ETUDE COMPARATIVE DES SYSTEMES DE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE BASES SUR UN MOTEUR A INDUCTION

A. BETKA, A. MOUSSI *
Centre universitaire Larbi Ben M'Hidi Oum El-Bouaghi
Institut d'Electrotechnique
* *Institut d'Electrotechnique, Université de Biskra*

RESUME:

Les performances d'un système de pompage photovoltaique basé sur un moteur à induction se trouvent dégradées une fois l'éclairement varie loin de sa valeur nominale. Pour surmonter cet handicap, deux lois de commande judicieuses basées sur un contrôle de la fréquence sont suggérées. La première fixe l'amélioration du rendement du moteur, alors que la deuxième permet un fonctionnement à flux d'entrefer constant. Pour mener une étude de comparaison, on effectue une simulation à fréquence fixe. Les résultats de simulation montrent que des améliorations remarquables du rendement de la machine, de la quantité pompée ainsi que la stabilité de fonctionnement sont apportés.

Mots clés: *système photovoltaique, moteur à induction, rendement. flux constant.*

SUMMARY

The performances of a photovoltaic pumping system based on an induction motor are degraded once the insulation varies far from the value called nominal where the system was sized. To surmount this handicap, two control laws are presented in this paper. The first fixes as a goal the improvement of the motor efficiency by a proper adjustment of the motor frequency; while the second law permits a functioning under a constant air gap flux. The simulation results show that the motor efficiency, the pumped daily water amount and the stability are improved with the suggered laws.

Mots clés: *système photovoltaique, moteur à induction, ement. flux constant*

1. INTRODUCTION

L'utilisation de l'énergie solaire pour le pompage d'eau est particulièrement bien adaptée aux zones rurales où l'eau fait cruellement défaut. La demande croissante en eau dans ces zones pour l'alimentation en eau potable ainsi que pour l'irrigation , fait qu'un intêret grandissant est porté sur l'utilisation des modules solaires comme source d'énergie aux groupes ' moto-pompes'.

La majeur partie des systèmes de pompage actuellement implémentés utilisent comme actionneur électrique : le moteur à courant continu ou le moteur sans balais BLDC. Les problèmes de coût et de maintenance ont favorisé la moteur à induction à cage d'être une nouvelle alternative.

Dans ce papier une étude comparative de trois systèmes de pompage photovoltaique au fil du soleil basés sur un moteur à induction est présentée. Le premier consiste en l'amélioration du rendement de la machine par l'ajustement de la fréquence fournie par l'onduleur de tension alimentant le moteur, alors qu'un deuxième caractérise un fonctionnement à flux d'entrefer constant (V_m /f=Cste) . Pour mener une étude de comparaison, on effectue une simulation du système fonctionnant à fréquence fixe, où la stratégie choisie est : MLI naturelle.

La section (2) traite la modélisation des différentes parties constitutant le système. Dans les section (3), (4) et (5), on expose les lois de commande des trois systèmes proposés, alors que dans la section (6), les résultats de simulation sont présentés.

2. MODELISATION DU SYSTEME

Le système de pompage est l'association d'un ensemble de sous-systèmes interconnectés, nommées :
Le générateur photovoltaique, l'hacheur adaptateur d'impédance (MPPT), l'onduleur de tension, le moteur à induction à cage, la pompe centrifuge associée à une canalisation de refoulement. La fig.1 schématise le synoptique d'un tel système:

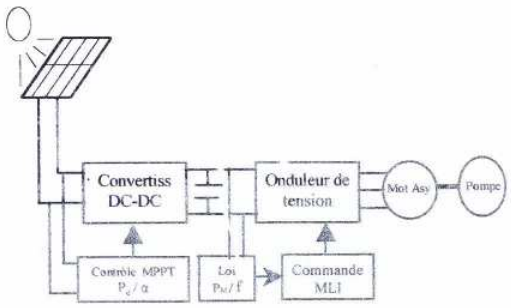


Fig.1 Synoptique du système

2.1 Modèle du générateur solaire :

C'est une matrice formée de 16 modules en série type AEG-40, dont la caractéristique I-V peut être décrite par l'équation [2] :

$$I = I_{cc} - I_0 \cdot \left(\exp\left(\frac{V + R_s \cdot I}{V_{th}} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

L'adaptation de l'équation (1) à d'autres niveaux d'éclairements est obtenue via les équations :

$$I_{cc} = I_{cc_{ref}} \cdot \left(\frac{E}{E_{ref}} \right) \quad (2)$$

$$V_{oc} = V_{oc\,ref} + V_{th} \cdot \ln\left(\frac{E}{E_{ref}} \right) \quad (3)$$

$$I_0 = \frac{I_{cc}}{\exp\left(\frac{V_{oc}}{V_{th}} \right) - 1} \quad (4)$$

L'extraction de la puissance maximale (optimale) du générateur est assurée par un hacheur adaptateur d'impédance (Maximum Power Point Tracker), de gain en tension K :

$$K = \frac{U}{V} \quad (5)$$

2.2 Modèle de l'onduleur :

La commande de l'onduleur est faite selon la stratégie : PWM naturelle. Les signaux de commande des interrupteurs sont déterminés par l'intersection d'une référence sinusoidale appelée ' Modulatrice' de fréquence f avec une triangulaire de haute fréquence f_p appelée ' porteuse' . On définit par conséquent deux indices :

Indice de modulation :

$$M = \frac{f_p}{f}$$

Indice de réglage de tension r compris entre 0 et 1 :

$$r = \frac{\hat{V}_{mod}}{\hat{V}_p}$$

Pour $M \geq 9$, on démontre que:

1-La fondamentale de la tension de sortie possède comme valeur efficace : [5]

$$V_m = \frac{r.U}{2.\sqrt{2}} \qquad (6)$$

2-Les harmoniques se localisent autour des fréquences centrales

$k_1.M.f$ (k_1= 1, 2, 3, ...).

Pour le cas étudié, on choisit : r = 0.8 et M = 15.

2.3 Modèle du moteur à induction :

Le moteur à induction est modélisé selon le schéma équivalent conventionnel (fig.2).

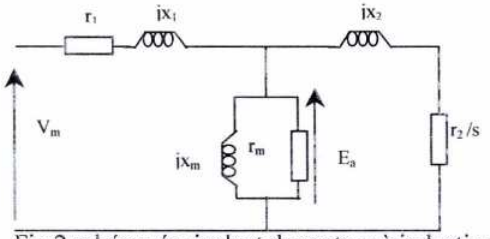


Fig.2 schéma équivalent du moteur à induction

Le fonctionnement en régime établi est déterminé par deux types d'équations :

Equation électrique :

$$P_{abs} = 3.R_{eq}.\frac{V_m^2}{Z_{eq}^2} \qquad (7)$$

Avec Z_{eq} : impédance équivalente par phase :

$$Z_{eq} = R_{eq} + jX_{eq} \qquad (8)$$

Equation mécanique :

$$C_e = C_r + C_0.\omega \qquad (9)$$

Où le couple électromagnétique $C_e$est donné par : [5]

$$C_e = 3.p.\left(\frac{V_m}{\omega_s}\right)^2 \frac{s.\omega_s.\frac{X_m^2}{r_2}}{\left[r_1 - \frac{s}{r_2}\left(X_{11}.X_{22} - X_m^2\right)\right]^2 + \left[X_{11} + \frac{s.r_1.X_{22}}{r_2}\right]^2} \qquad (10)$$

C_r désigne le couple résistant de la pompe centrifuge, et qui est analogue à un couple de ventilation :

$$C_r = C(1-s)^2.\omega_s^2 \qquad (11)$$

C : constante dépendant des données nominales de la pompe.

C_0 : coefficient de frottement.

Le couple électromagnétique passe par un maximum dit de décrochage correspondant un glissement :

La force contre-électromotrice de la machine est

liée au flux d'entrefer Φ par l'expression:[5]

$$s_b \cong \frac{r_2}{x_2} \qquad (12)$$

$$E_a = 4.44 k_w.f.N\phi \qquad (13)$$

2.4 Modèle de la pompe:

La caractéristique Hauteur-Débit de la pompe centrifuge monocellulaire utilisée est obtenue par le modèle de Pfleider-Peterman. L'expression analytique de ce faisceau de courbes représenté sur la fig.3 peut être approximée par la forme quadratique: [6]

$$H = a_0.\omega^2 + a_1.\omega.Q + a_2.Q^2 \qquad (14)$$

a_0, a_1 et a_2 : constantes dépendant des dimensions de la pompe.

Le rendement d'une telle pompe est le quotient de la puissance hydraulique emprunté au fluide par la puissance mécanique sur l'arbre:

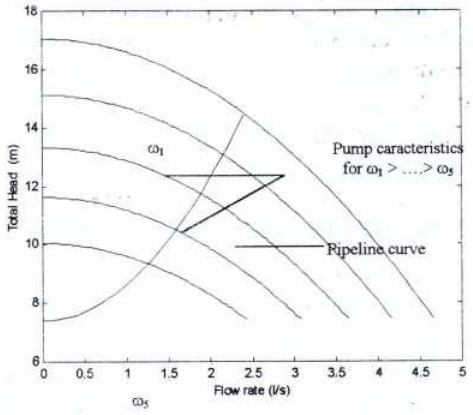


Fig.3 caractéristiques Hauteur-Débit de la pompe utilisée

$$\eta_p = \frac{\rho g H Q}{C(1-s)^3 \omega_s^3} \quad (15)$$

2.5 Modèle de la canalisation de refoulement:

L'expression de la caractéristique résistante H-Q de la canalisation de refoulement est donnée par:[6]

$$H = H_g + \psi . Q^2 \quad (16)$$

Ψ : constante dépendant des coefficients de pertes de charges ainsi que du diamètre de la canalisation.

2.6 Modèle de l'éclairement :

Une approche simplifiée a été élaboré selon [3], et qui servira comme une première approximation pour la quantification de l'éclairement incident. Ce modèle quantifie le flux lumineux pour une journée claire :

$$E = E_M \sin(15(t - t_{sr})). \quad (17)$$

3. SIMULATION AVEC FREQUENCE FIXE

Du fait de la non linéarité de la caractéristique I-V, le circuit MPPT oblige le système à fonctionner en permanence sur le point à puissance maximale du générateur une fois l'éclairement ou la température change. Le hacheur capte alors la puissance électrique absorbée selon une période d'échantillonnage, et commence à incrémenter ou décrémenter le rapport cyclique α pour annuler le gradient de la puissance P_e :

$$\frac{\delta P_e}{\delta \alpha} = 0 \quad (18)$$

L'onduleur à commande MLI naturelle possède une fréquence de sortie fixe en ajustant la fréquence de la modulatrice f =50 Hz.

On aura à déterminer la valeur momentanée du vecteur

$$X = [s \; K]^T \quad (19)$$

Solution du système d'équations:

$$F(X) = 0 \quad (20)$$

Formé par les équations (1), (5), (6), (7) , (9) et (10).

4. SIMULATION AVEC FREQUENCE VARIABLE

Sur la fig.5 est illustrée l'allure du rendement du moteur comme fonction de l'éclairement et pour f=50 Hz. On distingue que le moteur possède une valeur optimale du rendement η_0=0.71 avec un glissement s_0=0.02 obtenue pour l'éclairement nominal E = 1000 w/m². Une fois l'éclairement dévie de sa valeur nominale, le rendement se dégrade impliquant l'augmentation des pertes à l'intérieur de la machine.

Par un ajustement adéquat de la fréquence de sortie de l'ondleur f, la valeur η_0 du rendement peut être maintenu en accord avec le changement de l'éclairement.

Pour les conditions nominales, on a l'égalité suivante :

$$P_{MN} . \eta_0 = C_1 (1 - s_0)^3 f_N^3 \quad (21)$$

Si l'éclairement change, l'équation (21) devient :

$$P_M . \eta = C_1 (1 - s)^3 f^3 \quad (22)$$

Pour le maintien du rendement η_0 avec une valeur de glissement s_0; des équations (21) et (22), la nouvelle fréquence à la sortie de l'onduleur devient :[1]

$$f = \sqrt[3]{\frac{P_M}{P_{M_N}}} \, f_N \quad (23)$$

Pour l'implémentation de l'algorithme, f désigne la fréquence de la modulatrice.

5. SIMULATION A FLUX CONSTANT

Pour l'obtention d'un couple élevé pour toute la gamme de vitesse, le flux d'entrefer Φ doit être maintenu constant. L'équation (13) montre que ceci peut être atteint en maintenant le quotient (E_a/f) constant. Pour compenser la chute de tension causée par la résistance statorique à basses vitesses, un boost de tension V_{mo} est ajoutée à la tension d'une phase. Pour des charges où le couple résistant varie en quadrature avec la vitesse (pompe centrifuge), la tension statorique est liée directement à la fréquence f par l'équation : [4]

$$V_m = V_{mo} + k . f_n \quad (24$$

Pour $0 \leq f \leq f_N$

Pour $f > f_N$, on passe au fonctionnement à puissance constante, où la tension statorique est maintenue à sa valeur nominale :

$$V_m = V_{mN} \qquad (25)$$

Pour le moteur et la pompe utilisés, l'équation (24) est identifiée selon la méthode des moindres carrés par les constantes :

$V_{mo} = 6.3366$ $k = 3.2485$ $n = 1.0965$

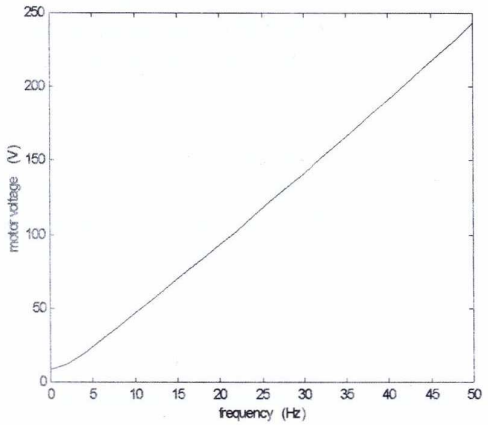


Fig.4 relation tension-fréquence pour un flux constant

Contrairement aux deux cas précédents, la tension V du générateur photovoltaique, et par conséquent la puissance extraite n'est pas contrôlée via la stratégie MPPT, mais par un accroissement linéaire de la tension V avec la fréquence f fournie par l'onduleur selon l'expression :

$$V = C_{10} + C_{11}.f \qquad (26)$$

Dans le plan I-V du générateur, La loi donnée par (26) peut faire fonctionner le système dans trois intervalles :

a - $V < V_{op}$ ⟶ $P_e < P_M$
b - $V = V_{op}$ ⟶ $P_e = P_M$
c - $V > V_{op}$ ⟶ $P_e < P_M$

L'étude faite dans [4] montre que si le cas (a) apparaît, un fonctionnement instable du système est constatée, alors que le cas (b) nécessite la présence du hacheur MPPT. Dans l'étude en cours, le cas (c) est alors adopté. Pour éviter de se trouver dans le cas (a), C_{10} ne doit pas être inférieure à V_{op} pour les basses fréquences, alors que C_{11} qui détermine l'inclinaison de la courbe ne doit pas être trop faible, évitant par conséquent de se dévier considérablement du cas (b).
Pour notre système étudié :

$C_{10} = 260$ $C_{11} = 0.4$

L'équation (26) doit vérifier l'équation I-V du générateur, et par conséquent :

$$V_{th}.\ln\left(\frac{I_{cc}-I+I_o}{I_o}\right) - I.R_s = C_{10} + C_{11}.f \qquad (27$$

Pour l'extraction des performances pour ce mode de fonctionnement, on détermine la valeur momentanée du vecteur :

$$Y = [\,s\ f\ I\,]^T \qquad (28)$$

Solution du système d'équations :

$$F(Y)=0 \qquad (29)$$

formé par les équations : (1), (7), (9), (10), (24), (26) et (27).
La résolution étant achevée, la quantité journalière pompée est déterminée par :

$$M = \int_{ar}^{a} Q\,dt \qquad (30)$$

6. RESULTATS DE SIMULATION :

Les lois de commande élaborées dans les sections 3, 4 et 5 ont été appliqué aux données d'un banc d'essai installé à de Batna, qui consiste en deux réservoirs amont et aval, séparés par une canalisation de refoulement de hauteur géométrique $H_g = 7.4$m.
Sur les figures (5) à (10), on expose un ensemble de caractéristiques définissant les performances des trois systèmes comme fonction de l'éclairement et pour une température des cellules $T_c = 25°c$.

Commentaires :

- La fig.5 représente le rendement du moteur pour les trois techniques utilisées. De cette dernière, on remarque que :

Le rendement optimum $\eta_0 = 0.71$ est maintenu pour le système dit 'à rendement amélioré'. La loi de commande (eq.22) agit en grande partie sur la minimisation des pertes fonction de la fréquence (pertes fer et pertes de frottement). Le système à flux constant présente des valeurs acceptables du rendement ($\eta_m \sim 0.6$) pour les éclairements supérieurs à $E_2 = 400$ w/m². Une amélioration pourra être apporté par un fonctionnement à flux variable, en particulier pour les bas éclairements
(fonctionnement en défluxage).

- Sur la fig.6 est illustrée la courbe du glissement pour les deux simulations

effectuées. On remarque que pour le système à fréquence fixe, seulement pour la gamme de glissement où $s < s_b$ le fonctionnement du moteur est stable, alors que pour les points où $s > s_b$, la vitesse de la machine est le siège d'oscillations indésirable affectant la stabilité de fonctionnement. Contrairement, les deux autres systèmes fonctionnent en permanence au début de la partie stable de la caractéristique couple-vitesse ($s=s_0$ pour le système optimisé et $s \sim 0.015$ pour le système à flux constant), évitant par conséquent le décrochage de la machine.

• De même, la fig.7 caractérise les allures du débit de la pompe. On extrait deux remarques :

1- La pompe arrive à vaincre la hauteur géométrique et commence à délivrer l'eau à un éclairement plus bas pour les deux systèmes à rendement amélioré et à flux constant (E= 320 w/m² et E= 320 w/m² respectivement); alors que ceci n'est atteint que pour un éclairement E= 740 w/m² pour le système fonctionnant à fréquence fixe.

2- La courbe du débit pour les deux systèmes précités se situent pour toute la gamme d'éclairements au dessus de celle du système à fréquence fixe. Par conséquent, on augmente la quantité journalière pompée. Cette dernière et suivant une intégration numérique de l'équation (30) a été trouvé :

- Système à fréquence fixe : M= 10.49 m^3 .
- Système à flux constant : M= 28.84 m^3 .
- Système à rendement amélioré : M= 31.14 m^3.

• La fig.8 représente la courbe de la fréquence d'alimentation f, où on constate qu'au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'éclairement nominal, les lois de commande (eq.30 et eq.35), obligent la fréquence à diminuer, et ce pour :

1- maintenir le glissement s à sa valeur optimale s_0 pour le système à rendement amélioré, et sur la partie stable de la caractéristique couple-vitesse pour celui à flux constant.

2- améliorer le rendement du moteur pour le premier système, en diminuant le courant de magnétisation, et en particulier pour les faibles vitesses.

• La fig.9 montre l'allure du rendement de la pompe, où on remarque qu'une amélioration de ce dernier a été portée par les deux systèmes à fréquence variable. Cette amélioration se fait sur deux volets :

1-Optimisation du rendement manométrique en minimisant les pertes de charges à l'intérieure de la pompe.

2-Optimisation du rendement volumétrique en maximisant le débit de la pompe.

• La fig.10 représente les puissances électriques consommées par les trois systèmes en fonction de la tension du générateur, où on constate que pour le système à flux constant , et grâce à la technique décrite par l'équation (35), la puissance consommée est étroitement proche de celle maximale absorbée par les deux autres systèmes. Par voie de conséquence, l'implémentation sera économiquement plus allégée.

6. CONCLUSION :

Une étude comparative de trois systèmes de pompage photovoltaique basés sur un moteur à induction à cage a été décrite dans ce travail. Les lois de commande suggérées ont montré que si le critère d'optimisation cible l'amélioration du rendement du moteur, le système dit ' à rendement amélioré' est souhaitable. En contre-partie le système fonctionnant à flux constant est économiquement plus prometeux du moment qu'il fait abstraction du circuit MPPT, et augmente d'autre part la quantité journalière pompée. On note en outre que les deux systèmes précités assurent un fonctionnement stable pour toute la gamme de l'éclairement.

NOMENCLATURE

V : tension du générateur (V).
I_{cc} : courant de court-circuit (A).
V_{th} : tension thermique (V)
I_o : courant de saturation inverse (A)
R_s : résistance série (Ω).
E : éclairement (w/m²).
I_{op} : courant optimum du générateur solaire (A).
V_{op} : tension optimale du générateur (V).
P_M : puissance électrique maximale extraite (w).
U : tension de sortie de l'hacheur (V).
V_m : tension simple du moteur.
r_1 : résistance d'une phase statorique du moteur (Ω).
r_2 : résistance d'une phase rotorique rapportée (Ω).
r_m : résistance de magnétisation (Ω).
x_1 : réactance de fuites d'une phase statorique (Ω).
x_2 : réactance de fuites rotorique rapportée (Ω).
x_m : réactance de magnétisation.
$x_{11}= x_1+ x_m$: réactance cyclique statorique (Ω).
$x_{22}= x_2+ x_m$: réactance cyclique rotorique (Ω).
s : glissement.
ω_s : pulsation statorique .
N : nombre de spires par phase.
k_w : facteur d'enroulement.
H : hauteur manométrique totale (m).
Q : débit (m^3/h).
ρ : masse volumique de l'eau (kg/m^3).
g : accélération de la pesanteur (m/s²).
H_g : hauteur géométrique (m).
t_{sr} : temps correspondant au levé du soleil (h).
t_{ss} : temps correspondant au couché du soleil (h).

REFERENCES

[1] : Y. Yao, **P. Bustamente and R.S. Ramshaw,**
'Improvement of induction motor drive systems supplied by photovoltaic arrays with frequency control', IEEE Transactions on Energy conversion, Vol 9, No. 2, 1994.

[2] : D.Weiner and A.Levinson, *'water pumping optimal operation'*, Electrical machines and power systems, Vol 24, No. 3, pp 277-288, 1996.

[3] : K.Khousem and L.Khousem , ' *optimum matching of direct-coupled electromechanical loads to a photovoltaic generator*', IEEE transactions on Energy conversion, Vol 8, No.3, 1993.

[4] :Duzat.R, ' *Analytic and Experimental investigation of a photovoltaic pumping system*', PhD – work, Oldenburg university, Germany 2000.

[5] : J.M.D.Murphy and F.G.Turnbull, *'power Electronics control of AC motors'*, Permagon Press 1985.

[6] : A.Betka, A. Moussi and B. Azoui, *'Optimum design of photovoltaic pumping system'*, UPEC99, Leicester UK, 1999.

ANNEXE

- **Moteur à induction:** 380 V, 2.5 A, 1Kw, $x_1=x_2= 15.7\ \Omega$
$x_m = 586\ \Omega$, $r_1=22.5\ \Omega$, $r_2=7.87\ \Omega$, $r_m=1.127$ K Ω.
- **Pompe Centrifuge :** 14 m, 2.59 l/s, 521w, 3000 tr/mn.
- **Banc d'essai** : réservoir amont de volume égal à 2.25m^3, celui en aval de 0.6 m^3 . Le diamètre de la canalisation de refoulement est de 60mm.

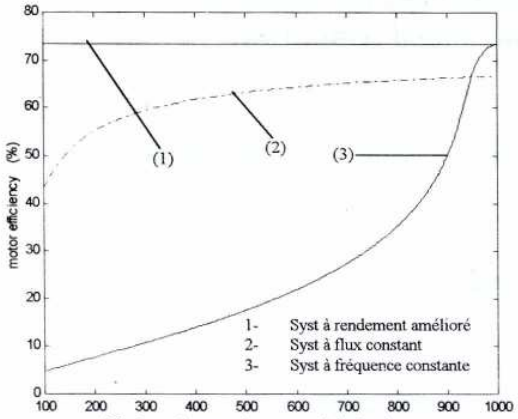


Fig.5 rendement du moteur à induction

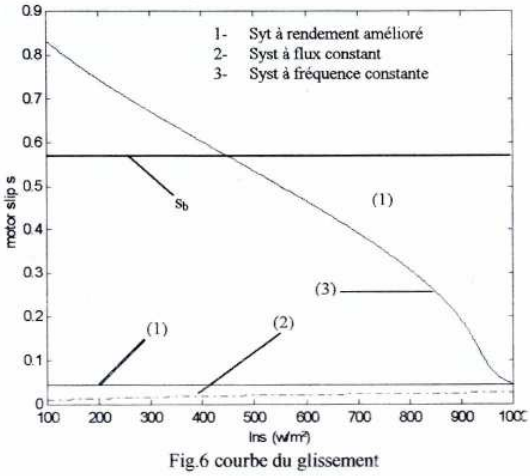


Fig.6 courbe du glissement

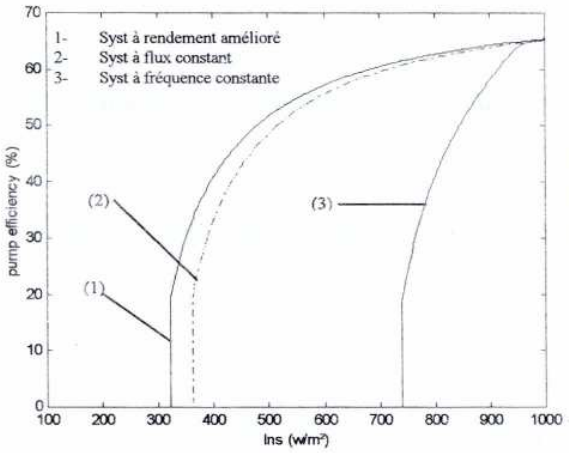


Fig.7 Allures du débit de la pompe

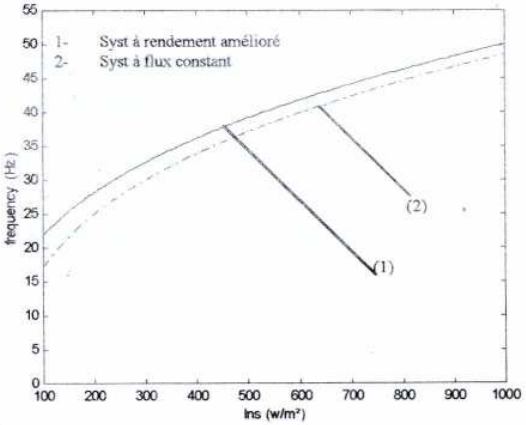


Fig.8 Allures des fréquences

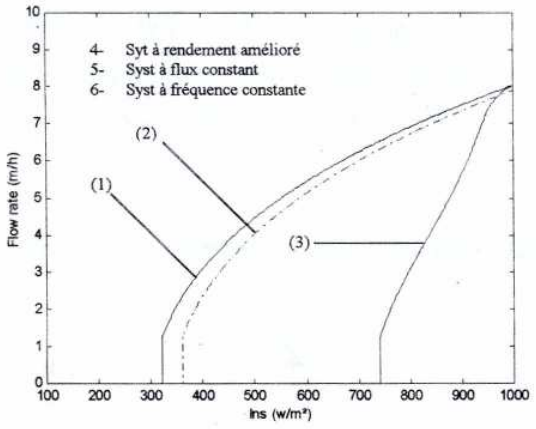


Fig. 9 redement de la pompe

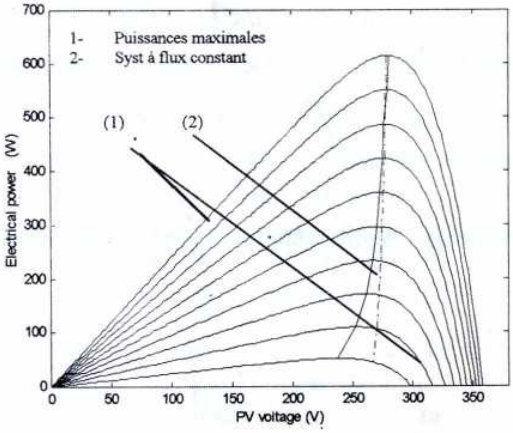


Fig.10 Courbes des puissances électriques

Apports des isotopes stables et radioactifs à l'étude des modalités d'alimentations des aquifères d'Ain Oussera (Algérie) sous climat semi-aride.

Mebrouk. N * Stamboul. M ** et Issaadi. A ***

* Dépt d'hydrogéologie, Institut des Sciences de la Terre et d'aménagement du territoire, Univ. d' Oran.

** Institut de génie civil, laboratoire des ressources hydraulique, Centre universitaire de Laghouat, Algérie

*** Dépt d'Hydrogéologie, Institut des Sciences de la Terre, USTHB, Alger.

RESUME :

Dans la région d'Ain Oussera, c'est le secteur localement qualifié de plaine qui rassemble les ressources les plus importantes en eaux souterraines contenues essentiellement dans l'Albien gréseux. Les données piézomètriques montrent la possibilité d'interconnexion entre l'aquifère profond et l'aquifère superficiel. L'application des techniques isotopiques, permet de préciser les relations hydrodynamiques entre ces deux aquifères. Ainsi, les teneurs en isotopes stables (^{18}O) montrent que 75 % des eaux de l'aquifère superficiel sont d'origine Albien.

Mots clés : Aquifère, isotopes stables, altitude de recharge, bilan isotopique, Atlas Saharien, Algérie.

ABSTRACT :

In the area of "Ain Oussera", it is the sector which is locally qualified as a plain that assembles the most important underground water resources contained mainly in the sandy Albian. The piezometric data shows the possibility of interconnections between the deep aquifer and shallow aquifer. The application of isotope technics, allows a precise hydrodynamic relation ships between these two aquifers. Thus the stable isotope contents (^{18}O) show that 75% of shallow aquifer waters are originally Albian .

Keywords : Aquifer, stable isotope, recharge altitudes, isotopique balance, Saharian Atlas, Algeria

I. INTRODUCTION

Enserrés par les chaînes Atlasiques et telliennes, ennoyés sous un épais manteau détritique en place après le Miocène, les Hauts Plateaux algériens constituent un domaine particulier caractérisé par :

- Sa morphologie, marquée par la présence de nombreuses cuvettes de dimensions variées.
- Son hydrologie, l'endoréisme y est la règle et les oueds nés sur les contreforts atlasiques ou telliens n'ont souvent d'autre issue que les Dayas, Sebkhas ou Chotts qui parsèment la surface des Hauts Plateaux.
- Son hydrogéologie, aux aquifères liés aux formations Mio – Plio – Quaternaire, s'opposent les aquifères profonds installés dans les séries du Crétacé ou du Jurassique.

  Les liens entre eaux superficielles et eaux profondes sont généralement très étroits et le plus souvent leur étude se résumera à celle d'un aquifère monocouche.

Dans la région d'Ain Oussera, c'est le secteur localement qualifié de plaine qui rassemble les ressources aquifères les plus importantes.

Depuis plusieurs années, le problème de l'alimentation et des relations des différents aquifères

préoccupe les services de l'hydraulique. Il se pose notamment pour l'alimentation de l'aquifère superficiel du Mio – Plo – Quaternaire et sa relation avec l'aquifère Albien qui constitue la ressource la plus importante de la région.

Aucune étude isotopique n'ayant été effectué auparavant, notre objet sera de préciser les conditions de fonctionnement en milieux aride d'un aquifère né du mélange d'eaux souterraines superficielles et profondes.

L'application des techniques isotopiques (^{3}H, ^{18}O et ^{14}C) a été tentée pour déterminer les zones d'alimentations de l'aquifère superficiel et sa relation avec les nappes profondes.

Pour discuter cette hypothèse deux campagnes de prélèvement ont été réalisées sur un certain nombre de points d'eau de la région de Ain Oussera. Le dosage des teneurs en isotopes était destiné à apprécier la relation entre les différentes aquifères, l'importance des transits souterrains, l'ampleur des réserves susceptibles d'occuper le sous-sol dans la région.

II. CONTEXTE HYDOGEOLOGIQUE

La plaine d'Ain Oussera montre un relief relativement peu tourmenté. L'altitude y varie de 700 à 800 mètres. Elle augmente faiblement du nord au sud. Les dépôts du Mio – Plio – Quaternaires, essentiellement formés par des conglomérats et poudingues bien perméables, sont très étendus dans la plaine, plus de 600 puits, dont la profondeur varie de 3 à 50 mètres, sollicitent ces formations.

L'eau de cette formation présente des qualités physico – chimiques assez bonne, le résidu sec moyen est de 1,5 g/l.

Une seconde ressource de moindre importance est constituée par l'aquifère des calcaires turoniens dont la profondeur varie de 15 à 50 mètres au niveau de la plaine à plus de 570 m vers le nord (forage d'El Khachem), le débit d'exploitation est très faible.

Les dépôts du Cénomanien servent partout de mur à cet aquifère, dont le rendement très bas, la profondeur considérable du gisement et la forte minéralisation, font qu'il n'offre guère de prospection encourageante pour la région.

Toutes les études réalisées jusque-là, aussi bien celles de l'ANRH (agence nationale des ressources hydriques) d'Alger, depuis 1960, que le projet de prospection et de recherche scientifique sur la vallée de l'Oued Touil, réalisé par une équipe soviétique (1967) et par Ayad A (1984), ont confirmé la présence d'un aquifère important dans l'Albien.

Dans la plaine d'Ain Oussera, l'Albien est constitué par des grès continentaux perméables.

Cette formation affleure en plusieurs points sur la plaine, tandis qu'ailleurs, le toit de l'aquifère est proche de la surface du sol. En outre, à l'inverse de la formation aptienne, l'Albien se montre peu cloisonné par les argiles. Plusieurs forages, d'une profondeur de 100 à 300 mètres, captent ces grès albiens.

Les débits varient de 20 à 75 l/s et les débits spécifiques sont de l'ordre de 2 à 5 m/l/s. L'eau est généralement de bonne qualité et présente un résidu sec inférieur à 1 g/l.

L'autre aquifère profond localisé dans le Barrémien est moins connu, seul un forage profond de 500 mètres a permit de confirmer la qualité du réservoir. Cependant, l'eau est inutilisable, son résidu sec étant de 3,9 g/l.

L'étude piézomètrique a permit de délimiter deux grandes zones d'écoulements : Un secteur à écoulements convergents, à l'Est de la plaine. Un autre à écoulements divergents, à l'Ouest de la plaine. Ces écoulements sont drainés par les oueds de la région avec des gradients hydrauliques plus faibles à l'Est qu'à l'Ouest.

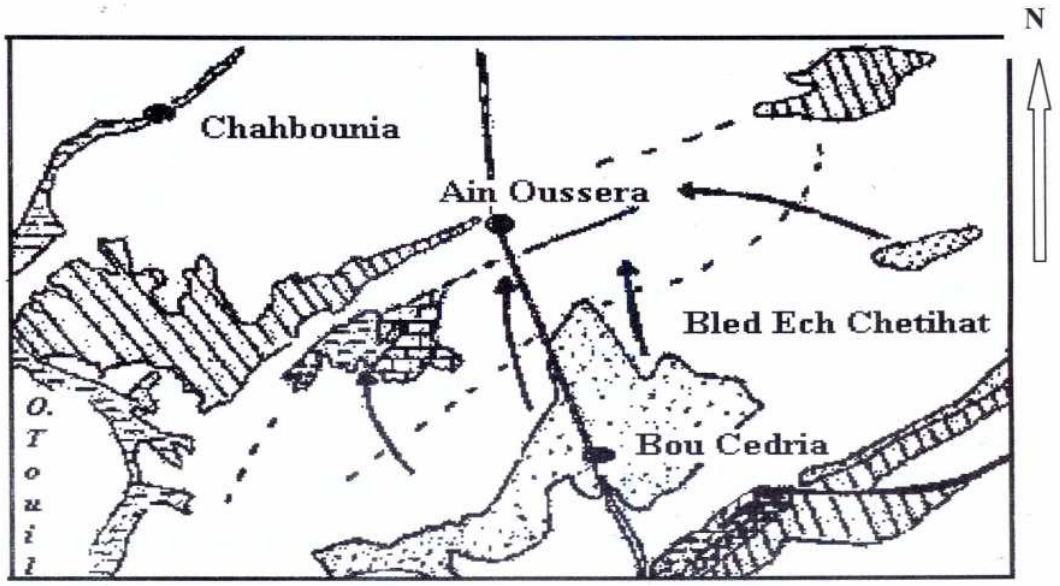
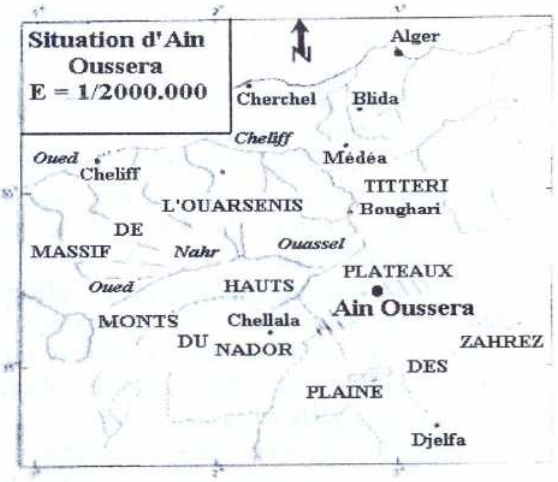


Fig. n° 1 : Carte hydrogéologique schématique de la région d'Ain Oussera.(Les flèches indiquent la circulation présumée dans l'aquifère Albien)
Schematic hydrogeological map of Ain Oussera. (arrows indicate the supposed flow in the Albian aquifer)

1 2 3 4 5

1 – Quaternaire : Croûte calcaire, argiles et galets.
2 – Cénomano – Turonien : Calcaires et marnes.
3 – Albien : Grés et marnes.
4 – Aptien : Calcaires et argiles.
5 – Barrémien : grés, argiles gréseuse, dolomies.

alimentation albienne
zone de mélange



III. RESULTATS ET INTERPRETATION :

Les analyses ont été effectuées au laboratoire d'hydrologie isotopique du H.C.R (haut commissariat à la recherche, Alger).

1.TENEURS EN ISOTOPES DANS LES EAUX DE PLUIE : TENEURS EN TRITIUM ET OXYGENE 18 :

Les analyses des eaux réalisées entre Mai 1990 et Mars 1991 ont montré des variations de la teneur en Tritium comprises entre 4 et 16 U.T et – 9.0 à + 9.0 $^{0}/_{00}$ pour ^{18}O, la valeur la plus élevée apparaît en Août 1990, tandis que la plus faible se montre en Janvier 1991 pour leTritium et en Février pour ^{18}O.

Dans la région d'Ain Oussera, l'irrégularité des précipitations et leur caractère aliatoire, influencent fortement la composition isotopique des eaux de pluie, qui montrent clairement l'effet de l'évaporation dans l'atmosphère. Cet état serait caractéristique des zones arides.

Conrad G et Fontes J.C (1970), suivie de Yousfi M (1984) ont réalisé des observations tout à faits semblables aux nôtres dans le Sud algérien (région de Beni Abbés) :

23 Avril 1968 pluie de 0.2 mm $^{18}O = + 13.6\ ^{0}/_{00}$

16 Octobre 1967 pluie de 21.7 mm $^{18}O = - 9.7\ ^{0}/_{00}$.

Ils admettent que :

- Les précipitations les plus chargées sont généralement les plus faibles.
- Les faibles pluies subiraient une évaporation au cours de leur chute, ce qui entraînerait un enrichissement en isotopes lourds.

Date	Tritium (U.T)	Oxygène $18^{0}/_{00}$
Mai 1990	13.9 + 1.3	+ 0.6
Juin	11.2 + 1.1	+ 1.5
Juil	15.1 + 1.3	- 1.6
Aout	13.4 + 1.2	- 2.5
Sept	11.4 + 1.1	- 2.6
Oct	7.3 + 0.9	- 2.0
Nov	6.1 + 0.9	- 4.7
Dec	6.8 + 0.8	- 5.7
Janv 1991	4.6 + 0.7	- 5.0
Fev	7.2 + 0.9	- 9.0
Mars	8.7 + 1.2	- 4.5
Avril		+ 1.33
Mai		- 2.3
Juin		- 0.7
Juil		+ 8.7
Aout		+ 9.4
Sept		- 1.5
Oct		- 4.4
Nov		- 5.3
Dec		- 4.9

Tableau n° 1 :Résultats des analyses isotopiques des précipitations de la région d'Ain Oussera.
Results of isotopic analyses of tne Ain Oussera area Precipitations.

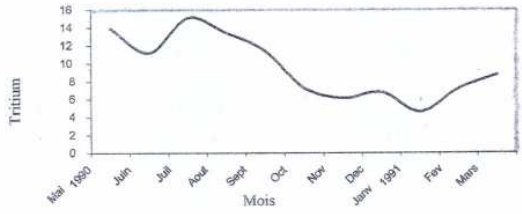


Fig. n° 2 : Teneurs en ^{18}O des précipitations. (mai 1990 – dec 1991)
^{18}O contents and of precipitations

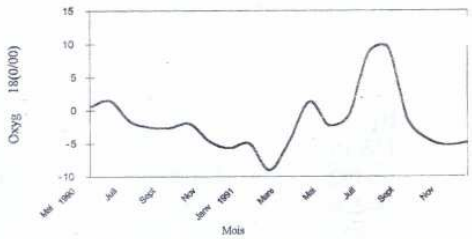


Fig. n° 3 : Teneurs en tritium des précipitations (mai 1990-mars 1991)
Tritium contents of precipitations.

2.TENEURS EN OXYGENE 18 DES EAUX DE PLAINE

Les valeurs élevées apparaissent généralement au niveau de la plaine, ce qui témoignent d'une recharge actuelle récente. Elles se rapprochent en outre, de la valeur moyenne en $^{18}O^{0}/_{00}$ des précipitations, calculées sur une années, et qui est égale à – 0.988 $^{0}/_{00}$. Les faibles valeurs se localisent au niveau des zones de recharge situées au sud de la plaine.

Nous avons tenté trois types de corrélations :

Entre les côtes piézométriques des différents points d'eaux de la plaine et leurs teneurs en ^{18}O, .

Le coefficient de corrélation R = 0.255 traduit une très mauvaise relation entre les deux paramètres.

Entre les altitudes des points d'eaux et leurs teneurs en ^{18}O , là aussi, la valeur R = 0.261 traduit une mauvaise relation.

Entre les altitudes des points d'eaux se trouvant à proximité de la zone de recharge et leurs teneurs en ^{18} O, R = 0.787, confirme la bonne relation entre ces deux paramètres.

L'équation de la droite qui permet d'apprécier les altitudes d'alimentation, au niveau de la zone de recharge, à partir de la teneur en ^{18} O est :

$$^{18}O\ ^{0}/_{00} = 0.0456\ H - 43.17$$

Ainsi les eaux de plaine sont alimentées à partir d'une tranche d'altitude (>800m), cette tranche d'altitude correspond aux affleurements des grés Albien.

N° point d'eau	Altitude (m)	^{18} O %	N° point d'eau	Altitude (m)	^{18} O %
P12	800.721	-6.978	84-221	695.718	-5.738
01-192	689.174	-6.721	02-220	735.065	-5.762
P9	705.919	-6.790	08-220	717.950	-6.293
P7	737.528	-6.686	102-221	715.007	-6.357
P10	788.278	-6.879	129-221	745.849	-5.477
60-221	755.330	-7.627	105-221	703.839	-6.433
59-221	799.713	-6.468	27-220	724.784	-6.085
52-221	765.177	-6.633	28-220	747.331	-5.518
34-221	766.849	-5.034	31-220	726.609	-5.896
58-221	794.020	-6.225	45-220	786.383	-5.969
22-221	858.522	-8.839	42-220	719.669	-5.533
18-221	820.322	-6.392	F4	693.875	-5.337
10-221	815.987	-5.898	23-220	771.185	-6.099
127-221	812.542	-6.265	15-251	870.664	-1.625
123-221	794.129	-5.227	16-251	827.033	-4.918
124-221	773.532	-4.822	08-251	795.054	-5.848
P4	753.514	-6.463	22-251	784.223	-5.959
P6	721.773	-6.666	09-251	793.077	-6.201
P3	767.612	-6.181	02-251	805.368	-5.655
42-221	714.399	-5.901	F626	767.183	-8.989
104-192	708.468	-5.776	51-250	755.800	-6.319
86-192	707.653	-5.863	127-250	793.360	-5.994
36-221	738.382	-6.649	128-250	784.042	-5.610
04-221	769.084	-6.192	101-250	770.500	-2.343
B4	725.220	-6.449	45-250	762.525	-6.436
B1	718.482	-6.151	87-250	789.155	-5.995
116-192	703.672	-6.077	21-281	820.168	-6.532
86-192	697.597	-6.009	13-281	828.663	-7.085
18-220	709.220	-6.013	36-281	777.794	-5.331
39-221	733.982	-5.623	130-219	753.642	-5.354
64-221	713.961	-6.770			

Tableau n° 2 : Résultats de l'analyse de l'oxygène - 18 des eaux de la région d'Ain Oussera.

Results of oxygen – 18 analyses of Ain Oussera area grounwaters.

BILAN ISOTOPIQUE :

L'altitude de recharge calculée suggère une participation des eaux de l'Albien à l'alimentation de l'aquifère superficiel du Mio – Plo – Quaternaire. Cette participation peut être quantifiée par l'utilisation du bilan isotopique (^{18}O) :

(1) $\delta\,^{18}O_M = (1-X)\,^{18}O_P + X\,^{18}O_A$

où $\delta\,^{18}O_M$ est la teneur en ^{18}O du mélange (aquifère du Mio – Plio - Quaternaire dans notre cas), $^{18}O_P$ celle de l'eau provenant des précipitations, celle des eaux de l'Albien est X, la fraction de l'alimentation fournie par les eaux de l'Albien.

La valeur de – 6,35 $^{0}/_{00}$ SMOW (valeur moyenne des eaux de l'Albien) a été adoptée comme représentative de la teneur en ^{18}O, elle correspond à la moyenne des échantillons prélevés au flanc Sud du synclinal d'Ain Oussera. L'incertitude dans la détermination des teneurs en ^{18}O est de – 0,2 %. La valeur moyenne du mélange est de – 5 $^{0}/_{00}$, celle adoptée pour les précipitations est - 0,988 $^{0}/_{00}$.

L'application numérique de l'équation (1) donne une valeur de X = 75 %. La plaine d'Ain Oussera est donc alimentée à 75% par les affleurements gréseux de l'Albien, alors que la contribution des précipitations est estimée à 25%.

3.TENEURS EN TRITIUM DES EAUX DE LA PLAINE :

Dans la plaine d'Ain Oussera, les teneurs en tritium des eaux varient entre 0 et 6.5 U.T. Les quelques échantillons analysés, quoique peu nombreux, nous paraissent donner une idée sur les Variations spatiales et saisonnières de la teneur en ^{3}H des eaux d'Ain Oussera. On distingue :

- des eaux anciennes, de teneur < 1 U.T qui caractérise les forages profonds(> à 150 m) captant les grés Albien.
- des eaux antérieures à 1952, de teneur < 2.4 U.T caractérise le mélange d'eau profonde et superficielle (80 m> profondeur< 150 m).
- et des eaux récentes, pour des teneurs > 2.4 U.T correspondant à des zones de recharge

L'alimentation de la nappe, par les eaux de pluie existe, mais elle parait très faible.

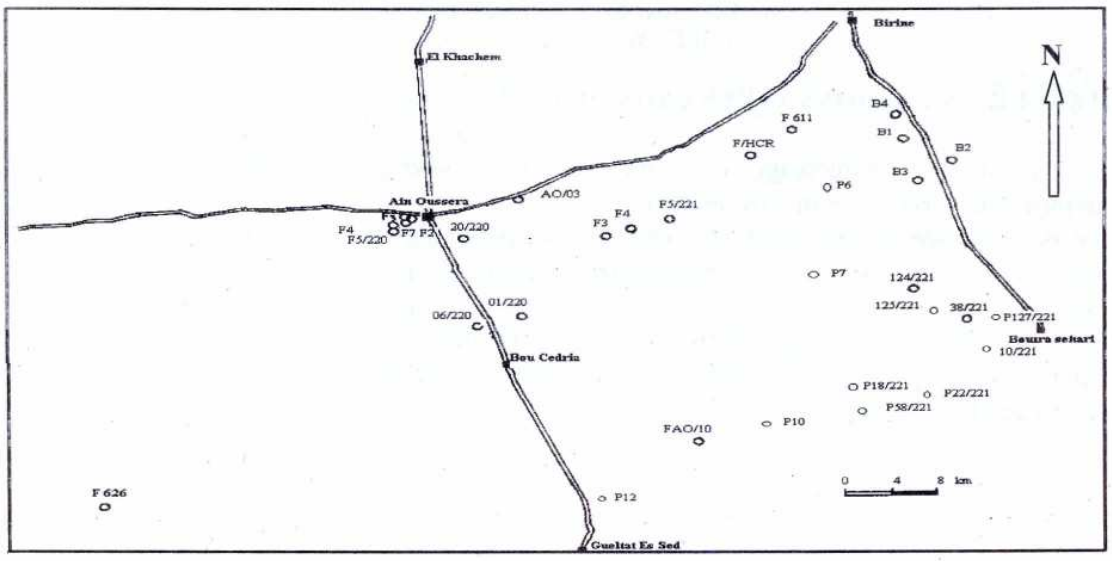


Fig. n° 4 : Localisation des points de prélèvement. The sampling sites.
F_4O Forage ou puits et son numéro et sa teneur en tritium.
Boring or well and its number and tritium contents.

Teneurs en Tritium et en ^{18}O de quelques échantillons de la plaine.				
	Mai 1990		Novembre 1990	
N° IRE	Tritium (U.T)	Oxygène 18	Tritium (U.T)	Oxygène 18
F4-220	0.1±0.6	-6.4	3.4±0.8	-6.6
F2-220	2.9±0.8	-6.7		
F5-220	0	-6.4		
F7-220	1.4±0.7	-6.7	0.9±0.7	-6.7
F3-220	0	-6.8	0.7±0.7	-6.5
06-220	0.6±0.7	-6.3	0	-6.5
01-220	0.4±0.5	-6.5	6.5±0.9	-6.5
20-220	0	-6.9		
38-221	3.6±0.8	-6.8		
124-221	1.0±0.7	-5.3		
125-221	0.8±0.7	-6		
B4	1.5±0.7	-7.5	1.1±0.7	-7.6
B3	0.2±0.6		0.1±0.7	-7.4
B2	2.1±0.8			
FAO-10	0	-7.6	1.0±0.7	-8
AO-03	0.4±0.5	-6.6		
F 611	0	-7.4	0	-7.1
F. HCR	1.0±0.6	-7.3	2.9±0.8	-7.6
F4-221	2.6±0.8	-6.1		
F3-221	1.4±0.7	-7.2	0.9±0.7	-7.6
F5-221			1.8±0.8	-7.5

Tableau n° 3 : Résultats de l'analyse isotopique des eaux de la région d'Ain Oussera.
Results of isotopic analyses of the Ain Oussera area grounwaters.
n° IRE : Inventaire des ressources en eau.
n° IRE : Water resources inventory.

4.TENEUR EN CARBONE 14 DES EAUX DE LA PLAINE :

L'examen du pourcentage en C_{14} dans les six piézomètres montre une variation nette des teneurs.
Le pourcentage le plus élevé est celui de P4, tandis que le plus faible correspond à P6. Le piézomètre P6 capterait donc une eau ancienne, tandis que les eaux de P4 seraient récentes. Pour les autres piézomètres, ce sont des eaux intermédiaires, d'origine ancienne, avec des apports récents en quantités variables.

N° point d'eau	C_{14} en %
P4	69.6
P6	19.8
P7	42.0
P10	22.9
P12	30.0
P15	31.0

5. CONCLUSION :

La composition isotopique des eaux de la plaine d'Ain Oussera varie aussi bien dans l'espace que dans le temps. Bien que nous ne disposions pas de teneurs en Deutérium, il est clair que les eaux de la nappe n'ont pas une origine unique.

La faible teneur en Tritium, le faible pourcentage en C_{14}, semble montrer que les eaux de la nappe sont généralement anciennes.

A l'inverse, d'autres valeurs concernant aussi bien l'oxygène 18, le Tritium, que le carbone 14 Témoignent de l'existence d'une recharge actuelle.

Les valeurs intermédiaires correspondent donc bien à des mélanges entres nappes profondes et superficielles.

BIBLIOGRAPHIE :

[1] **Abusada S. M. (1980) :** Quelques problèmes du gisement et de l'exploitation des eaux souterraines en zone aride : Koweit (Arabie Nord - Est). Thèse de Doctorat de Spécialité, 263 p, 7 fig, 46 tab.

[2] **Achi K. (1970) :** Etude hydrogéologique de la zone Nord - Occidentale du bassin du Hodna. Thèse Doctorat 3ème Cycle, Alger, 260 p, 31 Pl.

[3] **Allemoz M. et Olive Ph. (1980) :** Recharge of groundwaters in Arides Areas, Case of the Djeffara Plain in Tripolitania, Lybian Arab Jamahiriya. Pp 181-190.

[4] **Ayad A. (1983) :** Etude hydrogéologique de la nappe d'Ain Oussera, n° 83, DHYG. 011, 48 p (INRH, Alger).

[5] **Ayad A. (1984) :** Notice sur les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe Albienne de la plaine d'Ain Oussera. n° 84,DHYG. 018 , 22 p (ANRH, Alger).,

[6] **Ayad A. (1983) :** Projet de champ de captage pour la nouvelle ville d'Ain Oussera n°84, DHYG. 032, 22 p (ANRH, Alger).

[7] **Ayad A. (1987) :** Exploitation des forages F4, F5, F6, F7 et F8 du champ de captage d'Ain Oussera. n°87, DHYG. 053, (INRH, Alger).

[8] **Ayad A. (1987) :** Rapport de fin de travaux des forages F4, F5, F6, F7 et F8 du champ de captage d'Ain Oussera. n°73, DHYG. 087, (INRH, Alger).

[9] **Bakacowics M, Blavoux B et Mawcin B (1974) :** Apport de traçage isotopique naturel à la connaissance d'un système karstique, J. of hydrology, 23, pp 141-158.

[10] **Bernard B., Bouger A., Chauve A. et Mudry. (1979) :** Utilisation des isotopes du milieu à la prospection de la chaîne karstique du Jura ; Revue de géologie dynamique et de géographie physique. Vol 21, Fasc 4, pp295-306.

[11] **Caratini C. (1967) :** Evolution paléogéographique et structurale de la régionde Chellala-Reibell. (Département de Médea et Tiaret, Algérie). Bull. Soc. Géol. De France (7), IX, pp 850-858.

ServEtude géologique de la région de Chellala –Reibell.Publ. Serv. Carte géol. Algérie, Alger, n. sér., n° 40, 2 vol., pp 1-311, 107 fig, 8 pl.

[13] **Conrad G. et Fontes J. Ch (1970) :** Hydrologie isotopique du Sahara Occidental. IAEA. SM 129/24.pp405-419.

[14] **Fontes J. Ch. (1976) :** Les isotopes du milieu dans les eaux naturelles. La houille blanche n°3/4. pp 205-209.

[15] **Fontes J. Ch. (1989)** : Isotopes et ressources en eaux. Hydrogéologie, n° 3. pp 135-142.

[16] Fontes J. Ch, Garnier J.M. (1976) : Correction des activités apparentes en Carbone 14 du Carbone dissous : estimation de la vitesse des eaux en nappes captives. Résumé C.R. Ann. SC. Terre. Soc. Geol. Fr. , p 170.

[17] Issaadi A. (1992) : Le thermalisme dans son cadre géostructural. Thèse Doctorat d'état, Alger, 274 p, 141 fig, 43 tab.

[18] Kabbaj A, Zeryoui I, Carlier et Marce A. (1976) : Contribution des isotopes du milieu à l'étude des grands aquifères du Maroc IAEA, VIENNE, pp 492-510.

[19] Laggoun R. et Mancet J.C. (1971) : Alimentation en eau potable d'Ain Oussera, exécution d'un forage d'exploitation, Compte rendu de fin de travaux. 11p, 7 pl. (S.E.S, Alger).

[20] Lapchini N. (1976) : Alimentation en eau d'Ain Oussera. n° 72, Hyg. 72. 5 p (D.E.M.R.H, Alger).

[21] Luppi G. M. (1980) : Rapport on the environmental isotope investigation in Djeffara plaine, A.I.E.A.

[22] Manset J. C. et Tonnon J.N (1967) : Etude hydrogéologique à l'aérodrome d'Ain Oussera, N° 21. 10/DH. 1. 4 p, 2 pl. (S.E.S, Alger).

[23] Mook W.G. (1976) : The dissolution – exçhange model for dating groundwater with ^{14}C. In « Interpretation of environnemental isotop and hydrochemical data in groundwater hydrology », IAEA, VIENNA, pp 213-225.

[24] Moussu H. et Vuillaumi Y. (1972) : Etude par la méthode isotopique de la nappe des sables « Maestrichtien » et du Continental Terminal du Sénégal. 35 p.

[25] Pearson F.J.Jr et Hamshaw B.B. (11970) : Sources of dissolved carbonate species in grounwater and their effect's on Carbone 14 dating. In « Isotopes in hydrology 1970 », proceed symp. IAEA, VIENNA, pp 271-286.

[26] Souag M. (1985) : Etude hydrogéologique, hydrochimique et isotopique des massifs carbonatés septentrionaux de la région de Constantine. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université de Paris Sud, 195 p.

[27] Strojexport. (1979) : Etude géophysique de la région d'Ain Oussera à Ain El Hadjel, 30 p, 7 pls

[28] Yousfi M. (1984) : Etude géochimique et isotopique de l'évaporation et de l'infiltration en zone non saturée, sous climat aride, Beni Abbès, Algérie. Doct. 3 ème cycle, Alger, 97 p, 56 figs.

Instructions aux auteurs

Généralités

La revue accepte tout article présentant de nouvelles études sur tout aspect de recherche fondamentale appliquée ou de développement.

L'article peut être de nature scientifique ou technique.

Quand un auteur reprend une figure, une photographie ou un tableau provenant d'une autre source (autre publication), il doit indiquer l'origine du document après avoir obtenu au préalable le droit de reproduction.

Langue

Les articles peuvent être rédigés en arabe, en anglais ou en français.

Présentation du manuscrit

être saisi sur du papier standard (préférence A4) en double interligne avec des marges de 3 cm de chaque côté et en recto seulement.

Le manuscrit doit en général comprendre dans l'ordre suivant :

1) page du titre : titre , contient :

- le titre de l'article qui doit être aussi explicite que concis ;
- le nom des auteurs et leur affiliation ;
- l'adresse complète et le e-mail si possible.

2) page du résumé : la page du résumé comprend :

- le titre de l'article ; le résumé en français et en anglais, chaque résumé ne doit pas dépasser 250 mots.
- Les mots clés.

3) Nomenclature : tous les paramètres cités dans le texte doivent être définis et les unités utilisées reportées. Les symboles utilisés doivent être de type standard (ISO par exemple). Les unités doivent conformes aux système international.

4) Texte : le texte doit être divisé en chapitres ayant chacun un titre. Les chapitres et sous-chapitres doivent être numérotés en chiffres arabes.

5) Remerciements : s'il y a lieu.

6) Références : les références doivent être identifiées dans le texte à l'aide de chiffres arabes entre crochets.
Elles sont groupées en fin d'article dans leur ordre d'apparition

7) Annexes : afin de ne pas perdre de vue les idées principales, les analyses mathématiques subordonnées au thème principal et susceptibles d'éclairer les lecteurs de l'article devront être détaillées en annexe.

8) Figures : les illustrations doivent être numérotées dans le texte en chiffres arabes entre parenthèses, chaque figure doit être aussi explicite que possible. Les légendes sont regroupées sur des feuilles séparées.

9) Tableaux : ils doivent être inclus dans le manuscrit et numérotés en chiffres arabes dans l'ordre de leur apparition dans le texte.

10) Equations : elles doivent être numérotées en chiffres arabes entre parenthèses, au bord de la marge droite. Les vecteurs doivent apparaître en gras. Une attention particulière doit être accordée aux différents symboles utilisés afin de ne pas les confondre : exemple le chiffre 0 de la lettre O , le chiffre (1) de la lettre (I), la lettre romaine V (v) et la lettre grecque (υ).

Soumission du manuscrit

Le manuscrit doit être envoyé en quatre (04) exemplaires à l'adresse du centre. L'article ne doit ni avoir fait l'objet d'une publication antérieure, ni simultanément soumis (ou publié) dans d'autres revues. Chaque article doit être complet et dans sa forme finale.

Evaluation du manuscrit

Tout manuscrit est soumis à l'avis de trois (03) experts qui jugent de l'intérêt de sa publication. Ces experts peuvent demander des modifications ou des compléments aux auteurs. Dans ce cas, les manuscrits doivent être corrigés et retournés. Toutefois, aucune modification majeure ne sera acceptée à ce stade de la publication. Seuls les articles ayant reçu un avis favorable seront accepté pour publication.

Pour tout article accepté pour publication, le manuscrit définitif doit être accompagné de la disquette saisie.

Guidelines for authors

General

The journal accepts articles presenting unpublished works on any aspects of fundamental applied or development research.
The article may be of scientific or technical character.
Authors should start up figures, photographs or tables borrowed from other publications. They should indicate the origin of the document after having permission of reproduction. No reproduction may take place without the written permission.

Language:
Articles should be written in Arabic – French or English.
Guidelines for preparing manuscripts: they should be typed n good quality standard paper using (A 4 paper) double line spacing should be adapted. Margins 3cm all around left and right, but should be printed on one side of the sheet.

Manuscripts should be prepared according to the following guidelines:

*1) **The title's page*** should contain :
the title's paper should be presented a clear , attractive , explicit and concise form
Authors names and their affiliations to be provided
Adding their addresses , and e-mail .

*2) **Summary's page*** : the summary's page includes:
The title , the abstract should not exceed 250 words and should be written in both French and English

*3) **Word list**:* all parameters already mentioned in the text should be in a clear and definite form, using post-poned units, symbols should be in a standard style (for instance iso). units should be in accordance with international system

*4) **Text**:* the text should be dived into chapters, with a title each one. chapters and sub-chapters should be numbered in Arabic numbers .

*5) **Acknowledgments*** : if required

*6)**References*** : a numbered system of references is required , they should be identified in the text thanks to Arabic numbers in parenthesis , they are listed immediately in the end of the text under the main heading .laid out in the order of appearance .

*7)**Annexes*** : let's hope have don't lost the main ideas , mathematical analysis subordinate to the main theme and which could help readers of articles ,they should be detailed in annexes

*8)**Figures*** : all illustrations should be numbered in Arabic numbers consecutively in parenthesis in a clear and concise form.

*9)**Tables:*** they should be included in the manuscript in Arabic numbers and presented in the right order of appearance in the text .

*10)**Equations***: should be numbered consecutively in Arabic numbers in parenthesis using the right margin, vectors should be in bold. a particular attention should be paid to different symbols used in order to avoid confusion: for instance the number O with the letter O, the number (I) with the letter (I), the roman letter V(v) and the Greek letter (v).

Submission of the manuscript:
Manuscripts should be sent in (4) exemplaries to the center's address .Articles should not be already submitted (or published) simultaneously in other reviews.

Evaluation of the manuscript:
Manuscripts should be submitted to (3) experts in order to evaluate the significance of the publication. Experts could ask for modifications or further information from authors. in this case, manuscripts should be corrected and sent back. However, major modifications won't be accepted at this stage of the publication. only articles considered appropriate are accepted for publication.
For accepted articles final manuscripts should be submitted with a floppy disk.

bjectifs

*La revue : « **Journal Algérien des Régions Arides** » est une revue spécialisée dans le développement global en Régions Arides. Elle traite de sujets à caractère appliqué :*

- *Des articles qui permettront de mieux appréhender les phénomènes liés à l'aridité et à la désertification.*
- *La recherche de solutions de problèmes liés au terrain après un diagnostic préalable.*

Les informations et les connaissances permettront une orientation vers des axes de recherche à développer avec le concours de tous les chercheurs et les acteurs sur le terrain : universitaires, chercheurs, ingénieurs, administrateurs des services de l'agriculture, de l'équipement, de l'hydraulique...

*La revue : « **Journal Algérien des Régions Arides** »*
Sera destinée aux ingénieurs, chercheurs, technologues et homme de terrain (agriculture, urbanisme et aménagement du territoire, spécialiste en étude de la steppe...), télédétection, cartographie et autres gestionnaires qui auront le responsabilité du maintien de l'équilibre écologique présent et futur ainsi que de la préservation de la steppe et de son environnement végétal et humain ainsi que du milieu oasien dans une stratégie lié à la biodiversité et du développement durable.

BULLETIN D'ABONNEMENT

JOURNAL ALGERIEN DES REGIONS ARIDES

Abonnement

(1 an = 2 numéros)

OUI Je m'abonne au Journal Algérien des Régions Arides

☐ Algérie : 900 DA

☐ Europe : 16 €

☐ Autres pays : 26 $

Je joins mon règlement d'un montant

☐ par chèque ☐ par virement à l'ordre de CRSTRA

Compte Bancaire N° : **5662063-S BEA Biskra**

Date : .....Cachet et signature :

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle :

Nom :.....Société/Organisation :.....

.....

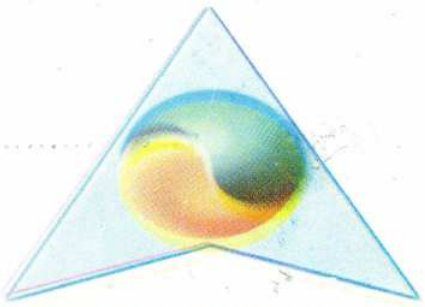
Adresse .....

CP :.....ville : .....

Téléphone :.....Fax :.....

E-mail :.....

Adressez ce bulletin à : Centre de Recherche Scientifique et Techni0que sur les Régions Arides (CRSTRA)
Front de l'Oued BP 1682 07 000 Biskra, Algérie



C.R.S.T.R.A

La seule bataille perdue
et celle qu'on n'a jamais engagé

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions
Arides (CRSTRA)
Front de l'Oued BP 1682 07000 Biskra, Algérie

Tél./Fax : 033 73 42 14
033 74 18 15
e-mail : crstra_biskra@yahoo.fr
crstra@netcourrier.com