Apport de l'hydro-géophysique et le SIG à l'étude des ressources en eaux dans la partie Nord côtière de bassin d'Essaouira-Maroc

Zakaria Ouzerbane, Abdessamad Najine, Tahar Aifa, Abdellah El Hmaidi, Ali Essahlaoui

▶ **To cite this version:**

Zakaria Ouzerbane, Abdessamad Najine, Tahar Aifa, Abdellah El Hmaidi, Ali Essahlaoui. Apport de l'hydro-géophysique et le SIG à l'étude des ressources en eaux dans la partie Nord côtière de bassin d'Essaouira-Maroc. Hassan Tabyaoui, Fatima El Hammichi & Abdel-Ali Chaouni (Eds.). Infrastructure des données spatiales et application des SIG. Colloque international des utilisateurs de SIG – Taza GIS Day, Presses Académiques Francophones, pp.300-306, 2014. insu-01154116

HAL Id: insu-01154116
https://insu.hal.science/insu-01154116

Submitted on 21 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Apport de l'hydro-géophysique et le SIG à l'étude des ressources en eaux dans la partie Nord côtière du bassin d'Essaouira-Maroc

OUZERBANE Z.[(1)], NAJINE A.[(2)], AIFA T.[(3)], EL HMAIDI A.[(1)], ESSAHLAOUI A.[(1)]
[(1)] Université Moulay Ismail Meknès, Maroc
[(2)] Université Sultan Moulay Slimane, Béni-Mellal Maroc
[(3)] Université de Rennes 2, France

Résumé.
La présente étude vise à étudier les possibilités offertes par les techniques d'investigation géophysiques hydrogéochimiques et du système d'information géographique pour mieux caractériser le système aquifère de la zone côtière du bassin d'Essaouira. Les données de tomographie électrique et les analyses hydrogéochimiques ont permis de comprendre la répartition spatiale des paramètres de qualité et en particulier les interactions du système aquifère avec le contexte géologique local et la proximité de l'océan atlantique.

Mots clés : Bassin d'Essaouira, méthodes géophysiques, hydrogéochimie, Conductivité électrique, SIG, Intrusion marine, salinité.

1- Introduction

L'approvisionnement régulier en eau constitue l'un des grands défis de l'humanité de ce millénaire. Au Maroc, la rareté de cette ressource n'est pas un concept exceptionnel. Elle découle des particularités du contexte géographique et climatique de la région. Dans les prochaines décennies, l'incertitude des fluctuations climatiques, la croissance démographique, l'augmentation des besoins socio-économiques et les risques de pollution exacerberont les problèmes de disponibilité de cette ressource en quantité et qualité. Ce qui accentuera la tension entre l'offre et la demande et laisse présager des situations extrêmes dans un horizon proche. De telles situations se reproduiront dans l'avenir et peut-être même plus fréquemment si on les rattache au phénomène de désertification qui affecte l'Ouest africain et à l'ampleur des changements climatiques à l'échelle planétaire.

De par sa situation géographique, le Maroc est soumis à des influences climatiques diverses variant du Nord au Sud sous l'effet de la latitude et de l'Ouest vers l'Est sous l'effet de la continentalité. Les précipitations sont caractérisées par une extrême irrégularité qui se manifeste au cours d'une

même année et d'une année à l'autre. Cette irrégularité est beaucoup plus marquée au Sud de la chaîne atlasique. L'analyse des informations pluviométriques disponibles depuis le début du siècle a montré que le Maroc a connu des excédents et des déficits pluviométriques qui s'équilibraient. Mais depuis les années quatre-vingt, cet équilibre a été rompu et l'on a assisté à un très fort déséquilibre entraînant une sécheresse très aiguë. Cette sécheresse, la plus importante enregistrée depuis un siècle a entraîné une baisse spectaculaire des ressources en eaux superficielles et souterraines, ainsi que la productivité agricole. C'est une sécheresse qualifiée de sévère en raison notamment :

- de sa quasi-généralité sur l'ensemble du territoire,
- d'un déficit des précipitations (pluie et neige) beaucoup plus prononcé sur les reliefs de l'axe atlasique et moyen-atlasique, qui sont les réservoirs de la plupart des écoulements superficiels et des alimentations de nappes, donc à l'origine des ressources en eau mobilisables,
- d'un taux de mobilisation des ressources à un niveau jamais atteint dans le passé, du fait de l'augmentation incessante des besoins en eau dans tous les secteurs.

Face à ces problèmes, il est nécessaire de mettre en place des mécanismes et des actions visant la reconnaissance, la préservation et la sauvegarde des ressources en eau.

2- Objectifs de l'étude :

La présente étude s'inscrira dans le contexte des études entamées dans la bassin d'Essaouira, elle permettra de préparer, confirmer ou compléter les orientations et les choix nécessaires à un développement harmonieux de la région en tenant compte dans la mesure du possible de tous les besoins et contraintes correspondantes. Elle vise à étudier les possibilités offertes par les systèmes d'information géographique, les techniques géophysiques, hydrogéochimiques, et de télédétection pour l'évaluation de la quantité et la qualité des potentialités hydriques du bassin d'Essaouira et également la mise en place d'un outil de gestion et de planification du territoire en matière d'aménagement hydrogéologique.

L'étude géophysique, la cartographie hydrogéologique, l'analyse hydrogéochimique et isotopique, ainsi que la collecte des données agricoles et socio-économiques ont été intégrées sous forme numérique pour obtenir des cartes de classement des terres facilement utilisables par les aménagistes et les planificateurs. A cet égard, l'utilisation d'un système d'information géographique (S.I.G.) était nécessaire. Cette méthode basée

sur une approche géomatique a permis l'identification des zones prioritaires d'intervention et de suivi de l'évolution écologique du bassin versant.

3- Méthodes et moyens :

L'enchaînement des différentes tâches programmées dans la présente étude avait respecté certaines règles de façon à minimiser le coût de l'ensemble des opérations et à rendre plus efficace chaque étape.

Lors de la phase initiale de l'étude, la reconnaissance géologique a été placée très en amont et consistait à obtenir toutes les informations relatives aux caractéristiques du sol et du sous-sol. La réalisation d'expérimentations sur des sites aux contextes géologiques connus et en conditions contrôlées constituera la base fondamentale de la réussite de ce programme. En effet, l'étude géologique a permis de mieux identifier:

1- le type de roche ou de matériau ;
2- la structure des différentes formations ;
3- l'environnement sédimentologique ;
4- le mode de formation ou de genèse des différents faciès ;
5- l'état d'altération et de fracturation ;
6- la nature géochimique des différentes composantes géologiques.

Ces informations ont permis de détailler la carte géologique de la zone d'étude et, suivant les besoins, d'établir des corrélations avec les informations hydrologiques, lithologiques et pétrographiques. Les informations géologiques recueillies ont permis également de faciliter le choix des méthodes géophysiques les plus adaptées au contexte d'étude et de mieux implanter les dispositifs de mesures.

En parallèle avec cette première phase d'étude, il a été procédé à la récolte de toutes les données relatives à l'hydrogéologie et à l'hydrogéochimie du bassin d'Essaouira (Piézométrie, Conductivité électrique, pH) et à ses principales caractéristiques socio-économiques.

A l'issue de cette enquête, un travail de dépouillement de l'ensemble des informations a été réalisé. Les données ont été accommodées, analysées puis intégrées dans une base de données préliminaire qui a été actualisée au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Dans la troisième étape de ce projet, il a été procédé à la mise en œuvre des techniques d'investigation géophysique sur l'ensemble de la zone d'étude. Le choix s'est porté sur la méthode de tomographie électrique. Cette méthode a permis d'obtenir une "**image électrique**" du sous-sol, c'est-à-dire

une coupe de la résistivité en fonction de la profondeur en mesurant le profil de résistance pour différentes combinaisons d'électrodes de courant et de potentiel. La première étape dans l'interprétation des données en tomographie électrique consiste à construire une pseudo-section. Celle-ci est obtenue en reportant la valeur de la résistivité apparente mesurée au centre du dispositif et à une profondeur dépendant de l'écartement entre les électrodes. Cette représentation conduit à une image pour laquelle les valeurs de résistivité et de profondeur ne sont pas correctes.
Dans la quatrième étape, une synthèse globale de l'ensemble des données acquises a été effectuée. Les données ont été traitées, analysées puis intégrées dans un système d'information géographique. Ce système constitue le collecteur principal de l'ensemble des informations récoltées. Le système ainsi élaboré a permis d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées, ainsi que de produire des plans et des cartes. La représentation généralement en deux dimensions a facilité l'exploitation des données sur l'ensemble de la zone étudiée.

4- Résultats et conclusions

Les mesures effectuées montrent clairement que le bassin d'Essaouira se présente comme une vaste zone synclinale ouverte sur l'océan. Cette zone est affectée de plusieurs plissements et accidents qui permettent l'individualisation de nombreuses cuvettes synclinales: la cuvette de Bouabout, qui est traversée par l'Oued Igrounzar; la cuvette de Korimat; la cuvette d'Essaouira, qui est traversée par l'Oued Ksob et séparée du synclinal de Bouabout par le diapir de Tidsi et enfin au Nord de l'anticlinal de Jbel Hadid s'ouvre le synclinal côtier de la plaine d'Akermod.
D'un point de vue stratigraphique, les affleurements sont constitués de terrains dont l'âge s'échelonne entre le Crétacé à la base et à dominance carbonaté alternant avec des passées de marnes, le Tertiaire formé de marnes phosphatées et de grès et le Quartenaire constitué de grès et conglomérats. Le Trias visible au niveau du diapir de Tidzi est formé d'argiles rouges salifères et de dolérites.

Sur le plan géologique, les affleurements du bassin versant du Ksob sont constitués de faciès très diversifiés d'âge compris entre le Trias et le Quaternaire. Cependant, la majeure partie des faciès rencontrés dans le bassin est constituée de séries carbonatées d'âge Jurassique et Crétacé. Les observations déduites des cartes géologiques au 1/50.000 d'Essaouira et de Khemis Meskala, et des prospections de terrains montrent que les roches tendres à moyennement tendres représentent plus de 60% de l'étendue du

bassin. Ceci explique la grande quantité des matériaux solides charriée par le Ksob durant les périodes de crue. L'histoire tectonique de cette partie du Maroc est complexe; la morphologie actuelle est le résultat combiné de l'orogenèse atlasique avec des directions de raccourcissement N120140 et de la tectonique salifère qui est une des particularités morpho-tectonique de ce bassin. En effet, l'abondance du diapirisme a pour origine les argiles salifères du Trias plus profond.
Le bassin d'Igrounzar est occupé principalement par des marnes et des marno-calcaires respectivement cénomaniens et sénoniens sur lesquels le ruissellement est intense. Vers le centre du bassin l'Oued coule sur des calcaires turoniens assez fissurés pour permettre l'infiltration d'une quantité d'eau non négligeable.
Le sous-bassin versant de Zelten draine des séries du Jurassique supérieur aux structures plus compliquées. Ces formations sont en majeure partie constituées par des argiles et des marnes. Le ruissellement y est par conséquent plus intense.

Vers l'aval de la confluence, les formations dunaires consolidées et mobiles du Plio-quaternaire occupent la totalité du sous-bassin versant d'Adamna, où les eaux s'infiltrent rapidement dans les alluvions du lit de l'Oued.
De point de vue structural, le bassin fait partie du sillon nord-atlasique défini par Ambroggi [1] comme étant une zone de plissements modérés. La structure du bassin est représentée par une succession d'anticlinaux et de synclinaux qui ont résulté de la combinaison des effets de la tectonique atlasique et du diapirisme. L'ensemble du bassin est fragmenté par d'importants accidents qui se prolongent sous la couverture et qui sont hérités de la phase tectonique hercynienne [12, 8, 7].

Le réservoir du Crétacé supérieur est de loin l'aquifère le plus important de par son extension et de ses caractéristiques hydrodynamiques. Il constitue un système multicouche. Il regroupe les calcaires dolomitiques et dolomies du Sénonien, les calcaires fissurés et karstifiés du Turonien et les calcaires lumachelliques et marnes du Cénomanien. La base de ce système est formée par les calcaires dolomitiques massifs du Vraconien. Ces propriétés aquifères sont liées à l'existence de discontinuités au sein de ces formations. Ces discontinuités sont représentées par les plans de stratifications (qui donnent parfois naissance à des sources), par la fracturation et aussi par le développement de phénomènes de karstification.
Nous avons montré ainsi que le système aquifère du Crétacé est formé par un assemblage de blocs surélevés et affaissés séparés par des failles. Celles-

ci sont organisées selon trois directions majeures NNE-SSW, NNW-SSE et E-W, qu'on retrouve à l'échelle régionale et qui correspondent à la réactivation des failles profondes du socle hercynien [12, 10, 9, 7, 4, 6]. Ces failles peuvent jouer un rôle de drain ou axe principal d'écoulement des eaux de la nappe au sein de ce système aquifère, comme elles peuvent constituer des barrières imperméables et empêcher donc tout écoulement.
Suite donc à cette configuration en blocs de l'aquifère, l'écoulement hydrodynamique de la nappe est discontinu. Il peut y avoir des interconnexions hydrodynamiques entre blocs voisins à la faveur notamment de ces failles conductrices.

Contrairement à la nappe plio-quaternaire, les eaux du Turonien ont des conductivités électriques assez homogènes comprises entre 2000 mS/cm et 2500 mS/cm. Les échantillons de la nappe turonienne présentent le même profil chimique chloruré-sodique que celui des eaux plio-quaternaires. Il est donc difficile de les distinguer, par leurs seules minéralisations, des eaux peu ou moyennement minéralisées du Plio-Quaternaire.

Globalement, les résultats de la campagne 2011 pour la nappe turonienne confirment l'homogénéisation des conductivités dans un éventail allant de 1800 à plus de 2400 mS/cm, témoignant par là de l'effet mineur de la sécheresse qui a sévi dans la région en raison de l'effet captif de cet aquifère. Par contre, pour l'aquifère plio-quaternaire, les conductivités sont relativement élevées pour atteindre plus de 7000 mS/cm et c'est à la fois en raison d'une surexploitation de la nappe suite à une poussée démographique dans la région et d'une persistance de la sécheresse dont les effets n'ont pas encore été résorbés complètement [2].
En revanche, si la plupart des échantillons de la nappe plio-quaternaire sur lesquels des analyses en nitrates ont été faites accusent des valeurs très supérieures à la norme O.M.S. de 50 mg/l, les teneurs de l'aquifère turonien restent bien en deçà de cette norme.

Bibliographie

[1] Ambroggi R.m 1963. Etude géologique du versant méridional du Haut Atlas occidental et de la plaine du Souss. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 157, 321 p.
[2] Bahir M., Mennani A., Jalal M., Youbi N.m 2000. Contribution à l'étude des ressources hydriques du bassin synclinal d'Essaouira (Maroc). Estudios Geologicos, 56 (3-4), 185-195.

[3] Bouchta R., 1992. Prospects pétroliers et miniers liés à la marge passive atlantique du Maroc. Notes et Mém. Serv. géol. Maroc, 366, 103-112.
[4] Broughton P.& Trepanier A., 1993. Hydocarbon generation in the Essaouira basin of western Morocco. A.A.P.G. Bull., Tulsa, vol. 77, n° 6, p. 999-1015.
[5] Fekri, A., 1993. Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrogéochimique de la zone synclinale d'Essaouira (Bassin synclinal d'Essaouira) Thèse 3ème cycle, Marrakech, p.
[6] Hafid M., 2000. "Triassic-early Liassic extensional systems and Tertiary inversion, Essaouira Basin (Morocco)"Marine and Petroleum Geology t.17, pp 409-429
[7] Laville, E. & Piqué A., 1991. "La distension crustale atlantique et atlasique au Maroc au début du Mésozoïque : le rejeu des structures hercyniennes. " Bulletin de la Société Géologique de France t. 162 ; n°6, 1161-1171.
[8] Medina, F., 1985. "Chronologie des phases et style tectonique dans le Haut Atlas occidental (Maroc). " Garcia de Orta. Série Geologia, Lisboa, 8, ½, 43-53.
[9] Medina, F, 1988. "Tilted-blocks pattern, paleostress orientation and amount of extension, related to Triassic early rifting of the central Atlantic in the Amezri area (Argana basin, Morocco). " Tectonophysics, 148, 229-233.
[10] Medina, F., 1994. "Evolution structurale du Haut Atlas occidental et des régions voisines du Trias à l'actuel, dans le cadre de l'ouverture de l'Atlantique central et de la collision Afrique-Europe. " Thèse, Univ. Mohamed V, Rabat, 272 p.
[11] Michard A., 976. Eléments de géologie marocaine. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 252, 408 p.
[12] Souid, A. K., 1983. "Etude tectonique et microtectonique des injections du Trias du bassin d'Essaouira pendant les compressions alpines dans l'avant-pays atlantique (Maroc). " Thèse de 3ème cycle, Univ. Montpellier, France, 90 p.