

**SECHERESSE ET FLUCTUATIONS DES RESSOURCES EN EAU
SOUTERRAINES: LE CAS DU PLATEAU DE MOSTAGANEM
(OUEST ALGERIEN)**

Drought and fluctuations of underground water resources: the case of the Mostaganem plateau (west Algeria)

BELLAL Sid-Ahmed^{1,2}, BAICHE Abdelkader^{2,3}, DARI Ouassini^{1,2}

¹, Laboratoire Espace Géographique Et Aménagement du Territoire

² Faculté des Sciences de la Terre et l'Univers, Université d'Oran2

³ Laboratoire Géodynamique des bassins sédimentaires

bellalsid@yahoo.fr, baicheabdelkader@yahoo.fr, o_dari@yahoo.fr

Résumé

Le plateau de Mostaganem est bien individualisé sur le plan géographique. Il s'étend sur 750 km², son altitude moyenne est de 200 m environ et les points les plus bas sont à 110 m. Il constitue un vaste plan incliné comportant une série d'ondulations orientées sud-ouest / nord-est et en grande partie calquées sur les plis qui déforment le substratum mio-pliocène. L'histoire géologique révèle une activité tectonique très intense au cours du Néogène et du Quaternaire, dont résultent les grands traits de la morpho-structure actuelle. Le plateau est constitué de 3 types de formations intéressantes. Du point de vue structural, il est formé d'une suite d'anticlinaux et de synclinaux parallèles à la côte, orientés selon une direction principale sud-ouest / nord-est. Ces derniers sont constitués par des formations mio-plio-quaternaires marneuses, gréseuses et argileuses. La structure la plus favorable à la constitution des réserves en eau correspond aux synclinaux. Par contre, les collines ou bien certains djebels sont des anticlinaux qui favorisent l'alimentation en eau des synclinaux. Il renferme un niveau réservoir important. Ce réservoir donne naissance à la plus grande nappe du plateau de Mostaganem. La ressource en eau de cette nappe a pour origine les précipitations, lesquelles dépendent des conditions climatiques de la région. La pluviométrie est incertaine, mal répartie, avec une récurrence importante des phases de sécheresse. L'épuisement progressif de la nappe, dû à la surexploitation anarchique, a réduit considérablement les ressources en eau souterraine, qu'il faut désormais aller chercher plus en profondeur. Cette configuration géologique a, logiquement, conduit à un tarissement des sources, puits et forages, conséquence directe de l'abaissement du niveau de la nappe du plateau.

Mots clés : Plateau, marnes du Miocène inférieur, grès du pliocène inférieur, tectonique intense, semi-aridité, sécheresse, rabattement des nappes

Abstract

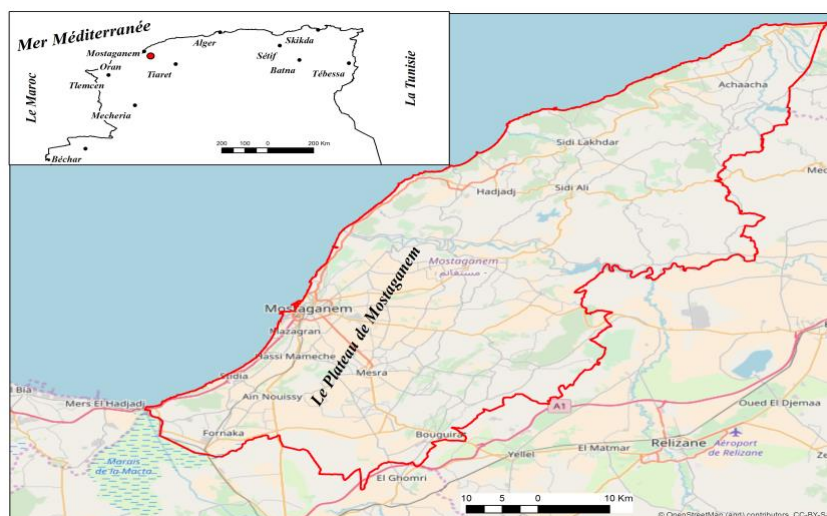
The Mostaganem plateau is well individualized geographically. It covers 750 km², its average altitude is around 200 m and the lowest points are at 110 m. It constitutes a vast inclined plane comprising a series of undulations oriented Southwest-Northeast and largely traced on the folds, which deform the Mio-Pliocene substratum. Geological history reveals a very intense tectonic activity during the Neogene and the Quaternary, from which result the main features of the current morphostructure. The board consists of 3 types of interesting structural formations. From a structural point of view, it is made up of a series of anticlines and synclines parallel to the coast, oriented in a main Southwest-Northeast direction. The latter are formed by mio-plio-quaternary mainly sandstone and clay formations. The structure most favorable to the constitution of water reserves corresponds to the synclines. Besides, the hills or some mountains are anticlines, which support the water supply of the synclines. It contains a significant reservoir level. This reservoir gives rise to the largest aquifer of the Mostaganem plateau. The water resource of this aquifer originates from rainfall, which depends on the climatic conditions of the region. Indeed, rainfall is uncertain, unequally distributed, with significant recurrence of drought phases. The gradual depletion of the water table, due to uncontrolled overexploitation, has considerably reduced groundwater resources, which must now be sought after deeply in the ground. This geological configuration has logically led to a drying up of springs, wells and boreholes, a direct consequence of the lowering of the level of the aquifer on the plateau.

Keywords: Plateau, lower Miocene marls, lower Pliocene sandstone, intense tectonics, semi-aridity, drought, lowering of aquifers

Introduction

Le plateau de Mostaganem se trouve en Oranie centrale, à la limite NE du littoral oranais (Fig 1). Il s'étend sur 750 km². Il est bordé à l'ouest par la Méditerranée et les massifs littoraux oranais (Mont d'Arzew, Montagne des Lions et Murdjadjo) ; au nord, par le bas Chélif ; à l'est, par la vallée de la Mina, affluent du bas Chélif, et la plaine de Relizane, limitée elle-même par l'Ouarsenis ; enfin au sud, par la Macta et les Béni Chougrane. Tous ces reliefs appartiennent, sur le plan structural, au domaine tello-rifain lequel appartient à la zone externe de l'orogénèse alpine (Fenet, 1975). Ces reliefs sont tous des horsts séparés par des zones effondrées, grabens ou fossés tectoniques, comme la plaine de la Macta ou celle de Relizane.

Figure1. Carte de localisation du plateau de Mostaganem (Bellal, 2016).



En bordure de la mer méditerranée, le plateau de Mostaganem se présente comme une aire tabulaire, comprise entre la vallée du Chélif au Nord, la dépression de la Mactaa au Sud, enfin la vallée de la Mina et les Monts de Bel Hacel à l'Est. Ce plateau s'abaisse régulièrement vers l'Ouest en direction de la plaine de l'Habra et du Golfe d'Arzew. Il comporte une série de rides et de dépressions parallèles orientées Sud-Ouest/Nord-Est, dont l'altitude voisine 200 m, s'abaisse progressivement jusqu'à 100 m au niveau de la Mactaa. Au Nord, le plateau surplombe régulièrement la basse vallée du Chélif, montrant une suite de falaises dont les hauteurs varient de 150 m à 200 m. Au Nord-Est, il vient buter sur l'éperon crétacé du Djbel Diss (Dahra) qui culmine à une altitude de 400 m. Au Sud-Est, il est bordé par une ligne de relief matérialisée par les fortes de l'Akboube et d'Ennaro qui le sépare de la plaine de Relizane.

Le plateau de Mostaganem est bien individualisé même si ses limites topographiques sont malaisées à tracer (Fig 2). Il appartient administrativement à la wilaya de Mostaganem, et est couvert par 13 communes. Une grande partie, de l'Oranie, appartient à l'étage méditerranéen bioclimatique semi-aride avec des pluies irrégulières, liées à la variation interannuelle des précipitations.

Il est constitué de trois types de formations intéressantes :

- Les marnes du Miocène supérieur et du Pliocène inférieur.
- Des niveaux à perméabilité variable d'âge Pliocène supérieur : ce sont des micro poudingues, des grès et des sables ou grès jaunâtres.
- Des grès, des sables et de la croûte calcaire quaternaire, discordant et dont l'épaisseur varie d'une zone à une autre.

De point de vue structural, il est formé d'une suite d'anticlinaux et synclinaux parallèles à la côte, orientée selon une direction principale SW/NE. La

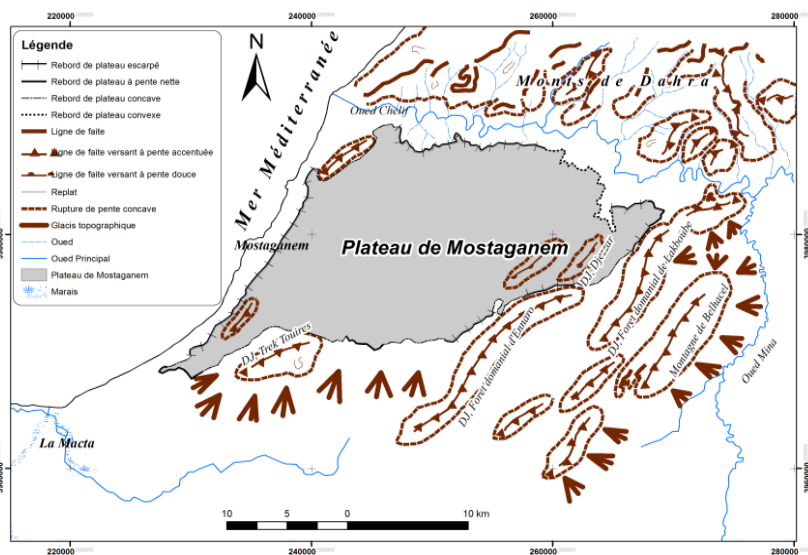
structure la plus favorable, qui constitue les réserves en eau, se trouve au point bas des synclinaux qui correspondent à des dépressions – les anticlinaux, quant eux, correspondent à des collines ou bien des djebels qui favorisent l'alimentation en eau des synclinaux.

L'étude consiste donc à mettre en évidence les potentialités en eau en s'intéressant plus spécialement aux précipitations qui sont à l'origine de la ressource en eau souterraine et qui sont influencées par la sécheresse qui s'est installée depuis 1977. Ces potentialités sont appelées à être gérée de façon rationnelle pour en éviter l'épuisement de la nappe qui constitue le principal réservoir d'eau de la région de Mostaganem. Actuellement, on craint que l'alimentation annuelle des nappes ne parvienne plus à compenser les prélèvements, et que l'on soit déjà, au stade actuel, entrain de puiser sur les réserves accumulées antérieurement.

Des études hydrogéologiques ont été effectuées sur le plateau de Mostaganem par J. Gaucher (1970), par la direction des études du milieu et de la recherche hydraulique (D.E.M.R.H) (1978) et par A. Baiche (2010)

Malgré l'insuffisance, parfois le manque de fiabilité de certaines données statistiques, une analyse des caractéristiques fondamentales du climat avec ses irrégularités spatio-temporelles sera tentée à partir des données météorologiques pour les stations suivantes: la station d'Oran-Sénia, de Mostaganem, de Cap-Falcon et de Mascara. Les données ont été recueillies auprès de l'Office National de Météorologique (O.N.M) à Oran, de la période de 1986 à 1991. Ce sont Oran-Sénia, Mostaganem, Cap Falcon et Mascara. Les lacunes ont été comblées par le calcul des coefficients de corrélation existants entre deux stations voisines et des constantes d'ajustement pour les stations présentant les meilleures corrélations (Aime, 1988).

Figure 2. Limite et contexte morphologique du plateau de Mostaganem (Bellal, 2016).



1-Les ressources potentielles en eau dépendent d'abord de la pluviométrie

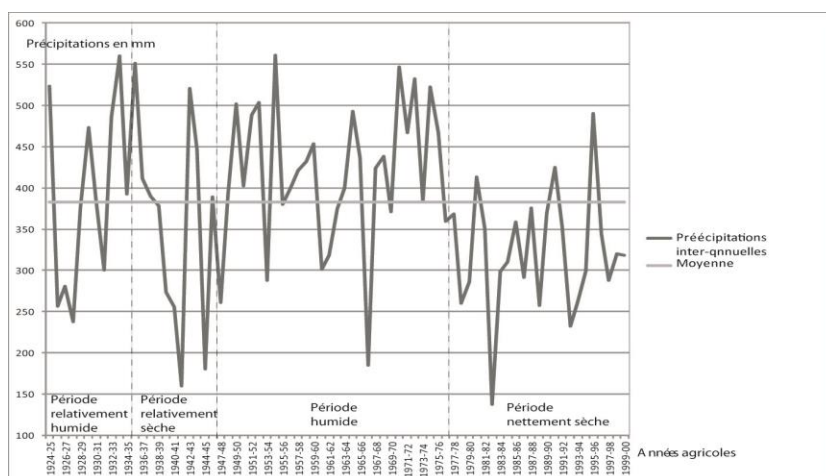
Les précipitations représentent la seule source hydrique pour le milieu naturel, mais l'apport global apprécié par les mesures pluviométriques est fortement modifié sur le terrain par de multiples facteurs dont la pente et le micro-relief qui influent sur le ruissellement superficiel (drainage externe, infiltration ou au contraire accumulation).

S. Aimé (1988) a mis en évidence, d'après l'évolution des précipitations à Oran-Sénia et sur plus de 70 ans, 4 périodes climatiques (grâce à la méthode des précipitations cumulées) dont la tendance se situerait soit au-dessus du volume des précipitations moyennes (sur 76 ans), soit au-dessous. Ce sont :

- 1924-1934, période relativement humide.
- 1935-1945, période relativement sèche.
- 1946-1976, période humide.
- 1977- 2000, période nettement sèche.

Nos propres données (complément des données de précipitations de 1986 à 2000) sur Oran nous ont permis de constater que la sécheresse qui a commencé en 1977 continue encore de sévir. Par ailleurs, la période 1977-2000 qui nous intéresse directement s'avère nettement plus sèche et atteste d'une tendance déficitaire des précipitations lors des 23 dernières années où les 18 valeurs annuelles se trouvent en dessous de la moyenne (Fig 3). C'est là, en effet, que l'on repère l'année la plus sèche sur 76 ans: 1981-1982. Son déficit pluviométrique par rapport à la moyenne est de 194 mm.

Figure 3. Variations interannuelles des précipitations de la station d'Oran-Sénia (1924/1925-1999/2000)



L'analyse de la variabilité interannuelle des précipitations mérite d'être complétée par l'étude de la variabilité des précipitations mensuelles. Les valeurs moyennes mensuelles pluviométriques relatives à la période 1954-1991 et à la période 1954-1984, représentées par le tableau N°1, traduisent

clairement les variations inter-mensuelles de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle, les quatre stations font ressortir deux saisons distinctes: une saison sèche et chaude et une saison fraîche et pluvieuse (saison humide).

- Une saison sèche, qui correspond à l'été (juin, juillet, août et septembre), caractérisée par un déficit pluviométrique et concerne toutes les stations.

- Une saison humide, qui correspond aux autres mois de l'année – les mois les plus pluvieux diffèrent d'une station à l'autre. D'après la moyenne des précipitations mensuelles, les mois les plus pluvieux sont novembre, décembre, janvier et février. Le mois de décembre est le mois le plus humide dans toutes les stations, il est suivi généralement par le mois de janvier dans les stations d'Oran-Sénia et Mascara.

Tableau 1. Variation mensuelle des précipitations moyennes des quatre stations (en mm).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil	Août	Total
Mostaganem 1954-1991	11,2	41,5	45,8	64,9	45	45,7	39,3	33,6	26,4	8,92	0,92	1,72	365
Oran-Sénia 1954-2000	11,27	24,46	45,1	39,9	45,7	39,7	38,5	28,8	30,8	6,4	2,7	2,3	316,15
Cap-Falcon 1954-1984	7,2	26,6	37,2	54,6	31,2	33,3	34,8	35,2	16,6	6,09	0,23	1,43	284
Mascara 1954-1984	15,2	45,3	55,2	76,7	69	60,5	61,5	54,2	39,9	11,9	1,18	2,27	493

Source : ONM, 2009

Les précipitations mensuelles de Mostaganem, sont d'une configuration extrêmement simple. Elles se caractérisent par un maximum très accusé en décembre et un minimum entre juillet-août. Les quatre mois les plus pluvieux (novembre, décembre, janvier et février) enregistrent 54 % des précipitations annuelles avec plus de 44 mm chacun. Aux mois les plus arrosés s'opposent 4 mois secs: juin, juillet, août et septembre, qui ne reçoivent en moyenne que 23 mm de pluies, soit 6 % du total. Juillet et Août sont en fait d'une sécheresse absolue, quant aux mois d'avril et mai, ils totalisent 60 mm en moyenne, soit 16,4 % des précipitations moyennes. Les hauteurs des précipitations citées dans le tableau n°1 ne sont pas étalées sur les 5 mois de l'année, mais concentrées sur un certain nombre de jours. La moitié des précipitations annuelles tombe en l'espace de 20 à 30 jours durant les 5 mois les plus pluvieux de l'année. Il arrive que les pluies atteignent aussi plusieurs

millimètres en quelques minutes. En 1982, à Mostaganem, on en a enregistré 80 mm en 24 h, au mois de décembre.

2. Le régime thermique influe indirectement sur les ressources hydriques

Les moyennes mensuelles et annuelles, les minima et maxima (absolus et moyens) ainsi que la moyenne des extrêmes (Tab 2) permettent de dégager certaines caractéristiques, et l'on voit nettement se dessiner deux saisons thermiques distinctes avec de courtes transitions.

2.1. La saison chaude

La saison "chaude" est marquée par l'augmentation générale de la température. Elle est caractérisée par le nombre de jours où la température maximale est supérieure à 25°, généralement de juin à septembre. Cette période est caractérisée aussi par des températures moyennes mensuelles supérieures à 20°, de Juin à Septembre, avec des maximales en août dans toutes les stations. Les températures maximales absolues sont partout élevées en mois d'août, particulièrement dans la station de Mascara (37,4 à Mascara, 33,9 à Oran-Sénia, 33,1 à Mostaganem et Cap-Falcon avec 31,6° en septembre). Les températures maximales d'hiver restent largement élevées comme c'est le cas à Oran-Sénia (19,3° en janvier, 21,6° en février, 20,6° en décembre). La moyenne des températures maximales est observée au mois d'août dans toutes les stations (29,7° à Mostaganem, 31,4° à Oran-Sénia, 27,7° à Cap-Falcon et 34,2° à Mascara). Les moyennes minimales les plus élevées dans les quatre stations se situent au mois d'Août (21,1° à Mostaganem, 19,6° à Oran-Sénia, 22,4° à Cap-Falcon et 18 ° à Mascara). On remarque que les moyennes minimales décroissent vers le sud. Ainsi, partout les mois de la saison chaude connaissent des moyennes élevées. Enfin, la saison chaude est non seulement caractérisée par des valeurs thermiques très prononcées, mais aussi par une longue durée d'insolation, une intensité accrue de la radiation solaire, provoquant de fortes évapotranspirations et par conséquent un déficit en eau.

2.2. La saison fraîche.

La saison fraîche est caractérisée par des moyennes mensuelles inférieures à 17° C dans toutes les stations, de novembre à avril. Nous relevons les moyennes les plus basses en décembre, janvier, février avec un minimum en janvier dans toutes les stations. Les moyennes minimales mensuelles varient de 4,4° à 5,8° pour le mois de Janvier à Mascara et à d'Oran-Sénia, et de 7,8° à 10,6° à Mostaganem et à Cap-Falcon et ce, pendant les trois mois consécutifs : décembre, janvier et février. Les températures minimales absolues observées atteignent jusqu'à -5,5° à Mascara en Janvier, tandis que les températures minimales absolues de Mostaganem et d'Oran-Sénia oscillent entre 0° et 1,7° pendant le mois de janvier. Les températures minimales mensuelles moyennes restent élevées sur le littoral à Cap-Falcon (15,5°) et à Mostaganem (13,7°). Ainsi la saison fraîche est caractérisée par de fortes variations thermiques. Les

minimums moyens et les minimums absolus font apparaître des moments de froid plus particulièrement vers l'intérieur et en montagne.

Tableau 2. Températures mensuelles et annuelles moyennes et leurs extrêmes de quatre stations.

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août
Mostaganem (1954-1991)A	19	15,1	11,2	8,6	7,8	8,5	9,4	11,4	14,2	17,4	20,6	21,1
B	16	9,7	3,7	4,3	0	5,8	5,1	7,4	11,3	14,3	17,8	16,6
C	27,3	23,4	19,5	16,2	15,7	16,6	18	19,6	22,6	25,6	28,8	29,7
D	30,9	26,3	22,8	20,2	18,2	20	21	23,7	25,9	29,1	32	33,1
E	23,2	19,3	15,4	12	11,7	12,5	13,7	15,4	18,3	21,5	24,6	25,5
Oran-Senia (1954-1991)A	17,3	13,5	9,2	6,3	5,8	6,7	8	9,9	12,9	13,3	19	19,6
B	15,3	11,3	6,4	3,2	1,7	3,7	5,9	8,1	11,3	14,3	16,3	17,2
C	29,1	24,9	20,4	17	16,4	17,5	18,6	20,7	23,4	27,2	30,5	31,4
D	33,6	27,9	23,6	20,6	19,3	21,6	21,1	23,4	27,8	29,9	32,5	33,9
E	23,3	19	14,8	11,6	11,1	12	13,3	15,3	18,1	21,8	24,9	25,5
Cap-Falcon (1954-1984) A	20,8	17,3	13,6	10,7	10,6	10,6	11,5	12,8	15,5	18,4	21,5	22,4
B	17,6	14,8	11,2	7,9	6	5	8,1	10,3	11,3	13,1	17,5	18,7
C	26,3	23,1	19,3	17	16,2	16,5	17,1	18,4	21,1	24	26,9	27,7
D	31,6	25,2	21,3	21,4	18,6	19,9	18,7	21,2	23,7	26,3	29	29,1
E	23,7	20,2	16,5	14,1	13,5	13,6	14,4	15,7	18,3	21,2	24,2	25,1
Mascara(1954-1984)A	15,4	11,6	7,8	5,2	4,4	5,2	6,2	8,1	10,9	14,5	17,6	18
B	10,5	7,4	2,7	1,1	-5,5	2	2,8	5	3,5	10,7	12,4	13,8
C	29,8	23,8	18,7	14,6	14,2	19,2	17,8	20,2	24,1	19,2	34	34,2

D	33,7	28	23,6	19,1	17,2	20,9	21,2	29,9	31,1	36,5	37,3	37,4
E	22,6	17,8	13,3	9,9	9,5	10,5	12,1	14	17,5	21,8	25,8	26,2

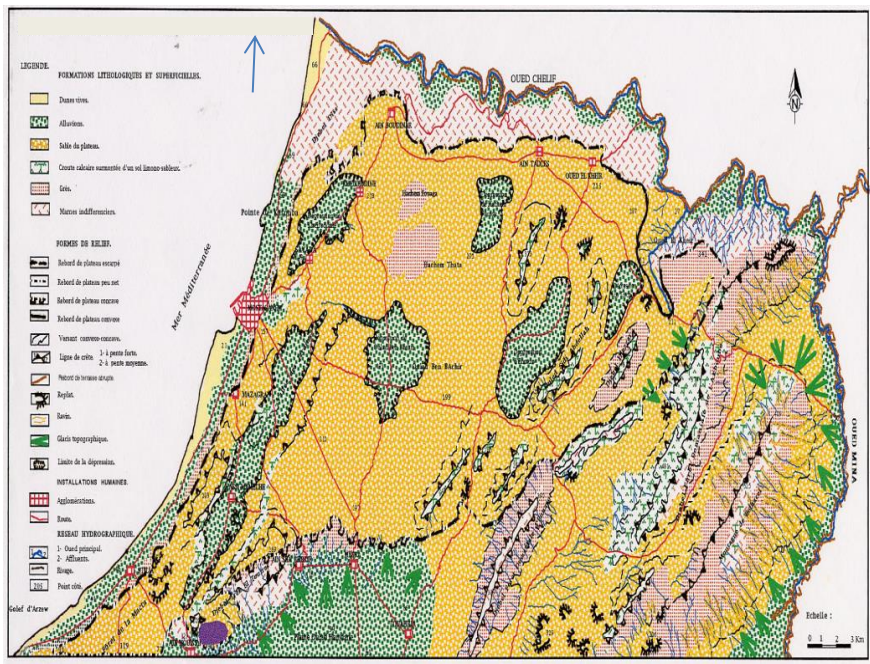
Source : ONM, 2009

- Moyenne des minimums = A
- Minimum absolu = B
- Moyenne des maximums = C
- Maximum absolu = D
- Moyenne thermique annuelle et mensuelle = E

3. Le réseau hydrographique du plateau de Mostaganem faible matérialisé par des dépressions

La surface du plateau de Mostaganem est ondulée, elle est formée d'une succession de dépressions et de rides parallèles entre elles et à la côte, orientées généralement SSW/NNE. Les dépressions sont très larges, allongées et en forme de fuseaux, d'ouest en est, la dépression de Hassi Mamèche et la vallée des Jardins au sud de la ville de Mostaganem, la dépression de Kheireddine au nord, la dépression de Hachem Fouaga au nord-est, la dépression d'Ouled Ben Bachir au centre, la dépression d'Ennaro à l'est d'Ouled Ben Bachir et enfin celle de Torch vers l'extrémité est du plateau (Figure 4).

Figure 4. Croquis géomorphologique du plateau de Mostaganem (Bellal, 1998)



La dépression de Hassi Mamèche et la "vallée" des Jardins est une dépression fermée, non drainée. Elle s'étend sur 1900 hectares. Son point bas se trouve à 129 m. De forme elliptique, elle est occupée par les eaux en hiver.

La dépression de Kheireddine est drainée, l'écoulement de ses eaux se fait vers la ville de Mostaganem grâce à l'oued Ain Séfra qui a 11 km de long et qui prend naissance dans la région des Sept puits. Il reçoit le trop-plein de la source de Kheireddine.

La dépression de HachemFouaga reçoit les eaux des versants de la zone comprise entre la bordure Nord du plateau et le revers occidental de la crête des Ouled Sidi Abdallah.

La dépression d'Ouled Ben Bachir est une cuvette fermée où les eaux séjournent au fond.

La dépression d'Ennaro est très étroite et rectiligne, elle s'ouvre sur la plaine d'Ouled Hamdane.

La dépression de Torch possède un exutoire naturel: l'Oued El Kheir affluent de rive gauche du bas Chélif. Il est alimenté par les sources d'Ain Soltane et Ain Hallouf.

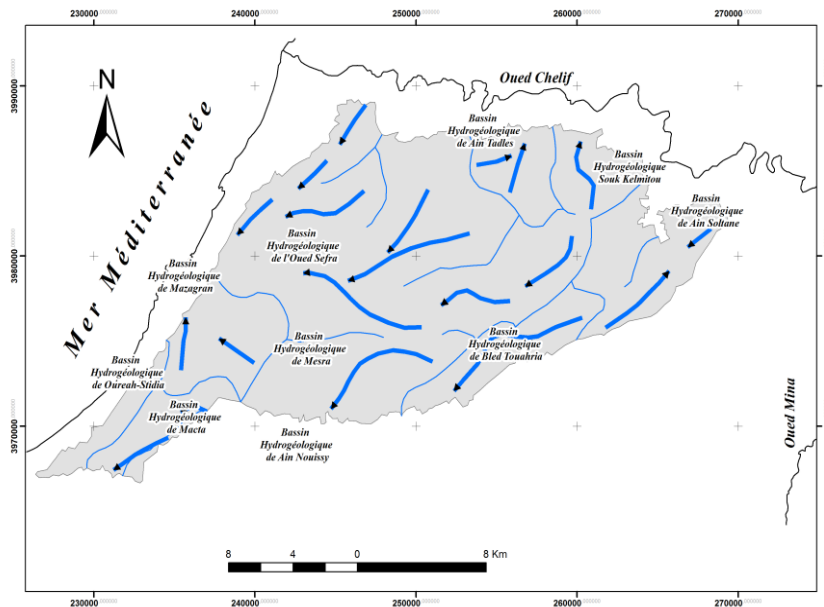
Au premier abord, le plateau de Mostaganem semble réunir tous les atouts pour permettre l'accumulation des eaux souterraines. Le premier atout caractéristique réside dans son cadre structural, lequel est favorable à la constitution de la réserve en eau, matérialisé par des synclinaux (la dépression Hassi-Mameche-Mostaganem-Kheireddine en est le principal). Le deuxième atout est d'ordre lithologique: les formations marneuses du Pliocène inférieur et du Miocène supérieur supportent la ressource en eau souterraine et forment le mur de l'aquifère du plateau, tandis que les formations du Quaternaire et du Pliocène supérieur sont matérialisées par des dépôts perméables intéressants car permettant l'infiltration de l'eau et par conséquent l'alimentation des réserves d'eau souterraines. (BELLAL, 1998).

4. Ressource en eau souterraine : fluctuation de la nappe du plateau de Mostaganem de 1970 à 2010

Les ressources en eau souterraines sont beaucoup plus difficiles à appréhender que celles des eaux de surface, en raison de la complexité du système hydrogéologique et notamment des formations géologiques. En effet, il n'y a pas une concordance entre les limites topographiques et les unités hydrogéologiques du plateau de Mostaganem. La nappe principale du plateau de Mostaganem est située essentiellement dans les grès et les sables plio-quaternaires. Au nord, le système est limitée par l'affleurement des marnes bleues du Miocène dont la présence entraîne l'existence d'une ligne de source au contact des sables du plateau. Au sud, ces marnes apparaissent au niveau du Djebel Trek El Touires. A l'ouest, ce sont les marnes du Plaisancien et du Miocène supérieur qui définissent les limites de l'aquifère. A l'est enfin, nous avons limité notre étude au village Bled Touahria qui concorde avec la limite de la carte géologique 1/50 000ème).

L'étude élaborée par J. Gaucher en 1970 a consisté à dresser une carte hydrogéologique par la méthode de géophysique et ce, à partir de 440 puits, à raison d'un puits tous les 2 km² environ. La carte a permis de distinguer les différents bassins hydrogéologiques constituant la nappe du plateau. Qui sont au nombre de 11 bassins hydrogéologiques. La superficie du réservoir aquifère totale est de 604 km².

Figure 5. Carte des bassins hydrogéologiques de la nappe du plateau de Mostaganem (Bellal. 2016)



Les superficies varient d'un bassin hydrogéologique à un autre (Fig 5). Le minimum est enregistré au bassin hydrogéologique de l'Oued El Kheir (17,15 km²). Tandis que les deux bassins hydrogéologiques, de Mazargan et d'Oued Sefra, ont deux directions d'écoulement chacun : le premier a les directions d'écoulement S/N et SE/NW, le deuxième E/W et NE/SW ; cependant, les axes principaux d'écoulement ont des directions divergentes, et la direction NE/SW reste la direction privilégiée, correspondant à la direction des structures principales du plateau.

La profondeur moyenne de la nappe du plateau de Mostaganem, d'après J. Gaucher (1970), est de l'ordre de 15 à 20 m, avec toutefois des zones moins profondes (10 m et moins) au niveau des dépressions, et des zones plus profondes (environ 30 m) sous les zones hautes du plateau.

Tableau 3 : Bassins hydrogéologiques de la nappe du plateau

Bassins hydrogéologiques	Superficie en km ²	Écoulement	Exutoire
Ain Soltane	70,1	S/N	Ain Soltane
Oued El Kheir	17,15	S/N	Ain Hallouf
Ain Tadles	23,25	S/N	Source Ain Tadles
Souk Kelmitou	28,15	S/N	Source Souk Kelmitou
Oued Séfra	199,97	E/W et NE/SW	Oued Séfra
Mazagran	40	S/N et SE/NW	Source de Mazagran
Ouréah-Stidia	19,5	NE/SW	Source d'Ouréah
Forêt de la Macta	51,2	NE/SW	Oued Tinn
Ain Nouissy	30,8	NE/SW	Ain Nouissy
Mesra	54,37	NE/SW	Source de Mesra
Blad Touahria	69,65	NE/SW	Plaine de Bordjias

Source : Gaucher, 1970.

La disposition et les formes des courbes piézométriques, montrent que la nappe du plateau est alimentée par sa propre surface qui accueille les précipitations. Elle est alimentée aussi à partir des différentes collines ou bombement affectant le plateau et les bordures. La nappe est drainée par des sources situées sur le pourtour du plateau et ce, à la faveur du contact du substratum marneux avec des grès et sables de Calabrien. Les bassins Ain Soltane, Ain Tadles, Sour Kelmitou et Ain Nouissy sont drainés par des sources portant le même nom. Deux bassins hydrogéologiques: Oued Sefra et Mesra correspondent plus ou moins au réseau de drainage.

L'étude piézométrique de la nappe du plateau de Mostaganem réalisée par A. Baiche (2010) a permis d'utiliser les puits déjà répertoriés en 1972 par le bureau d'inventaire des ressources hydrauliques. Ceux-ci se disposent à raison d'un ouvrage tous les 2 km² et leur fond varie entre 3,49 m (Ferme de la Courre) et 67 m, avec un calibre allant de 1,50 à 2,50 m. Ils sont dispersés sur toute la zone et sont spécifiés suivant leur utilisation: puits des individuels et ceux du secteur agricole. A chaque puits sont référés un numéro et des indices qui sont portés sur une fiche technique en plus de certaines informations.

Les mesures réalisées en 2010 ont permis de lever une carte en courbes isopièzes qui représente des bassins hydrogéologiques proche de celle établie par J. Gaucher (1970). Il a distingué trois systèmes sur la carte piézométrique:

- Nappe du Nord du Djebel Trek El Touires (nappe du plateau de Mostaganem),
- Nappe du Sud du Djebel Trek El Touires,
- Nappe du littoral.

La superposition des deux cartes hydrogéologiques (Fig 6a et Fig 6b) du plateau de Mostaganem dévoile des fluctuations de l'aquifère des bassins hydrogéologiques de la nappe (Fig 7). Cette dernière présente des secteurs où le niveau moyen piézométrique de la nappe est remonté par des secteurs stables et des secteurs où le niveau piézométrique accuse une diminution considérable au cours de ces 20 ans. L'augmentation du niveau piézométrique est de l'ordre de 0 à 8 m, voire de 11 m en certains endroits: bassin de l'Oued Séfra, les bordures N-E du bassin de Mazagran et du bassin Ouréah à Stidia ainsi qu'une partie du bassin de Ain Sidi Chérif -Mesra.

Figure 6 a. Carte hydrogéologique de la nappe du plateau de Mostaganem d'après J. Gaucher, 1970

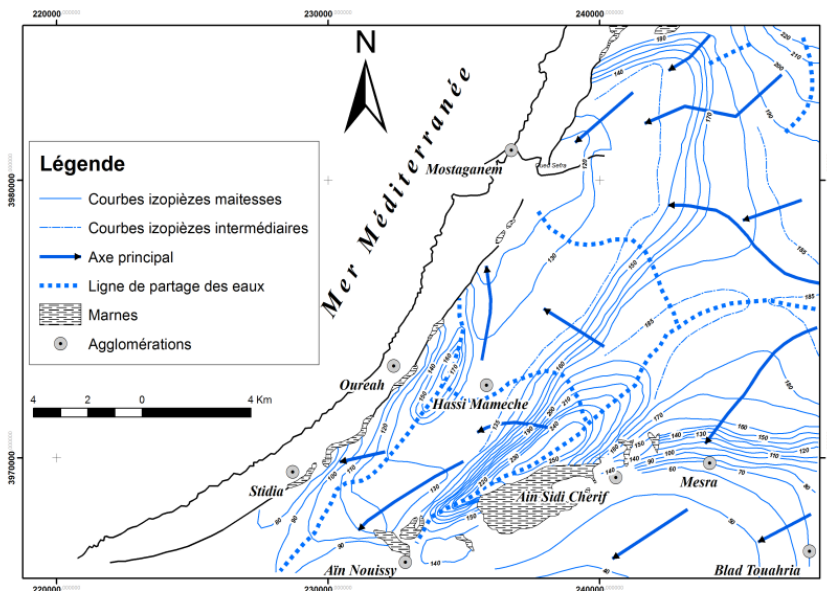
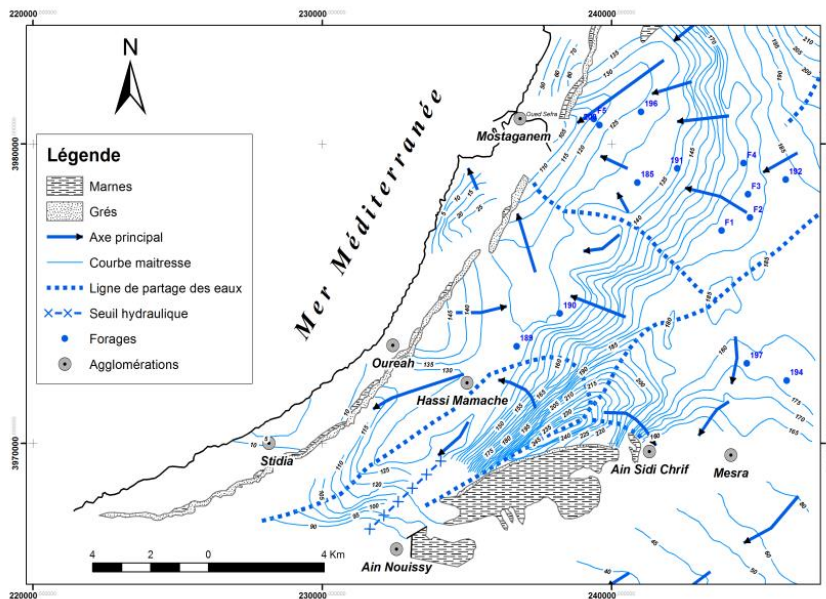


Figure 6 b. Carte hydrogéologique de la nappe du plateau de Mostaganem d'après A. Baiche, 2010



Les zones stables dont le niveau piézométrique se trouve à 0 m occupent des surfaces importantes pratiquement dans les bassins hydrogéologiques de la nappe du plateau.

Les zones où il y a une baisse de la nappe sont:

- La partie occidentale et S-E de Mazagran (de 0 à -6m),
- La partie Sud et Est de Ain Nouissy (de 0 à -4m),
- La zone limite des bassins de l'Oued Ain Sefra et celle de Mazagran,
- Le centre du bassin de Ain Sidi Chérif-Mesra (BladTouahria) qui ne fait pas partie du plateau (de -2 à -4m),
- Une petite partie (S-E) du bassin de l'Oued Ain Sefra (de -2 à -4).

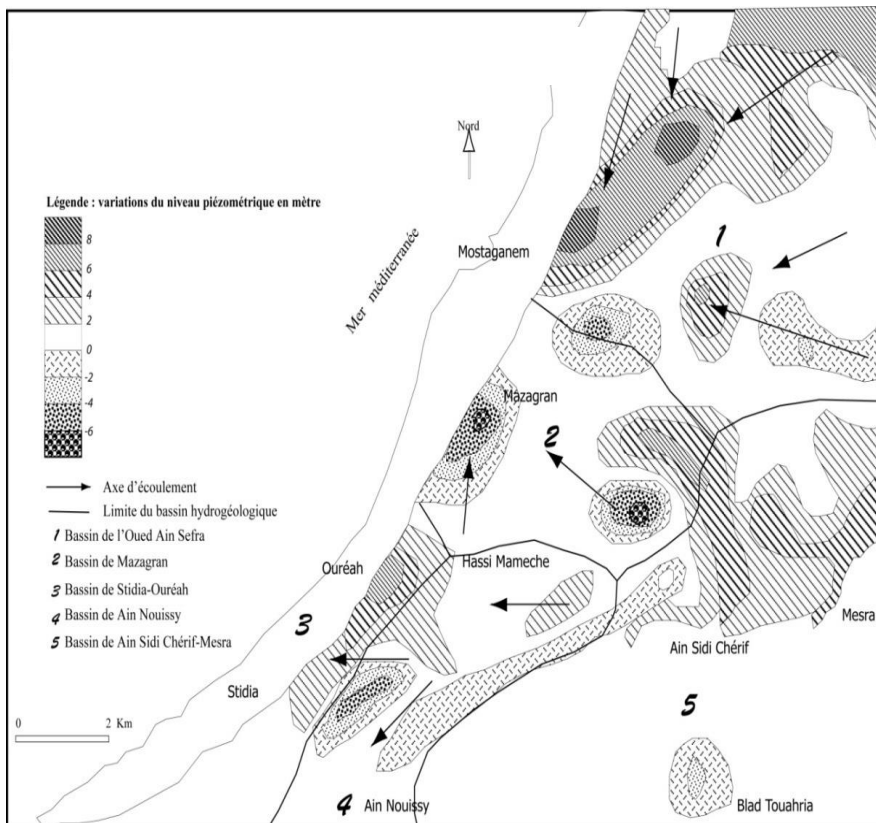
La baisse constatée est due généralement à l'existence de nombre de forages importants sur ces bassins et à une exploitation intensive des terres irriguées ayant conduit à une multiplication anarchique des puits agricoles. Ceci est confirmé par les données que nous avons recueillies auprès de la Direction Hydraulique de la Wilaya de Mostaganem.

En effet, à titre d'exemple, la commune de Hassi Mamèche possédait en 1987 ; 718 puits. Elle est passée à 1500 puits en 2010, soit un accroissement de 782 puits (2010-1987). Cette augmentation est quasiment générale dans l'ensemble des communes du plateau. Elle reflète une dominance de petites exploitations individuelles ou collectives de superficies moyennes pratiquant des cultures intensives ou semi-intensives, surtout du maraîchage. Elles

comportent toutes au moins un puits, équipé d'une motopompe. L'abondance des puits d'irrigation est due à l'avènement de la motopompe qui, depuis ces dernières décennies, a provoqué une profonde mutation dans le plateau de Mostaganem. Les prêts financiers de l'état aux petites propriétaires privés et aux secteurs coopératifs ont permis l'achat de motopompes pour prélever l'eau des puits, la paysannerie a su mettre cet outil au service de la terre. La multiplication spontanée des puits, certes moins prononcée qu'il y a 20 ans, se poursuit jusqu'à maintenant.

Les pompages dans la nappe pour les besoins d'irrigation s'effectuent durant 8 mois sur 12 en moyenne, de la mi-Mars à la fin Octobre, à raison de 6 à 8 heures en moyenne par jour, chaque puits équipé d'une motopompe débite autour de 3 l/s, soit un débit fictif continu annuel de 0,6 l/s. Les volumes d'eau utilisés pour l'irrigation sont très variables selon la période et le type de culture ; ils peuvent atteindre jusqu'à 10 000 m³/an/ha, en raison des énormes pertes par évaporation dues au système d'irrigation par gravité (Bellal, 1998).

Figure 7. Carte de fluctuation de la nappe du plateau de Mostaganem (1970-2010). (Bellal, 2016)



Les apports d'eau de la nappe par infiltration des précipitations, en moyennes annuelles, ont été estimés à 26,7 Hm³ par la D.E.M.R.H en 1978. Par contre les prélèvements directs de l'eau dans la nappe pour l'alimentation en eau potable

et industrielle sont estimés à 3,2 Hm³, et à 8,2 Hm³ pour l'irrigation, ce qui donne un total de prélèvement de 11,4 Hm³ en 1978. Pour ce qui est des écoulements naturels, c'est à dire les sources, on note un total de 15,3 Hm³, dont 2,3 Hm³ de fuite souterraine et 13 Hm³ de débit des sources (donc total 11,4+15,3=26,7 Hm³).

Un autre essai de bilan de l'aquifère du plateau de Mostaganem, établi par A. Baiche et *al* en 2015, considère comme très approximatif, nous révèle que les gains de renforcement des réserves de la nappe sont de l'ordre de 54 106 m³ et les pertes (abaissement de l'eau) de l'ordre de 330 106 m³. Donc, le bilan de l'aquifère est négatif, il est de l'ordre de 276 106 m³. Ce déficit serait entraîné par une surexploitation de la nappe de l'ordre de 3 m³/s (Baiche et *al*, 2015).

L'origine de cette eau souterraine provient de l'infiltration des précipitations dans le sol. Elle s'insinue par gravité dans les pores et les fissures des roches.

Vu les vagues de sécheresse, les pluies n'ont pas suffi à recharger la nappe. Par ailleurs, l'assèchement et le tarissement des puits, des forages et des sources a généré une compétition entre les agriculteurs à aller chercher de l'eau en profondeur (qui conduit à une différenciation socio-économique importante.)

Donc, cette nappe subit des variations importantes au cours de l'année et d'une année à l'autre. C'est ainsi qu'à la suite d'une série d'années sèches, à partir de 1980, et de la surexploitation du stock d'eau ou de son utilisation intensive, dépassant les capacités de renouvellement, la nappe du plateau de Mostaganem a fortement baissé. La capacité de la nappe était estimée à 29 millions de m³ environ, en l'année 1970-1971 ; elle a chuté à 20 millions de m³ (estimation de la Direction des Services Agricoles de Mostaganem). De plus, elle est surexploitée par de nombreux captages opérés depuis les dernières réorganisations des terres agricoles et le creusement des puits, ce qui aggrave son rabattement. Ce dernier peut atteindre parfois 2 à 3 m par an.

C'est là l'indice d'une nappe exploitée à la limite de ses possibilités du fait de la multiplication anarchique des puits et de l'assèchement du climat, du moins de la raréfaction des hivers pluvieux.

Conclusion

Les principaux facteurs intervenant directement dans les ressources potentielles en eau sont, en premier lieu, les précipitations. Le plateau de Mostaganem reçoit annuellement une tranche d'eau comprise entre 300 et 400 mm. Les rythmes pluviométriques sont méditerranéens ; ils sont caractérisés par une double irrégularité interannuelle et annuelle, avec une opposition entre une saison fraîche et humide et une saison chaude et sèche. La dernière période, de 1977 à 1991, est marquée par une sécheresse nette et attire notre attention sur le problème du renouvellement des ressources en eau potentielle.

Le deuxième facteur est la température. L'étude des températures moyennes mensuelles met en évidence, là aussi, deux saisons thermiques, bien distinctes et de même durée (6 mois) : de mai à octobre, pour la saison chaude et de novembre à avril, pour la saison fraîche. Les fortes températures de l'été font augmenter considérablement l'intensité de l'évaporation et par conséquent, l'importance des besoins en eau.

Enfin la combinaison entre les précipitations et les températures : il existe une nette coïncidence typiquement méditerranéenne entre le maximum thermique et le minimum pluviométrique, ce qui se traduit par une évapotranspiration qui atteint sa valeur plafond. Cette intensité de l'évapotranspiration dépend, en réalité, de l'importance du déficit de saturation de l'air.

Tous ces facteurs contribuent à expliquer la diminution rapide de la ressource en eau, superficielle et souterraine, dans un climat de type semi-aride, a été sec et à hiver pluvieux.

Les principales manifestations de cette dégradation hydrogéologique se résument dans l'abaissement du niveau piézométrique de la nappe dans quelques bassins hydrogéologiques (jusqu'à -6 m par endroit). La conséquence directe de l'abaissement des eaux souterraines est le tarissement des puits, des forages et des sources (notamment sur les bordures du plateau). Cette situation pousse les agriculteurs à approfondir chaque année des puits pour chercher l'eau (entre 1 à 2 m par an, selon un entretien mené avec les exploitants au moment de l'enquête sur le terrain). Les profondeurs des puits peuvent atteindre 40 à 50 m et ce, pour chercher l'eau dans les zones où la nappe a subi des fluctuations.

La surexploitation des eaux souterraines est pour l'instant au stade des interrogations. Elle se manifeste par une baisse importante au niveau des axes de drainage de la nappe, particulièrement au niveau du bassin de Mazagran et d'une partie de celui d'Ain Nouissy. La disponibilité de l'eau à faible profondeur a favorisé l'extension des pompes agricoles et industriels, celle-ci atteint un degré inquiétant. On craint que l'alimentation annuelle de la nappe ne compense plus les prélèvements et que l'on soit déjà au stade de puiser sur les réserves accumulées antérieurement. Dans ces conditions, un programme de gestion des ressources du plateau doit être rapidement établi et ce, pour permettre aux ressources de se reconstituer dans les secteurs où la nappe a connu les rabattements les plus importants.

BIBLIOGRAPHIE

AIME S, 1991, Étude de la transition entre les bioclimats subhumides, semi-aride et aride dans l'étagé thermo-méditerranéen du tell Oranais (Algérie Occidentale), Thèse de doctorat d'Etat, Université de Aix en Provence Marseille III, 200 pages.

ALCARAZ Cl, 1974, La végétation de l'Ouest Algérien, Thèse Doctorat d'Etat, Université de Perpignan, 415 pages.

- ARRUS R, 1985, L'eau en Algérie, de l'impérialisme au développement (1830-1962), O.P.U/P.U.G, Alger/Grenoble, 388 pages.
- ASTER J-L 1971, Géophysique appliquée à l'hydrogéologie. Editions Masson, Paris, 350 pages.
- BAICHE A, 2015 : Surexploitation des ressources en eau de l'aquifère du plateau de Mostaganem. Larhyss Journal, n°22, Juin 2015, pp. 153-165.
- BELLAL S-A, 1998, Les ressources en eau et leur utilisation dans le plateau de Mostaganem. Thèse de Magister. Université d'Oran.
- BETHEMONT J, 1977, De l'eau et des hommes, essai géographiques sur l'utilisation des eaux continentales, Bordas.
- CASTANY G, 1982, Principe et méthode de l'hydrogéologie, Editions Dunod, Paris, 256 pages.
- CHAUMONT, PAQUIN, 1971, Carte pluviométrique de l'Algérie nord-occidentale au 1/50 000, 4 feuilles + notice, Soc. Hist. Nat. Afriques du Nord, Alger.
- DECROUSSE A, 1990, Toute l'eau du monde, Editions du May, 154 pages.
- DESJEUX D, 1985, L'eau, quel enjeu pour les sociétés rurales, Paris Harmattan, 220 pages.
- DEZERT B, FRECAUT R, 1978, L'économie des eaux continentales" aménagement et environnement, Paris, C.D.U.-S.E.D.E.S., 185 pages.
- FENET B, 1975, Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain : les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. Thèse d'Etat sciences. Nice.
- FRECAUT R, 1964, Eléments d'hydrologie continentale, Paris, C.D.U., 231 pages.
- FURON R, 1963, Le problème de l'eau dans le monde, Paris, Payot, 313 pages.
- GAUSSEN H, BAGNAULS M-F, 1948, Carte des précipitations de l'Algérie " moyenne 1913-1947", échelle 1/500 000, 4 feuilles, I.G.N., Paris.
- GAUCHER J, 1972, Etude hydrogéologique de la région de Mostaganem. DEMRH, section étude et programmation, Oran, 165 pages.
- LOUIS P, 1986, L'homme et l'eau en Méditerranée et au Proche Orient, Lyon, Maison de l'Orient, 128 pages.
- LOUP J, 1974, Les eaux terrestres, Paris, Masson, 171 pages.
- MARGAT J., 1988, La ressource en eau dans les pays du Maghreb. Les spécificités qui conditionnent exposé au séminaire "Eau Formation, Développement", organisé à Tunis par la Fondation de l'eau, en introduction à l'atelier N°1 "Evaluation et mobilisation de la ressource en eau"
- REPARAZ, 1986, L'eau et les hommes en Méditerranée, Edition dun C.N.R.S., 315 pages.

ROCHE M., 1963, Hydrologie de surface. Paris, Gauthier-Villard, 430p 204 fig.

SCHOELLER H., 1962, Les eaux souterraines, Paris, Masson, 642 pages.

SELTZER P., 1946, Le climat de l'Algérie. Inst. de Météo. et de Physique du Globe de l'Université d'Alger, 219 pages + annexe.

THOMAS G., 1985, Géodynamique d'un bassin intra-montagneux, le bassin du Bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire, Thèse Doctorat d'Etat Es-Science, Université de Pau et des pays de l'Adour.