



HAL
open science

Environment of Sidi Boudaroua water: Physico-chemistry of waters and actual sedimentation (Ouezzane region, Morocco)

Issam Etebaai, Brahim Damnati, Maurice Taieb, Helene Miche

► **To cite this version:**

Issam Etebaai, Brahim Damnati, Maurice Taieb, Helene Miche. Environment of Sidi Boudaroua water: Physico-chemistry of waters and actual sedimentation (Ouezzane region, Morocco). *Geomaghreb : revue des études appliquées en sciences de la terre, géographie et aménagement*, 2010, 6 (69-78). hal-03864132

HAL Id: hal-03864132

<https://hal.science/hal-03864132>

Submitted on 21 Nov 2022

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

L'ENVIRONNEMENT DU PLAN D'EAU SIDI BOUDAROUA : PHYSICO-CHIMIE DES EAUX ET SEDIMENTATION ACTUELLE (REGION D'OUEZZANE, MAROC)

Issam ETEBAAI¹, Brahim DAMNATI¹, Maurice TAIEB² et Hélène MICHE²

1-Faculté des Sciences et Techniques, Département des Science de la Terre, Laboratoire Environnement, O  anologie et Ressources Naturelles, B.P 416 Tanger, Maroc. b_damnati@yahoo.fr. 2-Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE), CNRS, Université d'Aix-Marseille, B.P. 80, 13545 Aix en Provence cedex 4, France.

Résumé

Dans l'objectif de caractériser l'environnement actuel d'un lac de barrage situé dans la région d'Ouezzane (plan d'eau Sidi Boudaroua) des campagnes saisonnières d'études et d'échantillonnage d'eau et de sédiments d'interface ont été réalisées au cours de l'année 2003-2004. L'analyse physico-chimique montre que les eaux douces sont bicarbonatées calco-chloro-sodiques. L'influence climatique se caractérise par une dilution des eaux de la saison chaude (  t  )    la saison froide (hiver). La granulométrie des sédiments d'interface renseigne sur un alluvionnement en amont du plan d'eau résultant de l'érosion du sol du bassin versant. Les faibles teneurs en matière organique et en carbonates sont en liaison avec une faible productivité biologique du plan d'eau et une faible précipitation des carbonates.

Mots clés : plan d'eau Sidi Boudaroua, région d'Ouezzane, environnement, physico-chimie des eaux, sédiments d'interface.

Abstract

Environment of Sidi Boudaroua water: Physico-chemistry of waters and actual sedimentation (Ouezzane region, Morocco)

In order to characterise the actual environment of Sidi Boudaroua, a deam lake situated in the Ouezzane region, seasonal investigation and sampling of water and superficial sediments have been achieved during the year 2003-2004. The physico-chemical analysis shows that fresh water is bicarbonated calco-chloro-sodics. The climatic influence is characterized by a dilution of waters from the hot season (summer) to the cold season (winter). The granulometric data of the superficial sediments shows on a detritical upstream resulting from the soil erosion of the catchment basin. The weak contents in organic matter and in carbonates are correlated with low biological water productivity and to the low autochthonous carbonates precipitation.

Key words: Sidi Boudaroua, Ouezzane region, actual environment, physico-chemistry of waters, superficial sediments.

ملخص

بيئة بحيرة سد سيدي بودروة: فيزياء- كيميائية المياه والترسبات الحالية
(منطقة وزان، المغرب)

من اجل تحديد الحالة البيئية لبحيرة سد سيدي بودروة المتواجدة بمنطقة وزان، تم القيام بمجموعة من الرحلات الاستكشافية الموسمية واخذ عدة عينات من المياه والرواسب السطحية خلال سنة 2003-2004. توضح الدراسة ان المياه العذبة غنية بالكربونات، الصوديوم، الكلور والكالسيوم. يتمثل تاثير الطقس بتخفيف المياه من الفصل الجاف (الصيف) الى الفصل الممطر (الشتاء). قياس نسبة حبيبات الرواسب السطحية تطلع على تكون الطمي في عالية البحيرة و الناتج عن انجراف التربة. النسب الضعيفة للمواد العضوية والكربونات هي على ارتباط بضعف الانتاجية الاحيائية للسد و ضعف ترسيب الكوبونات.
الكلمات المفتاح : بحيرة سد سيدي بودروة، منطقة وزان، البيئية، فيزياء- كيميائية المياه والترسبات الحالية.

1. Introduction

La politique de construction des barrages hydrauliques menée par le gouvernement marocain depuis quelques décennies constitue une solution pour une gestion rationnelle des ressources en eau. En plus de leur utilité socio-économique évidente (irrigation, alimentation en eau potable, production d'énergie hydroélectrique...), Ces hydrosystèmes présentent un intérêt écologique et environnemental important. Les milieux aquatiques en général constituent des hydrosystèmes complexes dont les composantes physiques, chimiques et biologiques sont en interaction permanente y compris avec le milieu terrestre qui les entoure. Ce sont à la fois des systèmes de transfert, de stockage et de recyclage de l'eau, de la matière (minérale et organique) et de l'énergie (cinétique, thermique et potentielle) (Gasse, 1991; Damnati, 2000).

Le fonctionnement des bassins hydrauliques connaît de nombreux risques qui influencent leur équilibre en l'occurrence l'envasement et l'eutrophisation. Le suivi de l'évolution de ces hydrosystèmes demeure très important. La composante abiotique (eau et sédiment) constitue le siège de toutes les réactions qui déterminent l'évolution de l'écosystème aquatique. L'étude de ces composants est basée généralement sur l'ensemble des techniques sédimentologiques, géochimiques (Damnati, 1997) et limnologiques (Damnati et Taieb, 2003 ; Etebaai, 2004).

Nous essayons à partir de cette note de mettre le point sur le fonctionnement actuel d'un réservoir d'eau situé dans la région d'Ouezzane (le plan d'eau Sidi Boudaroua) en se basant sur l'analyse physico-chimique saisonnière des eaux et l'analyse sédimentologique, géochimique et magnétique des sédiments d'interface.

2. Site d'étude

Le plan d'eau Sidi Boudaroua, (34° N 47' et 05° W 27'), se trouve à 3 Km environ vers le Sud-est de la ville d'Ouezzane (fig. 1). La construction d'une digue vers l'année 1936 a permis la création d'une retenue d'eau. Jusqu'aux années 70, ce plan d'eau a servi pour l'alimentation de la ville d'Ouezzane en eau potable. Il était entouré d'une clôture et dispose d'une chambre de pompage (fig. 2 : photos 3 et 4) et d'une station de traitement des eaux. Il constitue actuellement un réservoir pour la pisciculture et la pratique de la pêche (Service des eaux et forêts Ouezzane). Le plan d'eau Sidi Boudaroua se situe à une altitude de 210 m et atteint 13 ha de superficie à son extension maximale. Le périmètre de la pièce d'eau est de 2 km. La profondeur d'eau est variable. Elle s'accroît de l'amont vers l'aval et du rive gauche vers la rive droite où elle atteint 7 m (tab.1). L'alimentation en eau du plan d'eau n'est pas permanente. Elle est assurée pendant la saison humide par les sources, les précipitations directes et les ruisseaux intermittents. Le plan d'eau Sidi Boudaroua est un hydrosystème ouvert. Un déversoir en aval (fig. 2 : photo 6) permet l'évacuation des eaux en excès pendant les crues. L'évaporation et la prise d'eau par les riverains contribuent également aux pertes en eau. Le marnage du niveau d'eau varie d'un mètre environ entre l'été et l'hiver (figure 2 : photos 3 et 4). Le bassin versant du plan d'eau Sidi Boudaroua s'étale sur une superficie de 800 ha. Le périmètre est de 12,5 km. La topographie du bassin versant est caractérisée par une pente assez faible autour du plan d'eau. Les versants deviennent de plus en plus escarpés en se dirigeant vers l'Est où l'altitude maximale atteint 465m (tab. 1).

Plan d'eau		Bassin versant	
Situation	34° N 47', 05° W 27'	Surface (ha)	800
Altitude (m)	210	Altitude max (m)	465
Surface (ha)	13	Périmètre (Km)	12,5
Volume (m ³)	39 10 ⁴	P moy (mm)	833
Prof max (m)	7	T min (°C)	7,07
Prof moy (m)	3	T max (°C)	36,78
Rivage (Km)	2	T moy (°C)	21,93

Tableau 1: Caractéristiques morphologiques et climatiques du plan d'eau Sidi Boudaroua et de son bassin versant.

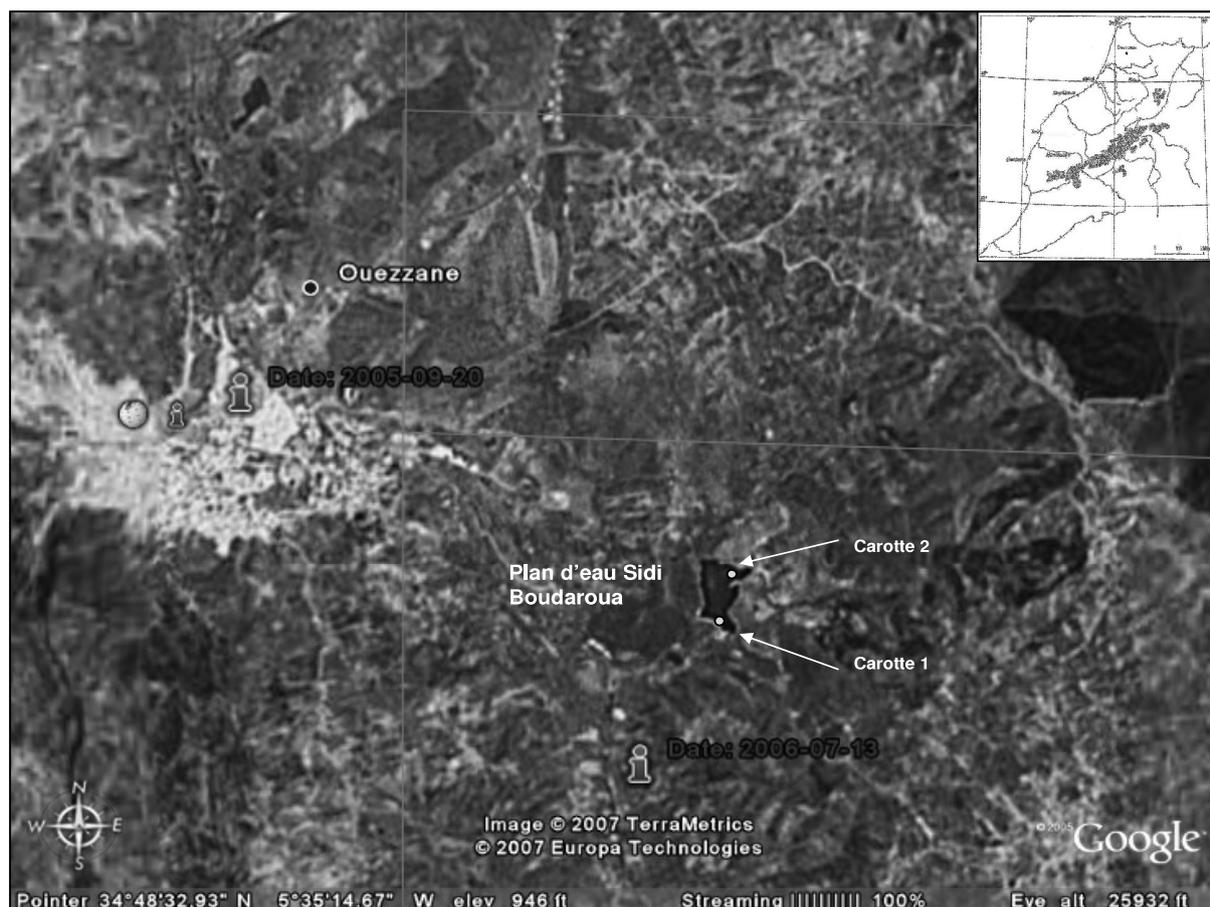


Figure 1. Localisation du plan d'eau Sidi Boudaroua et sites de prélèvement des deux carottes de sédiments d'interface.

	Août 2003	Janv 2004	Avr 2004	Sept 2006	Valeurs moy
pH	8,54	8,36	8,73	8,82	8,61
C.E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1376	1078	1400	1410	1316
Turb (NTU)	4,46	17,48	4,33	5,67	7,99
O ₂ (ppm)	8,9	9,6	8,7	7,9	8,78
Ca ⁺⁺ (ppm)	115,48	164,53	184,38	75,63	135,01
Mg ⁺⁺ (ppm)	26,21	17,34	21,62	17,52	20,67
Na ⁺ (ppm)	314,69	207,6	234,03	332,36	272,17
K ⁺ (ppm)	4,06	4,81	5,9	14	7,19
HCO ₃ ⁻ (ppm)	-	-	-	213,97	213,97
SO ₄ ⁻ (ppm)	-	-	-	59,63	59,63
NO ₃ ⁻ (ppm)	-	-	-	8,14	8,14
Cl ⁻ (ppm)	158,36	102,57	138,65	564,54	241,03

Tableau 2. Moyennes des paramètres physico-chimiques des eaux du plan d'eau Sidi Boudaroua.

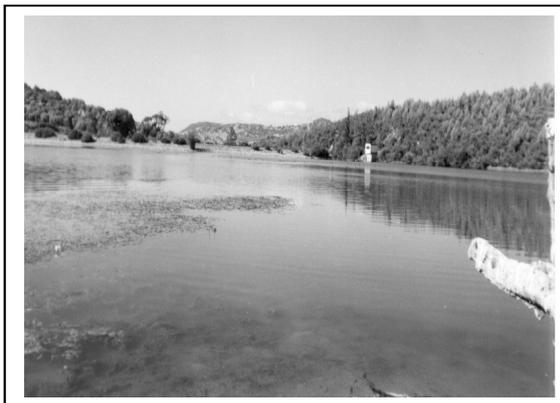


Photo 1. Plan d'eau Sidi Boudaroua, août 2003.

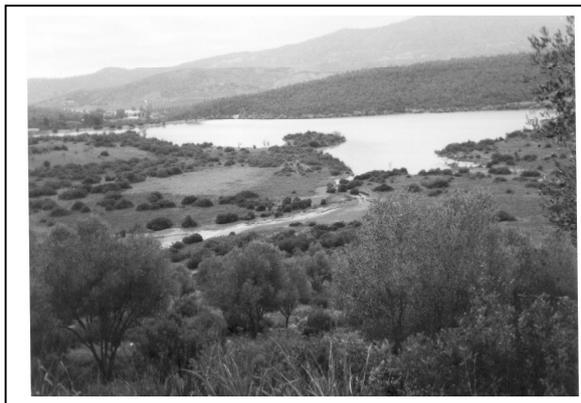


Photo 2. Plan d'eau Sidi Boudaroua, janvier 2004.



Photo 3. Digue et chambre de pompage, août 2003.



Photo 4. Chambre de pompage et niveau de marnage de l'eau, janvier 2004.



Photo 5. Niveau d'étiage de l'eau en amont du plan d'eau Sidi Boudaroua, août 2003.

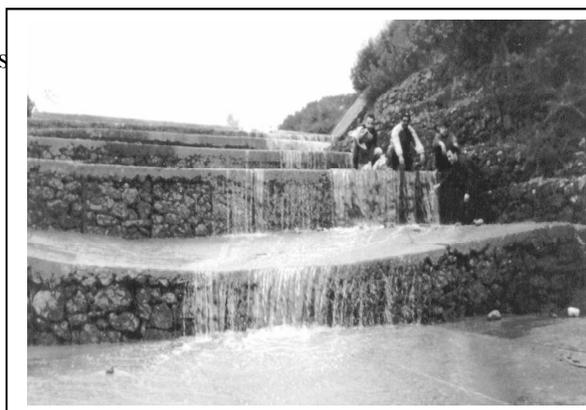


Photo 6. Déversoir du plan d'eau Sidi Boudaroua, janvier 2004.

Du point de vue géologique, la région d'Ouezzane correspond à une nappe de couverture sédimentaire charriée par gravité du Nord vers le Sud lors du soulèvement du Rif au Tortonien. Le matériel sédimentaire de cette nappe est constitué de calcaire blanc à silex du paléogène et surtout de dépôts détritiques marno-calcaires ou marno-gréseux du miocène (Sutter et Fiecher, 1966).

La région d'Ouezzane fait partie de l'étage climatique subhumide à hiver tempéré (Sauvage, 1963). La moyenne annuelle des précipitations enregistrée pour l'année 2003 est de l'ordre de 855 mm. Les températures moyennes maximales et minimales respectives sont 36,78°C et 7,07°C (tableau 1). La période sèche dure cinq mois de mai à septembre (fig. 3). Le régime pluviométrique de la région d'Ouezzane se caractérise par une irrégularité interannuelle (fig. 4) Le quotient pluviométrique d'Emberger de la même année est égal à 95mm/°K. En rapportant ce quotient sur le climagramme d'Emberger en fonction de la température minimale, on constate que le climat de la région d'Ouezzane est passé du subhumide à hiver tempéré vers le subhumide à hiver chaud. (Etebaai et Damnati, 2005).

Le couvert végétal de la région d'Ouezzane se caractérise par des matorrals à oléastre et lentisque. Ces formations, en voie de dégradation, sont remplacées dans la plupart des lieux par des cultures céréalières et des vergers d'oliviers et d'arbres fruitiers. Dans le bassin versant du site étudié, Le couvert végétal naturel ne subsiste que par un matorral clairsemé dominé par le lentisque, l'oléastre et le myrte. Des implantations d'Eucalyptus, de résineux et d'oliviers en banquettes sont réalisées par le service des eaux et forêts.

3. Matériel et méthodes

Des campagnes de mesures et d'échantillonnage saisonnier ont été organisées au cours de l'année 2003-2004 au plan d'eau Sidi Boudaroua. La première en août 2003, la deuxième en Janvier 2004 et la troisième en avril 2004. Une mission a été organisée en septembre 2006 pour compléter le cycle hydrogéoclimatique. Des mesures de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau ont été faites *in situ*. Ces analyses ont concernées le pH, la conductivité électrique, la turbidité et l'oxygène dissous. Les teneurs en anions (HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- et Cl^-) ont été mesurées par électrophorèse capillaire pour les eaux de septembre 2006. Les teneurs en cations (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+) ont été mesurées par ICP-AES. Deux carottes de sédiments d'interface ont été prélevées, la première en aval et la deuxième en amont du plan d'eau (figure 1). Ces deux carottes ont fait l'objet des analyses suivantes :

- granulométrie par diffraction laser;
- teneur en matière organique et en carbonates par perte au feu (Dean, 1974).
- susceptibilité magnétique.

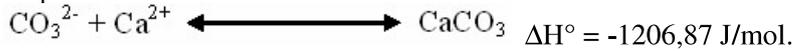
4. Résultats et discussions

4. 1. Physico-chimie des eaux

Les eaux douces du plan d'eau sont faiblement alcalines (le pH moyen est de 8,61), moyennement minéralisées (la conductivité électrique moyenne est de 1316 $\mu\text{s}/\text{cm}$), bien oxygénées (la teneur en oxygène dissous est de 8,78 mg/L en moyenne) et faiblement turbides (la turbidité moyenne est de 7,99 NTU) (tab. 2). Les teneurs en cations révèlent une concentration importante en sodium et en calcium et faible en magnésium et en potassium. Les valeurs moyennes respectives sont 272,17 mg/L ; 135,01mg/L ; 20,67 mg/L et 7,19 mg/L. Les teneurs en anions (mesurées seulement pour les eaux de la mission septembre 2006) montrent des valeurs élevées en chlore et en bicarbonates et faibles pour les sulfates et les nitrates. Les valeurs sont respectivement 241,03 mg/L, 213,97 mg/L, 59,63 mg/L et 8,14 mg/L (tab. 2).

L'analyse physico-chimique saisonnière révèle une influence climatique qui se traduit par une dilution des eaux pendant la saison hivernale suite à la dilution par des eaux de pluie faiblement minéralisées. Cette dilution est matérialisée par une diminution du pH, de la conductivité électrique et des teneurs en Cl^- , Na^+ , Mg^{++} et K^+ . L'augmentation faible des teneurs en oxygène dissous en hiver est due à la diminution de la température des eaux et au brassage plus important des eaux par le vent. La turbidité enregistre une élévation pendant l'hiver suite à l'apport des eaux de pluie chargées en éléments détritiques et en suspension résultant de l'érosion et du lessivage du sol marneux argileux du bassin versant (tab. 2). Au printemps, avec l'augmentation relative de la température de l'air et la diminution des apports d'eau de pluie on assiste à une augmentation du pH, de la conductivité électrique et des teneurs en Cl^- , Na^+ , Mg^{++} et K^+ . La turbidité et la teneur en oxygène dissous connaissent une diminution suite au faible brassage des eaux (tab. 2). L'augmentation de la

concentration du calcium en hiver et au printemps est due à l'altération et au lessivage du sol marno-calcaire du bassin versant par les eaux de pluie. Les faibles teneurs en calcium enregistrées pendant l'automne 2006 sont dues à la précipitation des carbonates de calcium sous l'effet de la température selon l'équation suivante :



La précipitation des carbonates est thermodépendante (Stumm et Morgan, 1981). Les fortes températures estivales conduisent à un déséquilibre du CO₂ dissous dans l'eau ce qui provoque un dégazage et par la suite une précipitation des carbonates. Ce processus continue jusqu'à l'automne d'où la diminution des teneurs en calcium. Les grandes variations entre les teneurs en calcium mesurées au cours de la période 2003-2004 et 2006 sont dues d'une part aux variations interannuelles du cycle hydroclimatique (taux de précipitations, durée de la saison sèche et niveau des températures maximales et minimales) et d'autre part à l'évolution locale du plan d'eau. Cette évolution est marquée également par les teneurs plus importantes en chlore et en sodium en septembre 2006 (tab. 2).

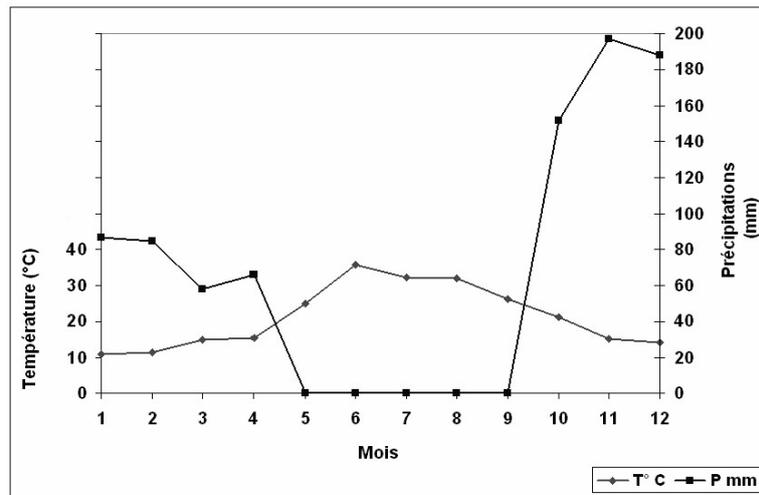


Figure 3. Diagramme Ombrothermique. Station Ouezzane 2003.

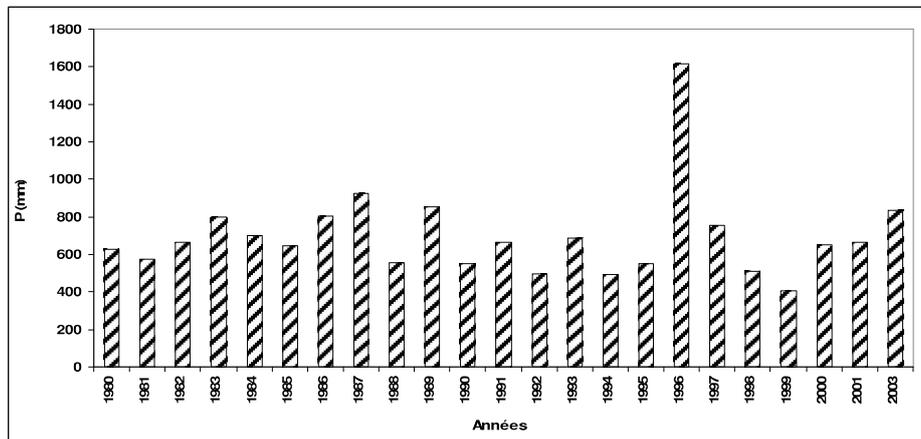


Figure 4. Moyenne des précipitations annuelles. Station Ouezzane 1980-2003.

4. 2. Sédimentation actuelle

Les deux carottes de sédiments d'interface présentent des différences lithologiques. La première carotte (prélevée en aval du plan d'eau) d'une longueur de 14 cm, présente une lithologie assez homogène. Il s'agit du silt argileux beige avec la présence de débris de végétaux. La deuxième carotte (prélevée en amont du plan d'eau) d'une longueur de 18 cm présente dans une lithologie plus ou moins hétérogène. On distingue de haut en bas : 4 cm de silt brun clair ; 10 cm de silt et sable fin à grossier et 4 cm de silt à sable fin. Des lamines de tourbes noirâtres apparaissent entre 10 et 12 cm.

Pour les deux carottes, la fraction silteuse est la prédominante, avec moins d'argile et de sable (tab. 3). Dans la première carotte, la répartition de ces trois fractions selon la profondeur montre

généralement une augmentation du silt et de l'argile (avec un pic pour l'argile vers 5 cm) et une diminution progressive du sable (fig. 5). Dans la deuxième carotte, on assiste à une anti-corrélation entre la répartition de l'argile et le silt d'une part et le sable d'autre part. L'argile et le silt diminuent de 4 à 10 cm puis augmentent progressivement. Alors que le sable augmente puis diminue pour les mêmes profondeurs (fig. 5).

	Carotte 1	Carotte 2
Argile %	26,90	26,58
Silt %	61,37	56,80
Sable %	11,74	16,61
MO %	7,99	3,54
Carbonates %	8,26	8,65
Minx %	83,75	87,82
Sus (Si 10 ⁻⁶)	277,5	337,37

Tableau 3: Moyennes des pourcentages d' argile, silt, sable, matière organique (MO), carbonates, minéraux (Minx) et susceptibilité magnétique (Sus) des sédiments d'interface du plan d'eau Sidi Boudaroua.

L'analyse géochimique révèle généralement pour les deux carottes des teneurs assez faibles en matière organique et en carbonates et des teneurs élevées en minéraux. Les teneurs les plus élevées en matière organique et minéraux sont celles obtenues dans la première carotte (tab. 3). Dans la première carotte, les pourcentages de la matière organique et des carbonates connaissent une faible augmentation avec la profondeur tandis que ceux des minéraux diminuent (fig. 5). Dans la deuxième carotte, les pourcentages de la matière organique connaissent plus de variations avec la profondeur. Après une faible augmentation depuis la surface jusqu'à 8 cm environ, les pourcentages de la matière organique diminuent vers 10 cm puis augmentent vers 14 cm pour rediminuer à la base. Les pourcentages des carbonates connaissent une faible augmentation vers 4 cm environ pour diminuer progressivement vers la base de la carotte alors que les pourcentages des minéraux montrent une répartition opposée de ceux des carbonates (fig. 5).

L'analyse de la susceptibilité magnétique montre des moyennes plus élevées dans la deuxième carotte que dans la première (tab. 3). La répartition selon la profondeur montre dans la première carotte une augmentation progressive de la susceptibilité magnétique depuis la surface jusqu'à la base. Dans la deuxième carotte, la susceptibilité magnétique diminue rapidement de 8 à 14 cm puis augmente doucement vers la base (fig. 5).

La sédimentation actuelle dans le plan d'eau est conditionnée par les facteurs hydroclimatiques externes qui agissent directement sur la vitesse et la nature des dépôts.

En amont du plan d'eau, l'intermittence du fonctionnement du réseau hydrographique et l'ampleur de l'érosion permettent d'une façon épisodique, le dépôt de sédiments bien drainés et à granoclassement négatif. Les faibles teneurs en matière organique sont en relation avec le niveau d'eau et la granulométrie des sédiments. En effet, le bas niveau d'eau et la fraction sableuse favorisent une oxydation plus rapide de la matière organique. Les moyennes un peu élevées de la susceptibilité magnétique et des teneurs en carbonates sont à l'origine de la proximité des sources d'apport.

En aval du plan d'eau, sous l'influence principale des faibles courants qui transportent des particules en suspension, la sédimentation est silteuse, continue et à granoclassement positif. Les teneurs en matière organique sont plus élevées par rapport à l'amont car, avec l'augmentation de la colonne d'eau, l'aération est plus faible à l'interface eau/sédiment d'une part et d'autre part la fraction fine permet une meilleure adsorption de la matière organique. Avec l'éloignement de la source d'apport les moyennes de la susceptibilité magnétique sont plus faibles tandis que les teneurs en carbonates présentent une faible variation avec la profondeur.

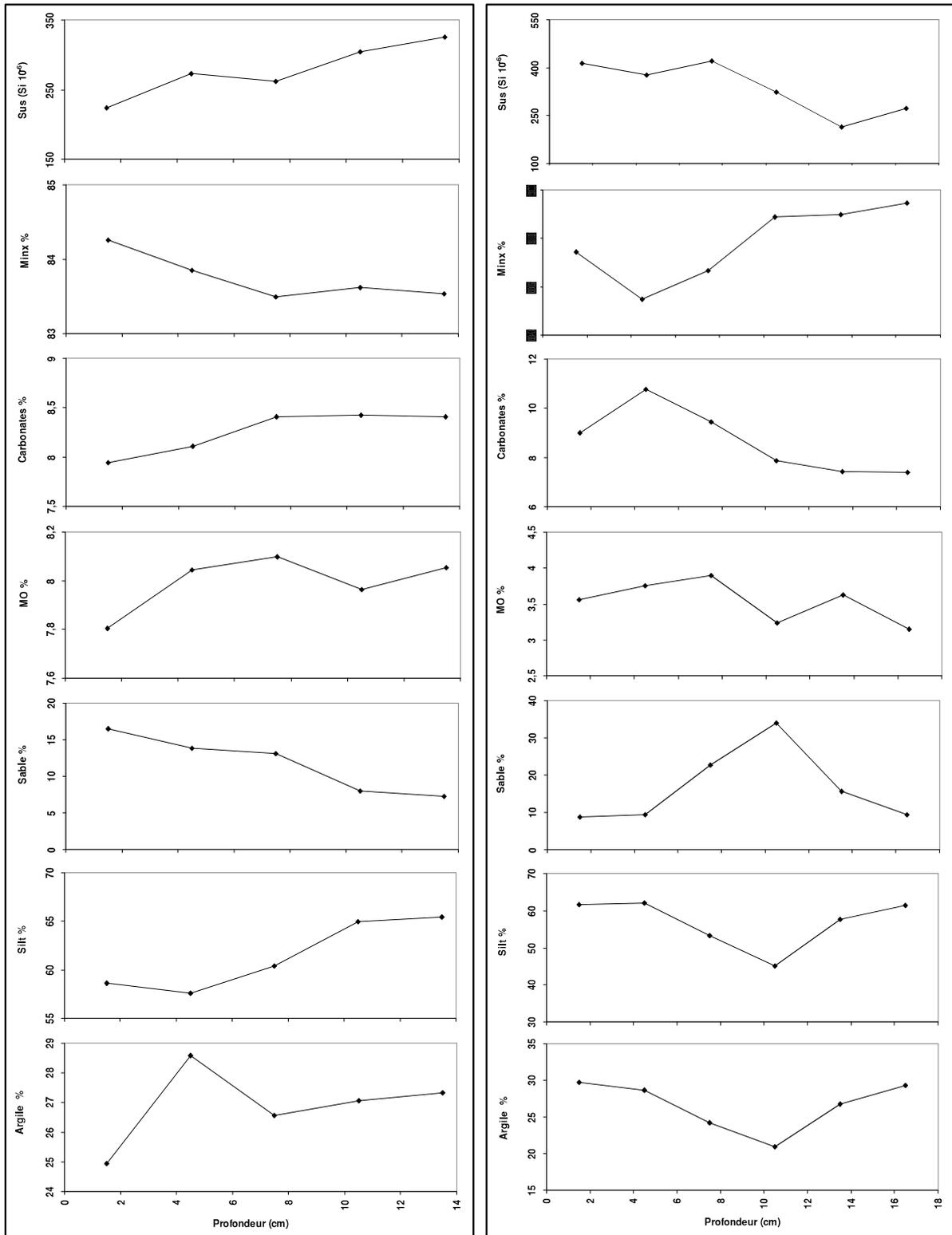


Figure 5. Répartition des paramètres sédimentologiques, géochimiques et magnétiques de la première carotte d'aval (à gauche) et de la deuxième carotte d'amont (à droite) des sédiments d'interface du plan d'eau Sidi Boudaroua. MO (matière organique), Minx (minéraux), Sus (susceptibilité magnétique).

Conclusion

Le plan d'eau Sidi Boudaroua est un hydrosystème ouvert de faible productivité biologique. Les eaux douces sont de type bicarbonaté calco-chloro-sodique. L'analyse physico-chimique renseigne principalement sur une influence climatique saisonnière qui se traduit par une dilution des eaux de la saison sèche (été) à la saison humide (hiver). La sédimentation actuelle dans le plan d'eau Sidi Boudaroua est en liaison directe avec l'érosion du sol du bassin versant d'une part et le régime du réseau hydrographique d'autre part. Le plan d'eau Sidi Boudaroua avec son bassin versant qui ne dépasse pas les 800 ha constitue un bassin hydrologique intéressant pour l'étude et la compréhension des mécanismes actuels d'érosion d'autant plus que les régions rifaines connaissent le taux d'érosion le plus élevé au Maroc (Damnati et al., 2004).

Références

- Damnati B.**, 1997. Utilisation des paramètres sédimentologiques et géochimiques en vue de la quantification de l'érosion et du colmatage des retenues artificielles (barrages) au Maroc central. *Rapport de recherche UPELF-UREF*, 1 volume, 41p.
- Damnati B.**, 2000. Holocene lake records in northern Hemisphere of Africa. *Journal of African Earth Sciences*, Volume 31, n° 2, pp. 253-262.
- Damnati B., et Taieb, M.**, 2003. La sédimentation sub-actuelle dans le lac Iffir (Moyen Atlas, Maroc): Résultats préliminaires. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 452 : 301-306.
- Damnati B., Radakovitch, O & Ibrahimi, S.**, 2004. Utilisation du césium-137 pour l'estimation des taux d'érosion dans un bassin versant au Nord du Maroc. *Sécheresse*, vol 15(2): 195-199.
- Dean W.E.J.**, 1974. Determination of carbonates and matter in calcarous sediments and sedimentary rocks by loss-on-ignition: comparaison with other methods. *Journal of sedimentary-petrology*, 44 (1), pp. 242-248.
- Etebaai I.**, 2004. L'environnement des lacs Iffir et Ifrah : physico-chimie des eaux et sédimentation actuelle. *Mémoire de DESA, Facultés des Sciences et Techniques Tanger*, 46 p.
- Etebaai I., et Damnati B.**, 2005. Le fonctionnement hydroclimatique du plan d'eau Sidi Boudaroua (région de Ouezzane). 3^{èmes} *Journées internationales des Géosciences de l'Environnement*, 8-10 Juin 2005 faculté des Sciences-El Jadida, pp 190.
- Gasse F.**, 1992. Paléolacs. *Géologie de la préhistoire*, pp. 161-168.
- Sauvage CH.**, 1963. Etages bioclimatiques, Atlas du Maroc : notices explicatives, *section II – Physique du globe et météorologie*, n° 6 bis, pp 44.
- Service des eaux et forêts d'Ouezzane.**, 1959. Fascicule du plan d'eau artificiel. Série 3, n° 28, p 49.
- Stumm W., and Morgan J. J.**, 1981. Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters; *Wiley and sons (eds), N-Y*, 583p.
- Sutter G., et Fiecher G.G.**, 1966. Le Rif méridional atlantique (Maroc) : aperçu structural sur la région de Zoumi, Ouezzane et le pays de Habt (Larache). *Note et mémoire du service géologique*, t. 26, n° 188, pp. 15-20.