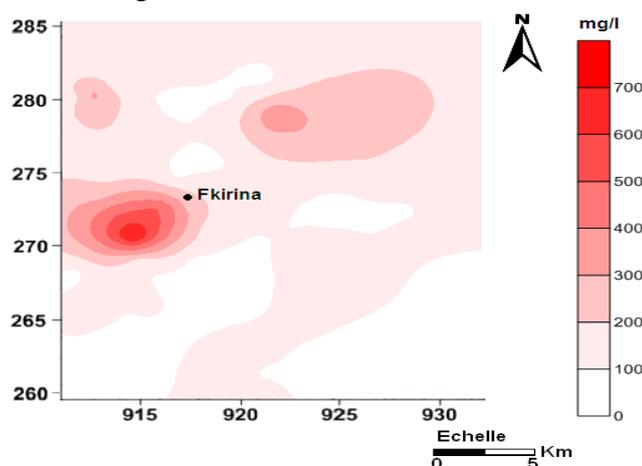
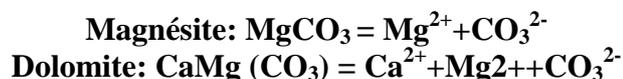


Figure 6 : carte de la distribution des teneurs en calcium dans les eaux souterraines

2.2.5. Carte de magnésium (Mg²⁺)

La dissolution de magnésium résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations dolomitiques.

Le magnésium provient aussi de la dissolution des sulfates de magnésium dans les terrains gypseux et de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).



La carte de la distribution des teneurs en magnésium montre que la teneur maximale est de 427 mg/l, la faible teneur est de 8 mg/l et la valeur moyenne de mesure est de 55 mg/l dépassant les normes de la potabilité.

A l'est de la plaine on peut attribuer les fortes teneurs en magnésium à la dissolution des dolomites.

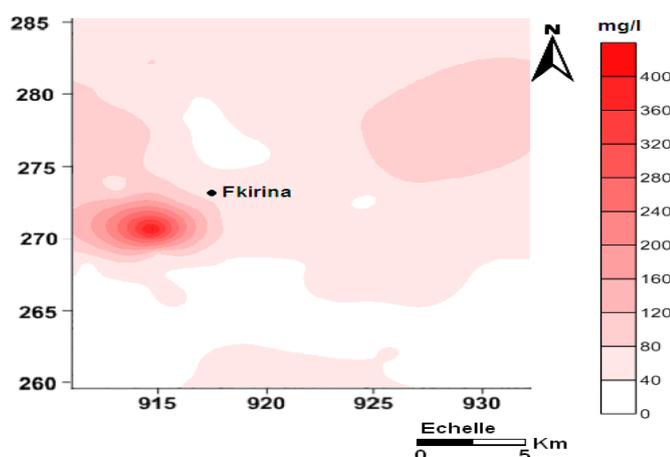


Figure 7 : carte de la distribution des teneurs en magnésium dans les eaux souterraines

CONCLUSION

L'étude hydrochimique, nous a permis de mettre en évidence les paramètres physico-chimiques ayant une influence directe sur la qualité des eaux ; ces paramètres sont liés aux systèmes aquifères existant ou à l'influence de la géologie.

La minéralisation des eaux de la région est importante, les faibles valeurs se localisent près des massifs calcaires et les fortes valeurs nous les y trouvons en aval près du Garaet Et Tarf.

Selon le diagramme de piper nous avons permis de classer les eaux en trois familles qui sont : La famille chlorurée calcique; famille bicarbonatée calcique; et famille sulfatée calcique. La mise en place de ces faciès est dus à la présence d'un remplissage formés par des dépôts calcaires (graviers et croûtes calcaires) et des dépôts salifères venant de l'érosion des formations carbonatées et gypsifères des massifs entourant la plaine ; sans oublier le facteur de lessivage du milieu qui est l'un des processus concentrateurs susceptibles de varier les faciès hydrochimique, selon les solubilités des sels mis en cause. La majorité des eaux de la plaine de F'kirina ont des teneurs supérieures aux normes Ces eaux sont très dures, ce qui entraîne des inconvénients de cuisson et pour la lessive. Ces eaux ayant de très fortes minéralisations et peuvent entraîner des risques de salinisation des sols.