

## **LES RESSOURCES EN EAU EN ZONE ARIDE ET LEUR INFLUENCES SUR LE GONFLEMENT DU SOL (Cas de la région d'In-Aménas en Algérie)**

**A.ZENKHRI<sup>a,1</sup>, M.KEBAILI<sup>b</sup>, A.NECHNECH<sup>c</sup>, Y.GHERAIRI<sup>d</sup>**

<sup>a</sup> Département de génie civil, Université UKMO, Ouargla, Algérie, Laboratoire EVRNZA, Laboratoire EEGO

<sup>b</sup> Département de génie civil, Université UKMO Algérie, Laboratoire EVRNZA

<sup>c</sup> Faculté de génie civil, Université USTHB, Alger, Algérie, Laboratoire EEGO

<sup>d</sup> Laboratoire de biogéochimie des milieux désertiques (UKMO)

### **Résumé**

La région d'In-Aménas est située dans le grand Sahara nord africain précisément dans le sud-est Algérien. Aussi, elle est classée zone hyperaride. Peu de ressources d'eau en cette région. Cependant, le sol est caractérisé par un gonflement très élevé. Le présent article consiste à présenter les diverses sources d'eau et leurs influences sur le potentiel du gonflement du sol.

### **INTRODUCTION**

L'eau, en termes de quantité et de qualité, est le facteur essentiel provoquant le gonflement du sol. Les sources d'eau de façon générale sont les précipitations, les eaux souterraines, les eaux usées, les eaux abondantes (rivière, lac, mer, ...). Pour cela, il est nécessaire de d'étudier les sources d'eau dans cette région afin de savoir quelle est la source qui amorce le gonflement du sol.

Vu la situation géographique de la région d'In-Aménas, les ressources en eau peuvent être soit par précipitation ou bien souterraines. La mer, les rivières et les lacs sont inexistantes dans cette région.

### **FACTEURS CLIMATIQUES**

Le sud Algérien est situé dans le grand désert le Sahara. Le climat y est typiquement continental avec influence directe sur le comportement du sol. Les facteurs influençant sur la teneur en eau dans le sol sont les précipitations, la température et le taux d'humidité/évaporation.

#### **Les précipitations**

La pluviométrie est la principale source d'eau au sol superficiel. Lorsque cette eau s'infiltré dans la première couche de sol, elle amorce le gonflement de celui-ci. La pluviométrie est mesurée en millimètres (mm) par unité de surface. Dans le tableau 1 sont résumés les résultats enregistrés des précipitations moyennes mensuelles mesurées à In-Aménas durant la période 1997 à 2006.

**Tableau 1.** Précipitation (mm) à In-Aménas (1997-2006)

Mois Année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
1997	-	-	0.1	1.0	-	2.0	-	0.3	0.4	<b>20.2</b>	TRACE	-
1998	-	-	TRACE	-	6.2	0.3	-	-	TRACE	-	-	5.6
1999	TRACE	0.2	3.5	TRACE	-	0.8	-	-	-	0.1	0.3	-
2000	0.3	-	-	-	1.2	-	-	-	-	<b>16.9</b>	-	-
2001	-	-	-	-	4.3	0.6	-	TRACE	-	0.9	-	-
2002	-	0.4	-	<b>14.7</b>	1.4	-	-	-	0.1	<b>19.7</b>	5.4	-
2003	-	7.7	0.1	2.1	4.2	-	TRACE	TRACE	1.5	0.4	-	0.2
2004	<b>7.3</b>	-	<b>8.4</b>	TRACE	TRACE	TRACE	-	-	-	-	0.7	3.5
2005	1.8	3.4	<b>24.5</b>	<b>15.3</b>	-	3.9	-	-	<b>14.8</b>	1.7	6.4	2.6
2006	<b>17.2</b>	6.6	-	0.1	0.3	TRACE	-	-	TRACE	TRACE	TRACE	TRACE

Les résultats exposés dans le tableau 1 montrent la rareté et l'irrégularité des précipitations. La moyenne mensuelle de la pluviométrie est inférieure à 25 mm. Cette quantité est reconnue faible pour la vie végétale et animale. Les pluies sont souvent sous forme d'averses, mais parfois intenses au point d'atteindre un état d'inondation en plusieurs endroits de la ville. Des témoins locaux affirment qu'en 1946 et 1952, des eaux pluviales ont complètement inondé la cuvette de la ville. De même, des pluies torrentielles ont été recensées en janvier 1991, novembre 1993 et mars 2005.

Le tableau 1 indique que les pluies sont sensiblement élevées durant les mois de mars, avril et octobre, et que des périodes assez longues séparent les événements de pluies intenses. Ceci implique que le sol est bien desséché, voire rétréci, à fissuré durant les longues périodes sèches comme montre la figure 1. L'affinité du sol à l'eau est donc augmentée. Les premières pluies trouveraient des fissures favorisant leur introduction au sous-sol.



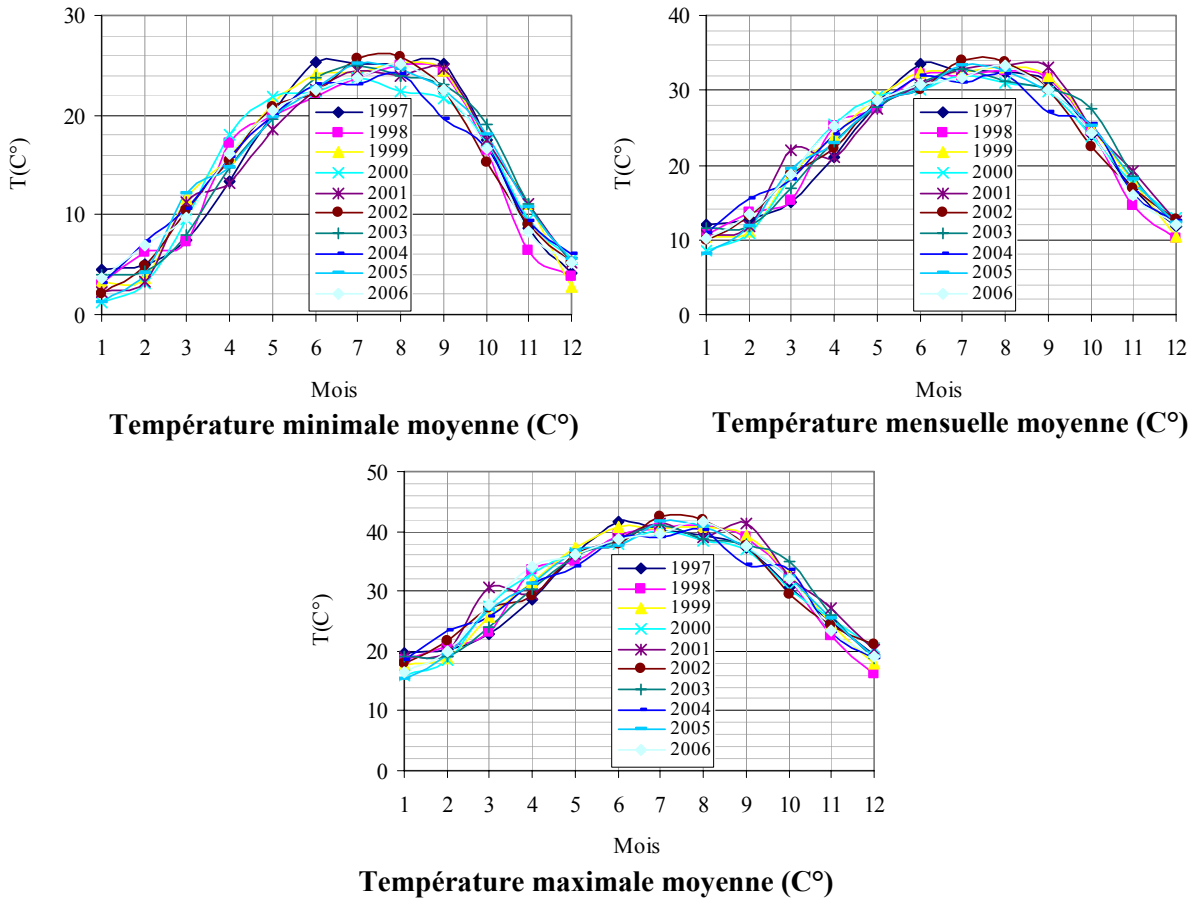
**Fig.1.** État fissuré du sol après une longue période de sécheresse

### La température

Le climat est caractérisé par des températures chaudes en été, froids en hiver. La température de l'air influe systématiquement sur la température du sol en particulier celui superficiel. A son tour, la température du sol affecte le régime d'évapotranspiration et l'humidité du milieu.

A In-Aménas, la température du sol est principalement due à l'ensoleillement. Des dilatations sont donc fort probables durant les jours par rapport aux nuits.

La figure 2 présente les températures mensuelles minimales, moyennes et maximales à In-Aménas.

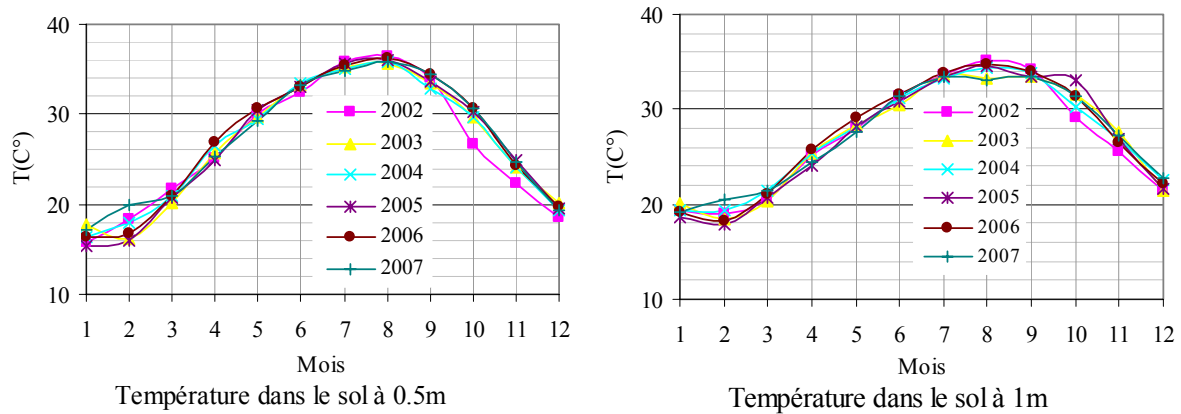


**Fig.2.** Température atmosphérique (C°) durant la période 1997-2006

En observation des résultats présentés sur la figure 2, le climat d’In-Aménas peut être divisé en deux périodes : la première est estivale et aride. Elle s’étend du mois d’avril au mois de septembre. La seconde est hivernale, elle concerne le reste de l’année.

La figure 2 montre que durant la période estivale, la température moyenne mensuelle est de l’ordre de 30 °C. L’évaporation devrait être proportionnelle durant les mois de décembre à mars, la température mensuelle moyenne est de l’ordre de 16 °C. L’écart de température est, non seulement, observé entre les périodes estivales et hivernales, mais aussi entre jour et nuit d’une même période. Ceci influe de façon directe sur les sols; la couche superficielle subit à des cycles de dilatation/raccourcissement ce qui provoque l’apparition des fissures (figure 1).

Comme escompté, la température atmosphérique se transfère directement au sol. La figure 3 donne les températures dans le sol à 0.5m et à 1m de profondeur à des intervalles réguliers de l’année.



**Fig.3.**Température (C°) dans le sol (2002/2007)

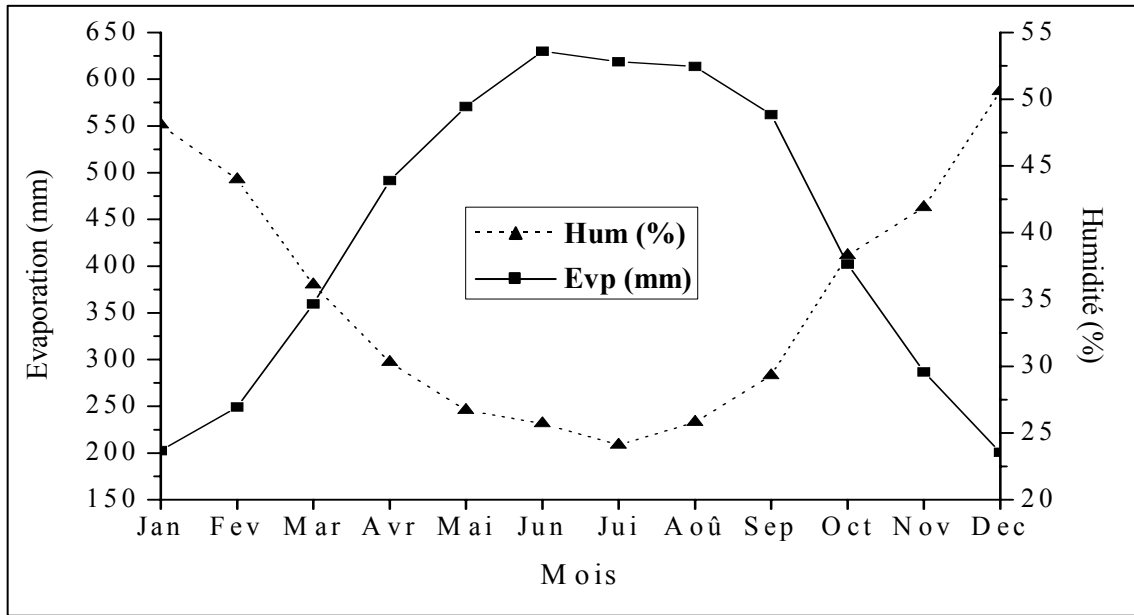
Les graphes montrent un écart de température de l'ordre de 2°C entre les profondeurs 0.5m et 1m. De plus, les écarts de température sont inversés dans la période hivernal par rapport à la période estivale. Les courbes montrent la variation des températures dans le sol au courant de l'année. Les courbes ont la même allure. Les températures les plus grandes sont enregistrées durant les mois d'août. Celles les plus faibles sont enregistrées durant le mois de janvier. Les écarts absolus de température entre hiver et été sont de 20°C à la profondeur 0.5m et de 16°C à la profondeur 1m. Les écarts seraient moins grands en profondeur.

A noter que l'admission de la température par le sol et la conservation de celle-ci dépendent, entre autres, de la couleur du sol (claire ou sombre), de l'état de fissuration du sol, de la porosité, de la nature minéralogique du sol et de la texture

### L'évaporation et l'humidité

L'évaporation et l'humidité sont deux facteurs climatiques opposés. Ils varient en fonction de la température. L'évaporation est exprimée en millimètre (mm), l'humidité en pourcentage (%). L'évaporation est le processus de transformation de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux sous l'effet de la chaleur, de l'humidité de l'air et de la pression atmosphérique. La vapeur d'eau peut donc se mouvoir en tant que composant de l'air ambiant. Si la surface du sol est suffisamment chauffée sous l'effet des facteurs climatiques, l'eau interstitielle, qu'elle soit libre, liée ou sous forme d'humidité, est sujette à l'évaporation. Ceci affectera, en toute évidence, des paramètres physiques tels que la porosité, le retrait et la densité du sol.

L'humidité de l'air est un paramètre clé dans la formation des nuages et des pluies. Lorsque l'air atteint un degré de saturation avancé en humidité, cette dernière se condense pour revenir à un état liquide. Plus l'air est sec, plus la température de condensation de la vapeur doit être basse et vice-versa. La figure 4 donne les variations mensuelles de l'évaporation et d'humidité de l'air à In-Aménas durant la période 1997-2006.



**Fig.4.** Moyennes annuelles décennales (1997-2006) de l'évaporation et de l'humidité.

La figure 4 montre que la période de sécheresse. Cette période commence le mois de mars jusqu'au mois d'octobre.

En résumé, l'aridité du climat favorise le dessèchement du sol, augmente son affinité à l'eau, provoque un état de fissuration et de retrait tel que les averse de pluies (bien que rares) atteignent directement le sous-sol. Les cycles d'humidifications/séchages sont si actifs durant l'année que les mouvements conséquents de gonflement/retrait affectent sensiblement les structures civiles.

## ÉTUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Les forages réalisés dans la région d'In-Aménas montrent que la présence et la profondeur de l'eau souterraine varient selon la nature du plateau géologique.

Le complexe hydrogéologique du bassin d'Illizi est situé dans le Cambro-Ordovicien. Ses eaux sont riches en chlore et en calcium. Cet aquifère se trouve à partir de la profondeur de 50m. A El-Adeb-Larache et Tiguentourine, l'aquifère est à 100m. A Zarzaïtine et à Taouratine, il est à au moins 350m. Les diverses études de reconnaissance du sol confirment qu'aucune nappe phréatique n'est rencontrée à moins de 15m. Ceci met les structures souterraines des bâtisses à l'abri des phénomènes physiques et mécaniques liés à la présence de la nappe phréatique et à ses fluctuations.

Le sol affleurant dans la région d'In-Aménas est globalement constitué de dépôts argileux du Trias et du Jurassique. Ce substratum est puissant d'au moins 200m.

Les altérations de surface confèrent à la croûte une physionomie grenue, sablo-graveleuse et de boulettes de divers calibres, cimentées les unes aux autres, dans une matrice en bancs gréseux. En sous-sol se trouve des formations argileuses de couleur variées : jaunâtres, verdâtres claires, en lits rougeâtres, grise-bleuâtres et blanchâtres. Le sol est de compacité moyenne à élevée et est fissuré. Le réseau de fissuration permettrait l'infiltration rapide des eaux superficielles.

L'enceinte de la ville d'In-Aménas se présente en forme de cuvette à fond plat. Celle-ci est le lieu de confluence de deux oueds, l'un venant du Nord-Ouest et l'autre du Nord-Est. Ils drainent les eaux pluviales provenant de reliefs élevés situés assez loin. Cette disposition peut être une source d'eau malgré l'aridité de la zone.

## CONCLUSION

Les ressources d'eau dans la région d'In-Aménas sont de deux types. Soit des ressources basées sur les conditions climatiques en particulier les précipitations, cependant, celles-ci sont peu fréquentées. Ou bien, des eaux souterraines à des profondeurs assez importantes. Le gonflement du sol acquiert un potentiel de gonflement élevé non seulement à cause de sa structure minéralogique et l'état de compacité mais aussi à sa grande affinité à l'eau.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **Al-Rawas, A.A. et Goosen, M.F.A. (2006)**, "Expansive Soil – Recent Advances in Characterization and treatment", Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences, Balkema, Taylor and Francis Group, London, UK.
2. **Bekkouche A., Aissa Mamoune S. M. et Djedid A., (2002)**, "Techniques de stabilisation des sols expansifs", Journées d'Études sur les Sols Gonflants (JESG), Laboratoire Eau et Ouvrage dans Leur Environnement, Département de Génie Civil. Université de Aboubakr Belkaid, Tlemcen
3. **Blight, G. E. et deWet, J. A., (1965)**, "The acceleration of heave by flooding, moisture equilibria and moisture changes beneath covered areas", A Symposium in Print, Butterworths, Australia.
4. **Derriche, Z., Iguechtal, L., et Tas, M., (1989)**, "Comportement des ouvrages dans les argiles expansives d'In-Aménas", Revue Française de Géotechnique, N°89.
5. **Djedid, A., Bekkouche, A., et Aissa Mamoune, S.M.,** "Identification et prévision du Gonflement de quelques Sols de la région de Tlemcen (Algérie)", Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées -233-Réf. 4375-PP. 67-75.
6. **Gromko, G.J., (1974)**, "Review of Expansive Soils", Journal Geotechnical Division, ASCE 100, 667-687
7. **Johnson L.D., Sneath D.R., (1978)**, "Prediction of potential heave of swelling soil", Geotechnical Testing Journal, vol. 1, no 3, pp. 117-124.
8. **Kebaili, M., (2008)**, "Construction sur Sols Gonflants au Service du Développement", Laboratoire Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zone Arides, Université Kasdi Merbah, Ouargla
9. **Nelson J. D., et Miller D. J., (1992)**, "Expansive soils problems and practice in foundation and pavement engineering", Edition John Wiley et Sons, INC
10. **Wakim J., (2005)**, "Influence des solutions aqueuses sur le comportement mécanique des roches argileuses", Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines (Paris)
11. **C.A d'In-Aménas**, Commissariat d'Agriculture d'In-Aménas, **2007**.
12. **CTC d'Illizi**, Contrôle Technique De Construction, **2007**.
13. **DPAT**, Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire d'In-Aménas. **2007**.
14. **ONM d'In-Aménas**, Office National de Météorologie (O.N.M), **2007**.
15. **PDAU D'In-Aménas**, plan directeur d'aménagement urbain. **2007**.
16. **S.T.C d'In-Aménas**, Service Technique de la Commune In-Aménas, **2007**.
17. **STG SONATRACH**, Service Technique de Géologie de la Division de Production de la SONATRACH, In-Aménas, **2007**.
18. **STGC SONATRACH**, Service Technique de Génie Civil de la Division de Production de la SONATRACH, In-Aménas, **2007**.

## AMELIORATION DE LA QUALITE DES EAUX D'IRRIGATIONS PAR CONDITIONNEMENT MAGNETIQUE EN ZONE SAHARIENNE

ATTAB .R<sup>(1)</sup>, MEZZAA .N<sup>(2)</sup>

(1,2) Laboratoire de Recherche exploitation et valorisation des ressources naturelles en zone arides

Email : [ATTAB\\_R@yahoo.fr](mailto:ATTAB_R@yahoo.fr)

### INTRODUCTION

Des investissements importants ont été consentis dans le développement de la mise en valeur des terres dans les régions sahariennes, néanmoins les résultats escomptés en terme d'amélioration et de stabilisation des rendements des principales cultures (dattes, céréales) n'ont pas été atteints l'effet escompté et dans certaines cas, des surfaces partiellement ou totalement, ont été abandonnés à cause de la dégradation de la qualité des sols. La faible rentabilité est généralement liée à l'utilisation d'une eau de qualité médiocre à mauvaise dans un milieu où les sols sont salés et la nappe phréatique est à faible profondeur (les eaux de la NP sont salées).

À l'étape actuelle les systèmes d'irrigation en zone saharienne consomment des quantités importantes d'eau puisées du complexe terminal et du continental intercalaire (360.000.000 m<sup>3</sup> pour la vallée de oued R'high et 270.000.000 m<sup>3</sup> pour la ville de Ouargla).

La ressource en eau étant limitée (eaux fossiles non renouvelables) et de qualité médiocre à mauvaise (la concentration des sels solubles varie entre 2 et 8 g/l) ainsi que la dégradation des sols observée incite à la recherche de moyens pour améliorer les eaux afin de diminuer leur consommation (sans pour cela créer un déficit d'humidité au niveau des sols) et par voie de conséquence améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols, les rendements des cultures et les stabiliser dans le temps et l'espace.

Parmi les méthodes par activation sur l'eau dans le but d'améliorer sa qualité, le conditionnement magnétique des eaux naturelles présente un intérêt particulier du fait de son impact sur l'augmentation des rendements des cultures agricoles, l'efficacité de lessivage et l'effet économique. L'eau naturelle de par sa configuration chimique est un électrolyte de concentrations variables, soumise à un champ magnétique, ses particules chargées (ions) se réorganisent et s'alignent avec des trajectoires plus stables dans le sens d'écoulement.

Cette réorganisation améliore le pH ainsi que les autres propriétés du système eau ce qui entraîne celles du milieu poreux qu'est le sol (amélioration de la qualité des sols).

Les travaux effectués dans ce domaine mentionnent une évolution positive de tous les processus qui régissent l'évolution des sols et des plantes, ainsi que l'obtention d'un effet économique évolué de 15 à 30 % supérieur à celui des irrigations avec eaux normales.

L'objectif des travaux présentés est de contribuer à la définition dans un premier temps, des paramètres géométriques de l'appareil d'activation magnétique suivant les conditions en irrigations en région saharienne et du taux possible d'augmentation de l'absorption des eaux par les plantes.