

AVILISSEMENT DES EAUX DE SURFACE DU BARRAGE DE ZIT-EMBA. WILAYA DE SKIKDA PAR UNE CONTAMINATION DES METAUX LOURDS ET UNE POLLUTION ANTHROPIQUE

DEGRADATION OF SURFACE WATER OF ZIT-EMBA DAM WILAYA OF SKIKDA BY A CONTAMINATION OF HEAVY METALS AND AN ANTHROPOGENIC POLLUTION.

Mohamed Zine BELHADJ, *Département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, betgic@yahoo.fr. Dép¹ SNV Univ. 20 août 1955. Skikda.*

Abderahmane BOUDOUKHA, *Laboratoire de recherche en hydraulique appliquée, Univ. Hadj Lakhdar. Batna.*

RÉSUMÉ : Le but de cette étude est consacré à l'interprétation et à l'analyse des données physico-chimiques d'échantillons d'eau pris sur Oued El-Hammam après chaque rejets a savoir les rejets du centre thermal hammam Ouled Ali wilaya de Guelma, l'agglomération de Bouati-M et la zone industriel de celle-ci, dans la cuvette du barrage de Zit-Emba et a la distribution d'eau potable au niveau de la ville de Skikda. Les résultats de l'étude hydro-chimique ont montré que les eaux de ce barrage sont affectées par une pollution urbaine et industrielle avec la présence d'éléments traces métalliques comme le plomb, le mercure et l'arsenic qui limite leur utilisation notamment pour l'alimentation en eau potable (AEP) ; Cette anomalie est également liée à la géologie suite aux gisements métallogéniques signalés dans la région. La détermination de l'origine de la pollution de ces eaux superficielles a été abordée à l'aide d'une exploration spatio-temporelle des paramètres physiques, des éléments majeurs et les métaux lourds.

Mots-Clés : Eau de surface, rejets, pollution, métaux toxique, statistiques.

ABSTRACT : The aim of this study is dedicated to the interpretation and analysis of physical-chemical data of water samples taken from Oued El Hammam after each discharge among which the discharge from the thermal central of Hammam Ouled Ali, Wilaya of Guelma; the agglomeration of Bouati-M and it's industrial Zone within the dam basin of Zit-Emba and the distribution of potable water in Skikda town. The results of the hydro-chemical studies have shown that the dam waters are contaminated by an urban and an industrial pollution with the presence of metal traces elements such as Lead, mercury and arsenic which limit their use mainly for the

supply of potable water (AEP). This anomaly is related to geology further to metal deposit noticed in the area (fault Azzaba and Zit-Emba). The determination of the origin of the pollution of those surface waters has been addressed using a spatial-temporal exploration of the physical parameters, major Elements and heavy metals.

Key words: Surface Water, discharge, pollution, toxic metals, statistics.

INTRODUCTION

La demande en d'eau est en accroissement continue alors que les ressources sont limitées, et parfois non renouvelable, et l'apparition des nouveaux modes de vie et des nouvelles industries ont abouti à la consommation excessive de l'eau.

L'Algérie est en train mener à bien des efforts et investir des sommes colossales pour gagner la bataille de la disponibilité de la ressource hydrique et s'engage avec la même détermination dans sa gestion, de sa protection, de sa préservation et son recyclage sur tout le territoire. Mais la qualité de celle-ci fait référence aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques.

La région de Skikda a toujours connu des problèmes liés à la qualité des eaux La région de Skikda a toujours connu des problèmes liés à la qualité des eaux (Benhamza, 2005) ; (Benhamza et al, 2007) ; (Belhadj, 2007) ; (Kemoukh, 2007) ; (Belhadj et al, 2011) et (Boudoukha et al, 2012). Cette situation est le résultat de l'accroissement démographique, de l'extension des tissus industriels et du développement agricole. En dehors de toutes mesures de protection de l'environnement, la ressource en eau de surface se trouve exposée à des risques potentiels d'altérations chroniques ou épisodiques (Belhadj, 2007). Cette situation est en partie due aux rejets urbains et industriels qui sont souvent déversés dans les cours d'eau, sans aucun traitement préalable. Ce phénomène est surtout observé dans les pays les moins développés, là où les problèmes techniques liés au traitement sont les plus aggravés.

La présence de gîtes métallifères dans la région a également contribué à la détérioration de la qualité des eaux de surface et souterraine de la région (Benhamza, 2005) et (Benhamza et al, 2007) (Belhadj et al, 2011).

La présente étude concerne les eaux du barrage de Zit Emba qui alimente en grande partie en eau potable. Notre objectif est de contribuer à la compréhension du processus de pollution et de contamination de ces eaux de surface en utilisant des outils géologiques, hydrochimiques et statistiques.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant du barrage de Zit-Emba (zone d'étude), se trouve au Nord-Est de l'Algérie sur la frange tellienne, exactement au Sud-Est de la wilaya de Skikda (Tableau 1, Fig.1).

Tableau 1. Caractéristiques morphométriques, climatiques, géologiques, métallogéniques du B.V Zit Emba.

Quelques Caractéristiques morpho-métriques	Valeur et appréciation
Superficie du bassin versant	485 km ²
Périmètre	104.21 km
Longueur du talweg principal	36 km
68% de la surface du bassin est située entre	200-600m d'altitude
Hauteur moyenne du bassin	376 m
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réseau hydrographique ▪ Principale oued 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bien développé ▪ Oued El Hammam
Couvert végétal	Très dense, forêts boisées, vastes plaines
Climat du bassin versant	Valeur et appréciation
Subtropical	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eté chaud et sec ▪ Hiver relativement doux et pluvieux
Température moyenne annuelle	17° à 18°C
Précipitations moyennes annuelle	700 mm relativement importantes, variables et irrégulières d'une année à une autre
Le vent	Les vents dominants Nord-Ouest vitesse assez constante entre 1.9 et 2.5 m/s
Géologie	Appréciation
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 60% de la superficie du BV est ▪ 40% de la superficie du BV est 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ occupée par des terrains à perméabilité moyenne représentés par des calcaires schisteux de la nappe des flyschs et des grès argileux de la nappe numidienne. ➤ occupée par des formations de faible perméabilité représentées par des argiles gypseuses de la nappe néritique constantinoise et des schistes de la nappe épi-tellienne.
Gisements métallogéniques	Appréciation (métaux lourds)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ au niveau du massif de Djebel Debar, situé au Sud du BV; ▪ au niveau du Djebel Taya, situé à l'extrême Sud-ouest du BV; ▪ au niveau de la localité Kalaâ Bou Diar . 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ carbonates de zinc (ZnCO₃), oxyde de fer, plomb arsenicaux ▪ sulfure d'antimoine (stibine Sb₂ S₃), cinabre (HgS), ▪ calamine barytine (Ba SO₄),

Dynamique du gisement de mercure

La présence de formations géologiques carbonatées à l’affleurement a fortement influencé le faciès des eaux de surface stockées dans le barrage (Villa, 1967 ; 1971, Villa et Magne, 1969; Villa et al. 1968). La présence de gîtes métallifères tel que le plomb (Pb), le mercure (Hg), l’arsenic (As), le cuivres (Cu)..., a donné des anomalies en Pb, Hg, Zn etc. (EREM, 1977).

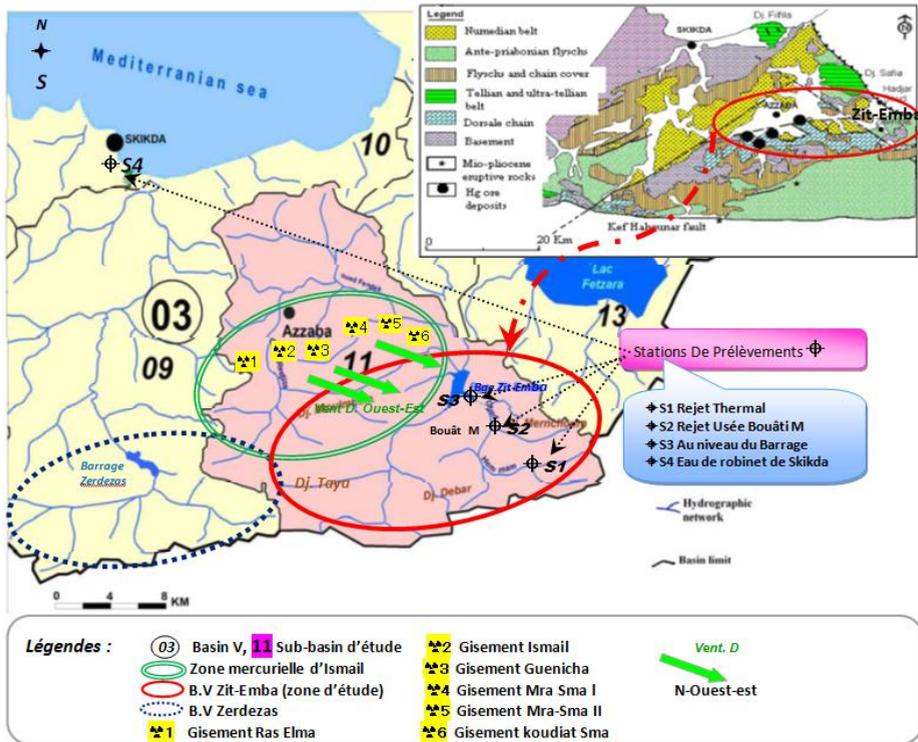


Fig.1. Dynamique du gisement de mercure de la zone mercurielle d’Azzaba.

MATERIELS ET METHODES

Echantillonnage

Les sites de prélèvement d’échantillons ont été choisis selon la distribution spatiale des sources de pollution. Les échantillons sont au nombre de 48, La période d’observation s’étale sur six mois du juillet 2004 jusqu’au février 2005, ce qui nous permet de suivre progressivement l’évolution de la qualité des eaux pendant les deux périodes (basses et hautes eaux).

Stratégie d'échantillonnage

Deux (02) stations sont en amont du barrage :

- A l'émergence de la source et aux rejets des centres thermaux Ouled Ali (Station N°01),
- eau usée de Bouati M et rejets industriels (Station N°02),
 - Une (01) station au niveau du barrage de Zit-emba (Station N°03)
 - Une (01) station à l'aval du barrage (station N°04), celle-ci a permis de suivre l'évolution des concentrations de ces éléments et de faire une comparaison entre les caractéristiques de l'eau à la distribution et les normes de potabilité (pour les différents éléments mesurés).

Les prélèvements d'eau ont été effectués à l'aval de chaque rejet moyennant des flacons en polyéthylène par remplissage en sub-surface. Ces derniers, conservés à 4°C, ont été transportés au laboratoire dans moins de 4 heures.

Analyse des paramètres chimiques et physico-chimiques

- Le pH et l'oxygène dissout (O₂dis) ont été mesurés in situ au moyen d'un multimètre de terrain, type WTW,
- Les ions majeurs, mineurs, RS, DCO et DBO₅, ont été dosés à l'université de Constantine,
- Le Na⁺, K⁺, Mg²⁺ et Ca²⁺ ont été déterminés par spectrophotomètre d'absorption atomique. Parker, 1989,
- Les concentrations en Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻, NO₂⁻ et NH₄⁺ ont été analysées respectivement par la méthode de Mohr, néphélométrique et colorimétrique.
- Les deux éléments traces: plomb (Pb⁺⁺) et mercure (Hg⁺⁺) ont été déterminées, après minéralisation, par spectroscopie d'émission atomique à plasma induit par haute fréquence. Aland. et Gordan. 1985.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Faciès hydrochimique:

Le faciès chimique global, a été obtenu à l'aide du diagramme de Piper.

- les eaux des rejets de la station thermale et celles du village de Bouaati, ont un faciès beaucoup plus sulfaté, chloruré, calcique à magnésien.
- les eaux du barrage, ont un faciès bicarbonaté calcique.

Les faciès dominants sont en liaison directe avec la géologie qui laisse affleurer des formations carbonatées telles que les calcaires, les dolomies, de l'âge Crétacé de la plateforme néritique constantinoise (Fig.2).

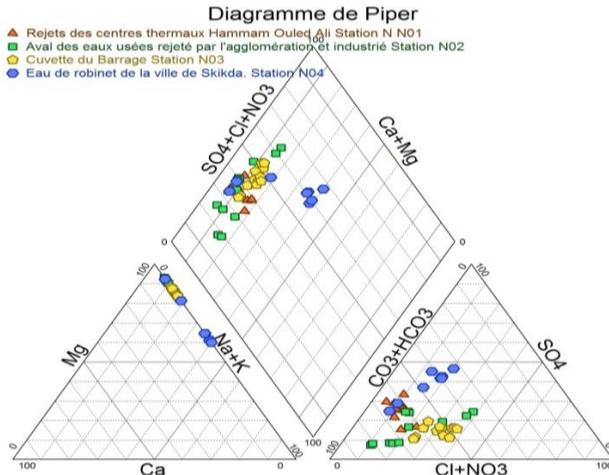


Fig 2. Diagramme des faciès chimiques

Caractérisation de la pollution des eaux de l'Oued El Hammam:

Les mesures des paramètres physico-chimiques nous ont permis de dégager les observations suivantes :

- Les rejets S1 et S2 sont caractérisés par une faible alcalinité (pH entre 7.1 et 7,5) et par une minéralisation moyenne exprimée par un résidu sec allant de 780 à 1840 mg/l.
- Les rejets provenant de la source thermique (El-Hammam) sont plus chargés en sels dissous du fait de la forte température des eaux qui atteint 57°C à la sortie du Hammam Ouled Ali.

Caractérisation des eaux du barrage de Zit-Emba (au niveau du lac) :

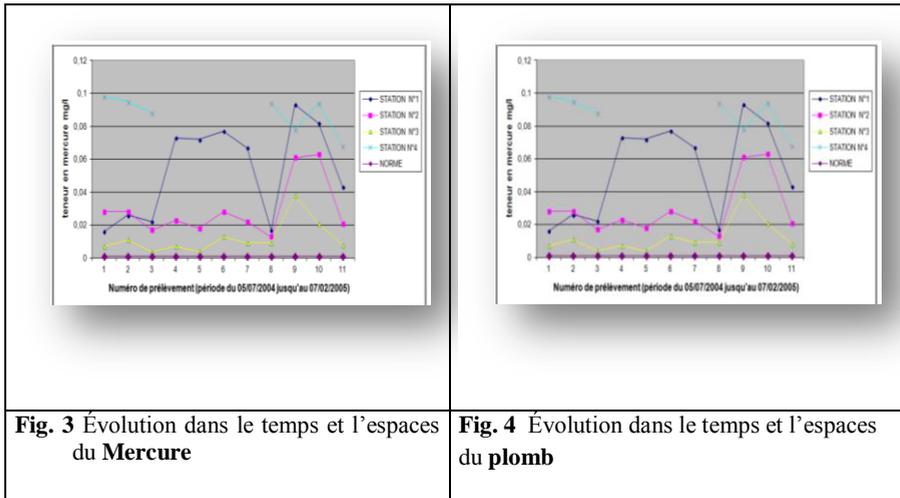
- le pH varie de 7 à 7.2; les eaux du lac présentent alors un caractère moins alcalin;
- le résidu sec a chuté au niveau du lac par rapport aux eaux des stations S1 et S2, suite à la grande dilution, conséquence de l'augmentation du volume d'eau dans le barrage pendant la période de crue (baisse de la minéralisation en période de hautes eaux).

La variation spatio-temporelle des teneurs en éléments dosés nous amène à émettre quelques hypothèses suite à leur origine:

- Une augmentation des teneurs en calcium, magnésium, bicarbonates qui proviennent de la dissolution des roches carbonatées. Ceci est en accord avec la baisse du pH.
- La présence de minéraux évaporitiques au sein des argiles, et le déversement des eaux usées dans Oued El Hammam, permettent l'apparition du sodium, potassium, chlorures et sulfates par rapport à la période des basses eaux.
- La quantité de nitrates, enregistrée au niveau de la cuvette du barrage est moins importante que celle qui a été enregistrée au niveau de la station S2 (eaux usées).
- A l'inverse des autres éléments, les nitrates, nitrites et ammonium sont importants en période des basses eaux qu'en période de crue.
- La présence de terrains agricoles irrigués près du barrage et l'utilisation des fertilisants, pourraient justifier cette augmentation en période de basses eaux où la demande en eau de la plante est maximale.

Caractérisation des eaux distribuée a l'alimentation :

- Que ce soit les paramètres physiques ou chimiques, présentent dans l'ensemble une évolution dégressive et inférieure à la norme de potabilité, pour les eaux distribuée au niveau de la ville de Skikda sauf le potassium qui dépasse celle-ci. Par contre les métaux lourds enregistrent une augmentation importante au niveau de S4 et dépasse le seuil admissible par l'OMS sur toutes les autres stations.
- Pour le mercure il se trouve le plus souvent sous forme de sulfure (**Cinabre, HgS**). Les concentrations observées durant la campagne de prélèvements au niveau des quatre (04) stations sont très inquiétantes et alarmantes (Fig. 3).
- Pour le plomb les plus fortes valeurs sont observées pendant la période de basses eaux, qui dépasse la norme de potabilité suite à une concentration par évaporation. Par contre, en période de hautes eaux, on enregistre une dilution qui fait chuter les teneurs en plomb au niveau des quatre stations (Fig. 4).



- Ces ETM peuvent avoir deux origines : la première, Les éléments traces peuvent être véhiculés en grandes concentrations par les fluides hydrothermaux **sous des conditions de température et de pression très élevées**. La seconde est en liaison avec la présence de gites miniers dans la région qui entraînent l'augmentation de la teneur de ce deux ETM dans l'eau (Bouarroudj 1989).

Analyses statistiques des données

- L'analyse des données a été effectuée pour l'ensemble des 4 stations. Nous avons tout d'abord calculé les paramètres statistiques de base (moyenne, écart type et les valeurs extrêmes) pour chaque paramètre, puis nous avons comparé les données enregistrées dans chaque station avec les normes et recommandations de l'OMS.
- Après quoi, nous avons calculé le coefficient de corrélation linéaire de Bravais-Pearson entre les variables prises deux à deux. Ce coefficient donne des indices sur l'évolution simultanée des variables considérées deux à deux. Il mesure la netteté de la liaison existant entre deux séries d'observations pour autant que cette liaison soit linéaire ou approximativement linéaire (Dagnélie, 2006).
- Enfin, plusieurs analyses en composantes principales (ACP) centrées réduites avec lacunes comblées ont été appliquées au traitement de ces données chimiques des eaux de surface du bassin versant de Oued El Hammam. Le but de ce traitement est de déterminer les principaux facteurs qui contrôlent le chimisme de ces eaux.

- Nous présentons ici que l'ACP réalisée avec treize variables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , pH, Pb, Hg et CND)
- Selon le critère de Kaiser, seuls les facteurs de valeur propre supérieure ou égale à 1 seront acceptés comme sources possibles de variance dans les données. Quatre composantes principales (CP) ont été retenues et représentent 78% de la variance totale, ce qui est assez bon et peut être utilisée pour identifier les principales variations dans l'hydrochimie.
- L'étude des liaisons avec les différents facteurs montre que la première composante CP1 représentant 60% de la variance est déterminée positivement par la minéralisation (contamination naturelle) qui s'est traduite avec une bonne corrélation de ce facteur avec : Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , et Hg (Fig. 5).

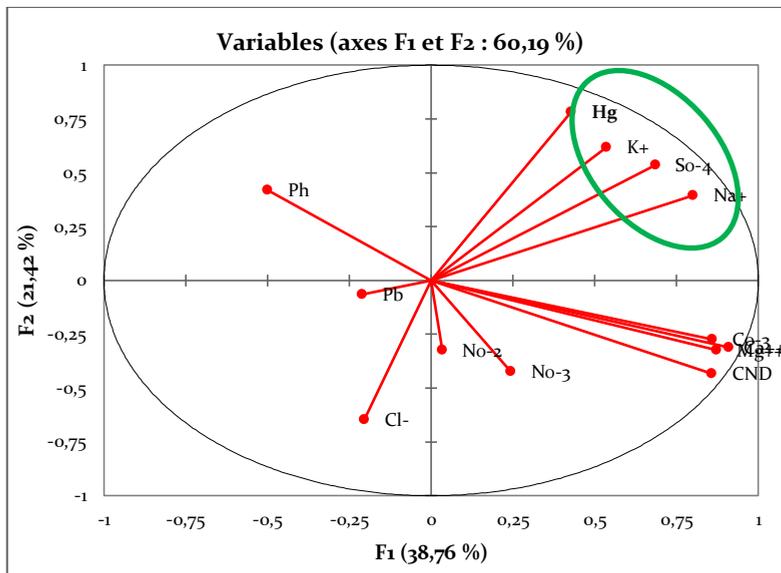


Fig. 5. Espace des variables CPI/CP2.

CONCLUSION

L'étude géologique a montré la présence d'anomalies métallo-géniques d'éléments toxiques sur la partie méridionale du bassin versant et l'étude hydrochimique a confirmé que les eaux du barrage Zit-Emba sont **affectées par une pollution urbaine et industrielle**, mais la présence d'éléments toxiques s'est avérée importante dans l'eau du robinet.

Les résultats obtenus montrent que les eaux du barrage sont d'une minéralisation moyenne exprimée par un résidu sec allant de 780 à 1840 mg/l, avec une certaine hétérogénéité dans leur composition.

Les eaux usées issues de la station thermale sont plus chargées que celles issues du village de Bouaati. L'impact de la pollution apportée par les eaux déversées est beaucoup plus ressenti au niveau des eaux du barrage pendant la période de basses eaux qu'en période de hautes eaux. Le faciès chimique de ces eaux est sulfaté chloruré pour les rejets et bicarbonaté pour les eaux du barrage. Ceci traduit une dilution des sulfates et des chlorures dans la cuvette du barrage. L'apport en calcium est à mettre en relation avec la géologie.

L'analyse en composantes principales, a montré que les eaux de surface de la région, suivent deux processus dans la dissolution des minéraux, l'un évaporitique, l'autre carbonaté. Ce processus se termine par une contamination par les eaux usées ce qui explique la présence des nutriments, des chlorures et des sulfates en grande quantité dans les eaux du barrage.

Une double pollution enregistré, l'une atmosphérique sur les quatre décennies d'exploitation de l'usine d'Ismail qui produisait du mercure et l'autre hydrique, les teneurs en Hg et en Pb retrouvées dans les eaux de surface de la région sont **très élevées** et dépassent les normes admissibles, **témoignant ainsi d'une contamination** des eaux du barrage destinées à l'agriculture et à l'approvisionnement en eau potable du chef lieux de la wilaya de Skikda.

RECOMMANDATIONS

Il est **recommandé** de ne pas alimenter, en eau potable la ville de Skikda, à partir des deux barrages Zit-Emba et Zardezas, simultanément, étant donné que la somme des teneurs du mercure s'accumule au niveau de la station de traitement des eaux à Hamadi Krouma.

Pour bien préserver la santé des populations riveraines, il est fortement déconseillé de consommer les poissons se trouvant dans ce barrage vue que;

- la région présente des anomalies métallogéniques en éléments toxiques et en particulier le mercure et ses dérivés.
- L'effet cumulatif de cet élément dans les corps des êtres vivants et en particulier les écailles des poissons.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Belhadj M. Z. (2007) *Etude de la pollution des eaux de surface du barrage de Zit El Emba. Région Est de Skikda. NE algérien*. Mémoire de Magister Dép. Hydraulique. Univ. Batna.

- Belhadj M.Z & Boudoukha A. (2011) *Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la wilaya de Skikda (Nord-est de l'Algérie). Contamination naturelle par le mercure*. European Journal of Scientific Research. Vol **56** N° (2) 204-211
- Boudoukha A & Belhadj M. Z. (2012) *Impact d'une pollution anthropique et d'une contamination naturelle sur la qualité des eaux du barrage de Zit Emba. Est algérien. Revue La Houille Blanche*, n° 4, 2012, p. 34-41
- Bouarroudj M.T. (1989) *Les Minéralisation A Hg, Pb, Zn, Cu, Ba, De La zone Nord numidique du Nord de L'Algérie orientale - métallogénie et recherche de guides de prospection*. Thèse Docteur ingénieur, Univ. Pierre et Marie curie, Paris VI. 242p.
- Benhamza M. (2005) *Application de l'analyse en composante principale à l'évaluation de la pollution mercurielle dans la région de Azzaba (1999, 2000,2001)* 1^{er} colloque euro-méditerranéen en biologie végétale et environnement, 28, 29 & 30 nov. 2005, Univ. Badji Mokhtar (Algérie).
- Kemoukh S. (2007) *Dégradation de la qualité des eaux du barrage de zerdezas suite à une pollution naturelle w.de Skikda*. Magister Hydraulique : Batna, Univ. El Hadj Lakhdar : faculté des sciences de l'ingénieur.
- Villa J.M. (1967) *Analyse stratigraphique et structurale du flysch de Penthièvre (Nord Constantinois) Algérie*.
- Vila .J.M. (1971) *Essai d'interprétation structurale d'un profil transversal du nord-est de la Berbérie entre les régions d'Annaba (Bône) et de Guelma*.
- Vila .J.M & Magne .J. (1969) *Le cadre structural du Djebel Debar (nord du constantinois, Algérie)*. Extrait du bulletin de la société géologique de France, 7e série, t .XI pp 75 à 81
- Vila .J.M., Busnardo. R, Devries. A, Magne J & Sigal J. (1968). (1968). *Données stratigraphiques sur la série renversée et charriée du DJEBEL BOUSBA et étude de son cadre structural (Région de Guelma, Constantinois, Algérien)* Extrait du bulletin de la société géologique de France, 7e série, t .X,P . 206 à 212, année 1968.
- Palm R. (1998) *L'analyse en composantes principales: Principes et applications*. Notes stat. Inform. (Gembloux) 98/2, 33 p.
- Dagnélie P. (2006) *Statistique théorique et appliquée*. Tome 2 : Inférences à une et à deux dimensions. Bruxelles-Univ. Boeck et Larcier. 659 p.

&&&&