

Le déficit d'eau en algérie du nord (cas de wilaya d'oran)

Khedim Amine ^{1*}

Abstract

La région d'Oran est considérée comme une région pauvre en ressources hydriques. Elle demeure ainsi malgré le recours à d'autres ressources d'eau régionales (l'adduction d'ouest et l'adduction d'est) et à des stations de dessalement d'eau de la mer et d'épuration des eaux usées qui produisent 540000m³ d'eau potable par jour mais avec un taux des fuites très important estimé à 143205m³/j selon les statistiques établies en 2020 par la direction de ressource d'eau de la wilaya d'Oran..

Le présent projet est dédié à l'étude des principales causes du déficit hydrique ainsi que l'estimation future des besoins en eau pour les différents secteurs de la wilaya d'Oran.

Les résultats obtenues dans cette étude montrent que cette région enregistrera un déficit d'eau dépassant 1,2 million m³/j d'ici l'année 2050. Ce déficit est dû principalement à l'étage bioclimatique semi-aride et la sécheresse qui a frappé cette région avec 21 années sèches durant la période (1982-2020), provoquant une baisse progressive des précipitations avec une diminution importante du taux de ruissellement des eaux de surface d'une part, d'autre part l'élargissement des terres irriguées et la croissance démographique entraînent des contraintes aiguës pour satisfaire les besoins en hausse de la population et les secteurs : économique, industriel et l'agriculture. Ce phénomène sera aussi accentué avec la problématique du changement climatique et donc contribuera au stress hydrique et la sécheresse qui risque d'affecter profondément le secteur de l'agriculture, l'exploitation des sols, les ressources en eau et tous les écosystèmes selon le 6-ème rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat 'GIEC'.

Keywords

déficit d'eau, alimentation d'eau potable, les ressources conventionnelles, les ressources non conventionnelles, terre irrigué, besoin d'eau.

¹ Office national de la météorologie , Dar El Beida, Alger

*Correspondant: khedimamine9@gmail.com

Contents

1	Introduction:	2		
2	Méthodologie	2		
2.1	La collecte des données	2	4.3	Evolution de la demande d'eau des secteurs « domestiques et l'industrie » en fonction de la population 6
2.2	Logiciels et le package utilisés	3	4.4	Evolution de bilan de la mobilisation d'eau dans la wilaya d'Oran 6
3	Caractéristiques hydrauliques de la wilaya d'Oran	3	4.5	Le déficit d'eau de la wilaya d'Oran comparée à des wilayas limitrophes 6
3.1	Ressources conventionnelles et non conventionnelles de la wilaya d'Oran	3	4.6	L'évolution de la demande en eau de secteur domestique et d'industrie de la wilaya d'Oran comparée à des wilayas limitrophes 7
3.2	Situation actuelle de l'alimentation d'eau potable « AEP » de la Wilaya d'Oran	3	5	Estimation des besoins en eau de la wilaya d'Oran pour les années 2030-2040-2050
4	Résultats et discussion	3	5.1	Estimation de la population 7
4.1	Variabilité des facteurs climatiques	3	5.2	Estimation future des besoins d'eau 8
	Evolution annuelle des températures moyennes et des cumuls des précipitations durant la période « 1982-2020 » • Quotient pluviométrique d'emberger • Indice standardisé des précipitations « SPI »		5.3	Le débit journalier maximal 9
4.2	Evolution des terres agricoles utiles (S.A.U) irriguées de la wilaya d'Oran	6	5.4	Bilan hydraulique (Ressource-Besoin) 11
			6	Conclusion
				References
				11
				11

1. Introduction:

L'eau est une source vitale, Elle est indissociable de tout développement socio-économique, car aucune société dans le monde ne peut aujourd'hui prétendre à une croissance, voire même à une survie sans qu'elle ne dispose en qualité et quantité suffisante de cette richesse naturelle. Pour cela l'eau constitue un enjeu majeur pour le développement durable, d'où selon l'ONU « L'eau est étroitement liée à la santé, l'agriculture, l'énergie et la biodiversité. Sans progrès dans le domaine de l'eau, il sera difficile voire impossible d'atteindre les autres objectifs pour le développement ». Au cours du 20^{ème} siècle, les activités humaines ont entraîné une dégradation croissante de cette richesse naturelle, au point où la capacité de réponse aux besoins des écosystèmes et des générations futures s'en trouve menacée. En parallèle, un grand nombre de besoins en eau demeurent toujours insatisfaits, malgré la multiplication des interventions visant à accroître la disponibilité de l'eau.

Le déficit d'eau est l'un des problèmes majeurs du monde d'aujourd'hui, c'est un phénomène à la fois naturel et d'origine humaine. Bien qu'il y ait suffisamment d'eau douce sur la planète pour la population mondiale, cette ressource est inégalement répartie dans le temps et dans l'espace et une grande partie d'eau est gaspillée, polluée et gérée de façon non durable.

La wilaya Oran, qui s'étend sur une superficie de 2144km², se trouve au bord de la rive sud du bassin méditerranéen situé au nord-ouest de l'Algérie, à 432km de la capitale d'Alger [1]. Elle possède un climat ayant une variabilité interannuelle assez importante, semi-aride avec un hiver froid, et sec et un été chaud. Les températures dans la région d'Oran varient en moyenne entre 5 à 15°C en hiver et de 15 à 30°C en été et les précipitations y sont irrégulières et atteindront en moyenne 450mm/an [2]. Cette région est confrontée à un déficit d'eau dû à la semi-aridité de son territoire, sa localisation géographique et l'augmentation de la population et les terres irriguées qui puisent les réserves d'eau disponible. Ce déficit est aussi dû aux faibles précipitations, à la sécheresse et au changement climatique, ainsi que les problèmes hydrauliques telles que manque de techniques de mobilisation d'eau pluviale, le mauvais recyclage de l'eau. et le mauvais recyclage de l'eau. Ces causes ont un impact négatif sur les ressources en eau qui peuvent entraîner une véritable crise d'eau à la wilaya d'Oran.

L'étude de la projections future du climat d'Oran selon le scénario A1B du GIEC dans le cadre de projet CIRCE 'Climate Change and Impact Research - the Mediterranean Environment' (2007-2010) en utilisant des sorties de modèles : INGV, ENEA, CNRM, IPSL et MPI, montre que cette région sera aride à l'horizon 2050. Durant la période 2021-2050, elle connaîtra un réchauffement significatif par rapport à la période 1961-1990 de l'ordre de 1.6°C pour les températures moyennes, 1.5°C pour les températures minimales et 1.8°C pour les températures maximales. Par contre, pour les précipitations, les modèles estimeront une diminution de

l'ordre de 13% sur les quantités annuelles[2]. Cela aura, par conséquent, un effet important sur l'envasement et l'évaporation des lacs des barrages ainsi que la diminution du ruissellement des eaux de surface et donc l'accroissement de déficit d'eau dans cette région.

L'objectif de l'étude porte sur le bilan ressource-besoin et a pour but d'évaluer la demande en eau dans la wilaya d'Oran. Elle est touchée plus que les autres wilayas de l'Ouest Algérien qui souffrent d'un déficit d'eau important. Nous présenterons en premier temps la variabilité du facteur climatique (Température et Précipitation) ainsi que l'évolution des terres irriguées et la démographie au sens propre, l'extension de l'espace urbain et l'accroissement des besoins en eau. Nous montrerons que ces facteurs pèsent lourd sur la disponibilité et la gestion de l'eau.

L'exemple de la wilaya d'Oran nous semble être l'exemple typique qui pourrait faire ressortir l'ensemble des problèmes entre les ressources et les besoins. Une question importante peut être posée : les quantités mobilisées sont-elles suffisantes et comment les prévisions en matière de population affectent-elles l'équilibre entre l'offre et la demande dans l'avenir ?

Cet article est organisé comme suit :

Dans la première partie, nous allons présenter un bref aperçu sur le déficit d'eau. Ensuite, nous allons définir notre zone d'étude qui est la wilaya d'Oran et ses caractéristiques hydrauliques et expliquer la méthodologie utilisée dans ce travail.

Dans la deuxième étape, nous allons interpréter les résultats obtenues. Enfin, nous terminerons par une conclusion générale.

2. Méthodologie

2.1 La collecte des données

Notre étude repose sur un recueil de données au niveau des différents organismes :

- Les données mensuelles et annuelles des précipitations et des températures moyennes de la station Es-Senia « Oran » durant la période « 1982-2020 ». Le choix des données de ce package est justifié par leur accessibilité sur une longue période (de 1981 à quelques mois en temps réel)[3], leur homogénéité (après les résultats obtenus via le test de Pettitt qui a montré que les p-values pour la température moyenne de l'air et les précipitations sont respectivement de 0.241 et 0.379, supérieures à qui est d'ordre de 0.05), ainsi que leur bonne qualité par rapport aux données des stations météorologiques automatiques[4].
- Les annuaires statistiques de la direction des services agricoles « D.S.A » des années 2000-2005-2010-2015-2020, pour consulter l'évolution des superficies d'agricoles utiles en irriguées qui influent sur la disponibilité d'eau.

- Les annuaires de la direction de la programmation et du suivi budgétaire de la wilaya d'Oran « D.P.S.B » accompagné par les annuaires Algériens des d'eau « A.D.E » de la wilaya d'Oran pendant les années 1995-2000-2005-2010-2015-2020. Afin de prévoir la croissance de la population accompagnée par la croissance de demande en d'eau domestique et d'industrie.
- Les Estimations futures des besoins d'eau en fonction de la population à partir des annuaire de la direction de la programmation et du suivie budgétaire de la Wilaya d'Oran « D.P.S.B » et de la direction des ressources d'eau « D.R.E » de l'année 2020 pour la wilaya d'Oran, ainsi que les formules de Office National des Statistiques « O.N.S » et la société de l'eau et d'assainissement d'Oran « SEOR ».

2.2 Logiciels et le package utilisés

Pour notre étude, nous avons utilisé le package **Nasa-power** de langage **R** pour traiter les données journalières des précipitations et des températures de la station Es-senia (Oran) durant la période « 1982-2020 »n ainsi que le logiciel **XLSTAT** pour faire l'étude d'homogénéité de ces données via le test de pettitt.

Le package « **Nasa-power** » de langage **R** est dédiée pour le programme de prédiction de ressource l'énergie mondiale (POWER) de la NASA. Ces dernières sont décrites par l'agence Américaine comme « Ensemble de données solaires et météorologiques issues de la recherche de la NASA pour soutenir les énergies renouvelables, l'efficacité énergétique des bâtiments et les besoins agricoles». Les données de ce package sont des données satellitaires traitées, basées sur les produits de modèle GMAO (Global Modeling and Assimilation Office) de Goddard ainsi que le modelé MERRA-2 (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Application). La résolution spatiale de l'ensemble des relevés est de $\frac{1}{2}^{\circ} \times ^{\circ}$ latitude-longitude ,tandis que la résolution temporelle de ces derniers est de 1 jour, avec un retard de 2 jours sur le présent[3].

3. Caractéristiques hydrauliques de la wilaya d'Oran

3.1 Ressources conventionnelles et non conventionnelles de la wilaya d'Oran

La wilaya d'Oran ne possède aucun barrage. L'alimentation d'eau potable se fait par les eaux souterraines locales (source Ras Ain, puits et forages) et par les transferts régionaux (transfert M.A.O, Barrage de Tafna). Ainsi que par les stations de dessalement l'eau de la mer SDEM « Kahrama, les dunes, Bousfer, Mactaa et Chatt El Hillal », déminéralisation des eaux saumâtres « Brédéah », et les stations d'épuration des eaux usées (STEP Cap Falcon d'Ain Turck et STEP El Kerma) pour l'irrigation des terres agricoles de la wilaya[5].

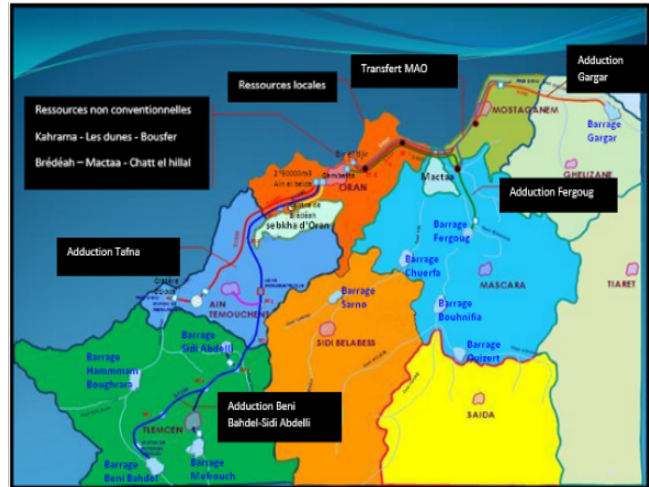


Figure 1. Les ressources conventionnelles et non conventionnelles de la wilaya d'Oran

3.2 Situation actuelle de l'alimentation d'eau potable « AEP »de la Wilaya d'Oran

Selon la direction des ressources en eau (D.R.E) de la Wilaya d'Oran en 2020 :

- La capacité de stockage d'eau dans la wilaya d'Oran est $774370 m^3$ (volume des réservoirs, prise d'eau, bache d'eau, château d'eau de la wilaya)
- Les besoins en eau de la Wilaya d'Oran sont estimés à $493000 m^3 / j$ dont :
- $423000 m^3 / j$ pour les besoins domestiques calculé sur la base d'une dotation de $200 l/j/hab$.
- $70000 m^3 / j$ pour les besoins d'industrie.

La production journalière pour l'alimentation d'eau potable (AEP) à partir des transferts d'Est et Ouest et les stations de dessalements est estimée $540000 m^3 / j$ dont :

- 64% à partir des ressources conventionnelles.
- 36% à partir des ressources non conventionnelles.

Les ressources locales de la wilaya d'Oran sont $253000 m^3 / j$ soit un taux de 46,85%. Tandis que les ressources hors wilaya sont $287000 m^3 / j$ soit un taux de 53.15%.

Le débit d'eau distribué est $145227064 m^3 / an$, soit $396795 m^3 / j$ [6].

4. Résultats et discussion

4.1 Variabilité des facteurs climatiques

Cette partie sert à étudier la variabilité annuelle des facteurs climatiques (Température et précipitations) qui influe sur les ressources en eau de la wilaya d'Oran durant la période 1982-2020. ainsi que le calcul des indices d'emberger et d'SPI pour déterminer respectivement l'étage bioclimatique et le nombre d'années de sécheresse qui a frappé la région d'Oran durant cette période.

Type de Ressource	Ressource	Localisation	Production d'eau (m ³ /j)	Volume alloué pour la wilaya d'Oran (m ³ /j)
Ressource locale	Station de dessalement La Mactaa	Daira de Bethioua	500000	175000
	Station de dessalement Karhama	Zone industrie d'Arzew	90000	54000
	Station de dessalement Bousfer	Daira Ain Turck	5500	450
	Station de dessalement Les Dunes	Daira Ain Turck	5000	550
	Station de déminéralisation Brédéah	Brédéah	24000	13000
	Ressources souterraines	/	27000	10000
Ressource hors Wilaya	Transfert MAO	Est de la Wilaya d'Oran	300000	155000
	Dzioua à partir de Transfert Tafna	Ouest de la Wilaya d'Oran	/	32000
	Station de dessalement Chatt El H'illal	Wilaya d'Ain Témouchent	200000	100000
Total				540000

Tableau 1: Situation de l'alimentation d'eau potable de la Wilaya d'Oran en 2020 (source: D.R.E d'Oran)

4.1.1 Evolution annuelle des températures moyennes et des cumuls des précipitations durant la période « 1982-2020 »

- Pour les températures moyennes annuelles :

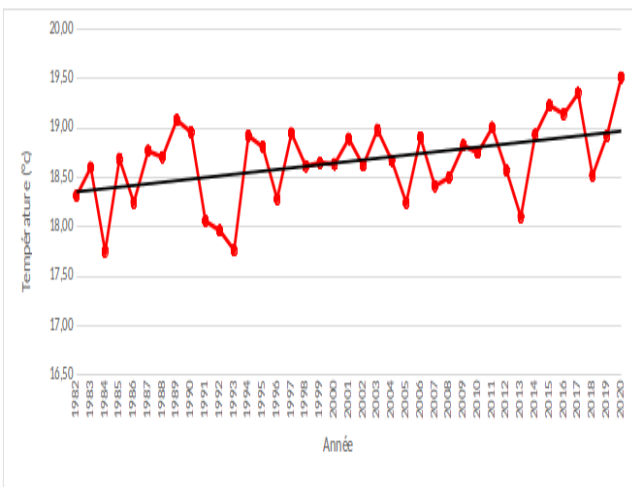


Figure 2. Evolution annuelle des températures moyennes de la wilaya d'Oran durant la période « 1982-2020 »

La figure 2 représente l'évolution des températures moyennes annuelles sur la période « 1982-2020 ». On remarque une augmentation de la température moyenne annuelle avec une moyenne de 18.66 °C sur cette période. On constate

aussi une variation de la température moyenne de 18.52°C à 19.51°C durant les cinq dernières années.

Les résultats de test de Mann-kendall (mentionnées dans le tableau 2) montrent l'existence de la tendance significative à la hausse.

- Pour les cumuls des précipitations annuelles:

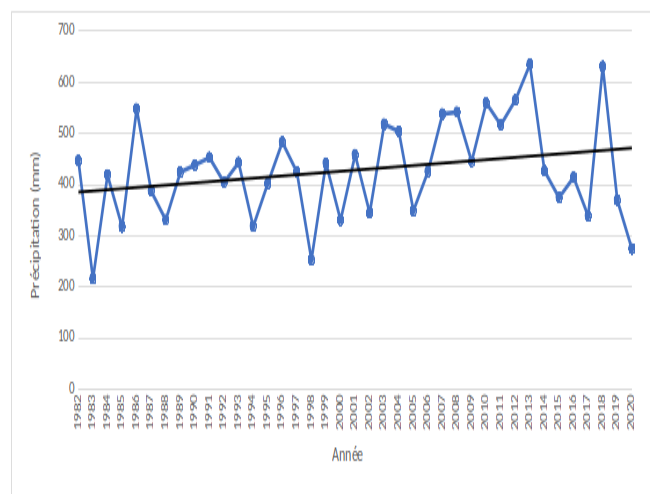


Figure 3. Evolution des cumuls des précipitations annuelles de la wilaya d'Oran durant la période 1982-2020

La figure 3 représente l'évolution annuelle des cumuls des précipitations sur la période « 1982-2020 ». La moyenne des

cumuls des précipitations sur la période d'étude est égale à 428.57mm. Mais on observe une grande variabilité entre les années, avec un minimum de 215.8mm en 1983 et un maximum de 635.31mm en 2013.

L'étude de l'évolution de la pluviométrie dans cette période montre que les années les plus sèches sont 1983, 1998 et 2020 avec des cumuls des précipitations respectivement 215.8mm, 253.29mm et 274.61mm. Tandis que les années les plus pluvieuses sont 2013 avec 635.31mm ainsi que 2018 avec 631.02mm.

Durant les cinq dernières années, on remarque les baisses des précipitations annuelle à exception le année 2018 avec une moyenne de 405,61mm en 5 ans.

Les résultats de test de Mann-kendall (mentionnées dans le tableau 2) montrent l'absence de la tendance significative.

• **Les résultats de test de Mann-kendall :**

Interprétation du test :

H_0 : Il n'y a pas de tendance dans la série.

H_a : Il existe une tendance dans la série.

Paramètres	p-value	Interprétation
L'évolution annuelle des températures moyennes	0,011	Étant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a .
L'évolution des cumuls des précipitations annuelles	0.105	Étant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha=0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 .

Tableau 2: Les résultats de test de Mann-Kendall

4.1.2 Quotient pluviométrique d'emberger

Le Quotient pluviométrique d'emberger appelé aussi coefficient pluviométrique qui est un indice bioclimatique basé sur la pluie et la température. Le calcul de ce quotient est nécessaire pour déterminer l'étage bioclimatique d'une région. Sa formule est :

$$Q_2 = \frac{2000 * P}{(M - m) * (M + m)} = \frac{2000 * P}{(M^2 - m^2)} \quad (1)$$

Donc, le Q_2 est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat :

- M : moyenne du maxima (températures maximales journalières) du mois le plus chaud en degré absolu °K.
- m : moyenne du minima (températures minimales journalières) du mois le plus froid en degré absolu °K.
- P : Moyenne des cumuls des précipitations annuelles en mm[7].
- Climagramme d'Emberger :

Le graphe 4 représente le climagramme d'emberger de la wilaya d'Oran pendant la période « 1982-2020 », intersection entre le quotient pluviométrique d'emberger « Q_2 »[7] qui est de 76.9 et la moyenne du minima du mois le plus froid « m » qui égale 10.69°C donne l'étage bioclimatique d'Oran qui est semi-aride avec hiver chaud.

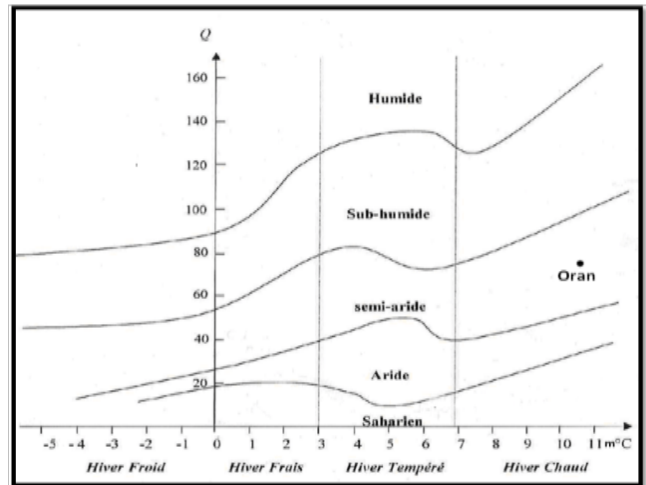


Figure 4. Climagramme d'emberger de la wilaya d'Oran durant la période « 1982-2020 »

- Variation annuel de l'étage bioclimatique de la wilaya d'Oran:

D'après l'étude de quotient d'emberger annuel, on peut conclure 3 différents étages bioclimatiques annuels dans la wilaya d'Oran qui sont représentés dans le tableau suivant: D'après le tableau 4, on peut constater trois différents étages bioclimatiques avec la domination de l'étage bioclimatique aride pendant la période 1982-2020. On constate aussi une variation importante durant les trois dernières années passant de sub-humide avec hiver chaud à aride avec hiver chaud.

4.1.3 Indice standardisé des précipitations « SPI »

L'indice standardisé des précipitations « SPI » est un indice permettant de mesurer la sécheresse météorologique. Cet indice est négatif pour les sécheresses, et positif pour les conditions humides. Sa formule est :

$$SPI = \frac{X_i - X_m}{S_i} \quad (2)$$

Avec :

X_i : cumul de la pluie pour une année i.

X_m : Moyenne des pluies annuelles observée sur la série d'étude.

S_i : Ecart-type des pluies annuelle observé sur la série d'étude.[8]

En appliquant la formule d'SPI sur la période d'étude, nous avons calculé et représenté cet indice dans la figure 5. On peut conclure que la sécheresse était modérée à forte durant les cinq dernières années à l'exception de l'année 2018.

Moyenne de cumul de précipitations annuelles P(mm)	Température				Quotient Pluviométrique d'emberger Q ₂
	Mois le plus froid	M(°c)	Mois le plus chaud	m(°c)	
428,57	Janvier	29,65	Aout	10,65	76,9

Tableau 3: Quotient pluviométrique d'Emberger de la wilaya d'Oran durant la période «1982-2020»

Année	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Total (ans)		
	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	
sub-humide avec hiver chaud																																						4	
semi-aride avec hiver chaud	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	32
aride avec hiver chaud	*												*																								*	3	

Tableau 4: Variation annuelle de l'étage bioclimatique de la région d'Oran durant la période « 1982-2020 »

Les années sèches et les années humides durant toutes les périodes en fonction de cet indice sont présentés dans le tableau 5[6] :

4.2 Evolution des terres agricoles utiles (S.A.U) irriguées de la wilaya d'Oran

La figure 6 représente l'évolution des superficies d'agricoles utiles (S.A.U) irriguées de la Wilaya d'Oran durant les années 2000, 2005, 2010, 2015 et 2020. On constate que les S.A.U irriguées ont triplé durant la période « 2000 à 2020 ». Elles ont atteint une superficie de 9827.01 hectares dans l'année 2020. Cela est due à l'utilisation de la superficie des terres irriguées afin d'augmenter le rendement agricole .

4.3 Evolution de la demande d'eau des secteurs « domestiques et l'industrie » en fonction de la population

Le tableau 6 représente la population de la wilaya d'Oran et les besoins d'eau des deux secteurs « domestique et industrie » pour les années 1995 à 2020..Durant cette période, les besoins d'eau passent de 188134m³/j à 493000m³/j dues à la croissance démographique importante qui atteint les 2112653hab en 2020.

4.4 Evolution de bilan de la mobilisation d'eau dans la wilaya d'Oran

Dans la table 7 nous représentons le bilan de la mobilisation d'eau dans la wilaya d'Oran en 1986, 1998 et 2020. On constate qu'en 1986, le total d'eau mobilisé dans cette région est de 168000 m³/j. Il passe à 540000 m³/j en 2020. Cette augmentation est due aux nouveaux transferts régionaux tels que le transfert Mostaganem-Arzew-Oran (MAO) et la station de dessalement d'eau de la mer Chatt El Hillal, ainsi

que le recours aux méthodes de dessalement d'eau de la mer et les eaux saumâtres dans la wilaya d'Oran.

4.5 Le déficit d'eau de la wilaya d'Oran comparée à des wilayas limitrophes

Nous avons aussi comparé les besoins et le déficit d'eau entre la wilaya d'Oran et les autres wilayas (Tlemcen, Ain Témouchent, Mascara) (Fig. 7). On constate que la wilaya d'Oran est la zone la plus déficitaire d'eau comparée avec autres Wilayas d'Ouest Algérien, avec un déficit d'eau atteint 186000m³/j à cause de la consommation très élevée qui est de 134000 m³/j et qui ne satisfait pas les besoins d'eau de la wilaya d'Oran.

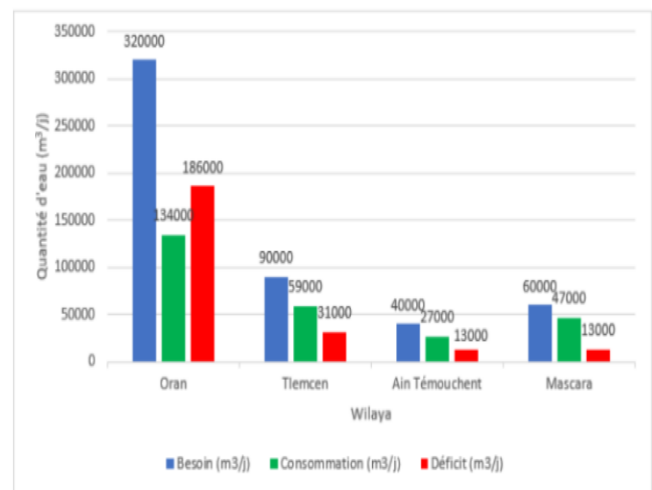


Figure 7. Besoins, consommations et déficits des wilayas Oran, Tlemcen, Ain Témouchent et Mascara (source: A.D.E d'Oran)

Degré de sécheresse	Nombre des années	Commentaire
Sécheresse extrême (SPI < -2)	1	21 années de sécheresse
Sécheresse forte (-2 < SPI < -1)	6	
Sécheresse modérée (-1 < SPI < 0)	14	
Humidité modérée (0 < SPI < 1)	11	18 années d'humidité
Humidité forte (1 < SPI < 2)	5	
Humidité extrême (SPI > 2)	2	
Total	39	39

Tableau 5: Le nombre d'années en fonction de degré de sécheresse de la wilaya d'Oran

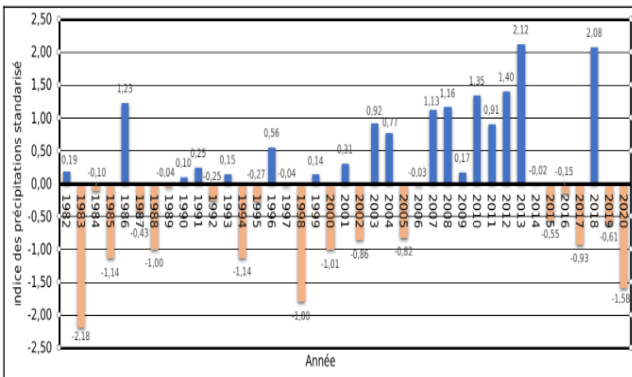


Figure 5. Variation annuelle de l'indice des précipitations standardisé de la wilaya d'Oran pendant la période « 1982-2020 »

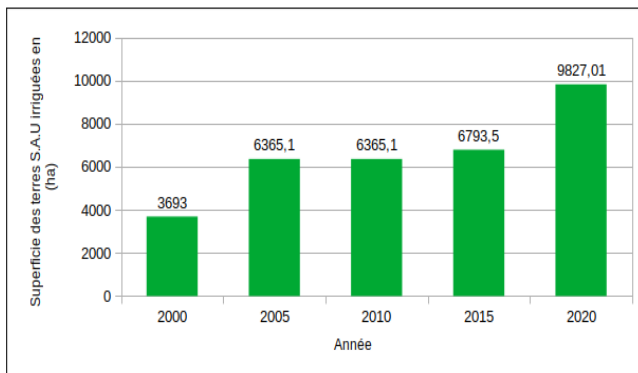


Figure 6. L'évolution des superficies d'agricoles utiles (S.A.U) irriguées de la wilaya d'Oran durant la période « 2000-2020 » (source : D.S.A d'Oran)

4.6 L'évolution de la demande en eau de secteur domestique et d'industrie de la wilaya d'Oran comparée à des wilayas limitrophes

De même nous avons comparé la demande en eau de la wilaya d'Oran par rapport à des wilayas limitrophes, Tlemcen, Ain Témouchent et Mascara (Fig. 8). On constate que les besoins en eau potable de la wilaya d'Oran sont les plus importants comparant aux wilayas (Tlemcen, Ain Témouchent, Mascara), elles ne cessent de croître durant

la période « 1995-2020 » et atteignent $493000\text{m}^3/\text{j}$ en 2020. Cette augmentation est due principalement à la croissance démographique durant cette période.

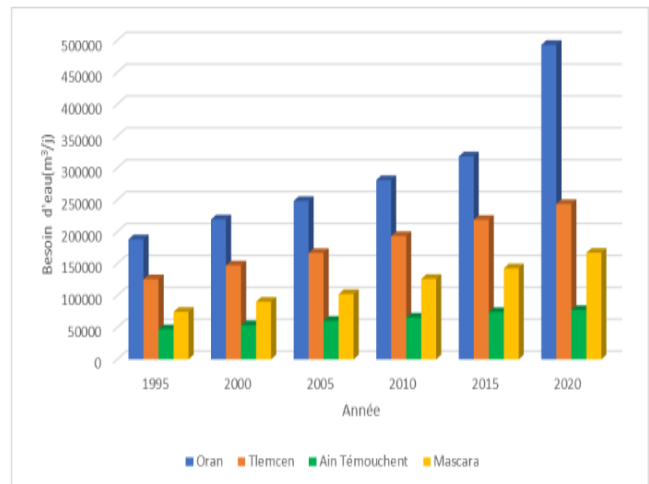


Figure 8. L'évolution des besoins d'eau domestique et d'industrie des Wilayas Oran, Tlemcen, Ain Témouchent et Mascara durant la période « 1995-2020 » (source :A.D.E d'Oran)

5. Estimation des besoins en eau de la wilaya d'Oran pour les années 2030-2040-2050

L'estimation future des besoins d'eau est calculée selon une méthode analytique basée sur la dotation et le calcul de population future pour évaluer les besoins d'eau domestique ainsi que les secteurs: « industriel, administratif et commercial », afin de prévoir un bilan hydraulique(ressource-besoin) de la wilaya dans les années 2030, 2040 et 2050.

5.1 Estimation de la population

La population de la wilaya d'Oran a été estimée à 2112653 habitants pour l'année 2020 selon La direction de la programmation et du suivie budgétaire de la Wilaya d'Oran « D.P.S.B ». Pour les années avenir, la population sera calculée par la relation suivante : (Source : Office National des Statistiques « O.N.S »).

Année	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Population en (Hab)	1138474	1272420	1500450	1619940	1875596	2112653
Besoins d'eau domestique et de l'industrie (m ³ /j)	188134	219308	248248	281007	318089	493000

Tableau 6: La population et les besoins d'eau domestique et d'industrie de la wilaya d'Oran pour les années 1995 à 2020 (source : A.D.E d'Oran et D.P.S.B d'Oran)»

Ressources	Année 1986 en (m ³ /j)	Année 1998 en (m ³ /j)	Année 2020 en (m ³ /j)
Beni Bahdel-Tafna	80000	68000	32000
Fergoug-Chélif	45000	52000	/
Transfert MAO	/	/	155000
Chatt El Hillal	/	/	100000
Brédéah (Oran)	35000	5000	13000
Ressources locales	8000	9000	240000
Total	168000	134000	540000

Tableau 7: Bilan de la mobilisation d'eau dans la wilaya d'Oran en année: 1986,1998 et 2020 (source : A.D.E d'Oran)

$$P_n = P_o * (1 + \tau)^n \quad (3)$$

avec :

- P_n : population future prise à l'horizon quelconque.
- P_o : population de l'année de référence 2020 (Dans la wilaya d'Oran = P_o 2112653 hab).
- accroissement annuel moyen . (Dans la wilaya d'Oran =1.9 %selon recensement de groupement par habitant « R.G.PH »).
- n : nombres d'années séparant l'année de référence à l'horizon considéré. (n=10ans pour notre étude).[9]

Le Tableau 8 représente l'estimation future de la population de la wilaya d'Oran pour les années 2030-2040-2050 calculée à partir de la population de l'année 2020 et le taux d'accroissement annuel moyen qui est de 1,9% selon RGPH. On constate une croissance démographique importante dans la région d'étude qui attend 3715811hab pour l'année 2050.

5.2 Estimation future des besoins d'eau

- a) **Le débit moyen journalie** Q_{moy*j} :

Le débit moyen journalier est le produit de la norme unitaire moyenne journalière, exprimé en mètre cube par jour. Il est calculé par la formule suivante:(Source : société de l'eau et d'assainissement d'Oran SEOR)

Année	Population (hab)
2020	2112653
2030	2550175
2040	3078306
2050	3715811

Tableau 8:Estimation future de la population de la wilaya d'Oran pour les années 2030-2040-2050

$$Q_{moy*j} = \frac{(N_i * Q_i)}{1000} \quad (4)$$

avec :

Q_{moy*j} : La débit moyen journalier (m³ /j)
 N_i : Nombre d'habitants à l'horizon donné.
 Q_i : débit de dotation (l/j/hab)

- b) **Besoins en eau par catégorie:**

b.1) Besoins domestiques : Pour notre étude, puisque la wilaya d'Oran est grande, les besoins domestiques seront estimés sur la base de la dotation de 200l/j/hab d'après la direction des ressources d'eau (D.R.E).Les résultats sont représentés dans le tableau 9.

- **b.2) Besoins d'industrie et d'équipements publics:**

Pour connaître les besoins futurs annuels de l'industrie ainsi que des équipements publics qui contiennent le secteur administratif et le secteur commercial, nous avons eu recours

Année	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	Q_{moy*j} (m ³ /j)
2020	2112653	200	422531
2030	2550175	200	510035
2040	3078306	200	615661
2050	3715811	200	743176

Tableau 9: Estimation future des besoins d'eau domestiques pour les année 2030-2040-2050)

Les secteurs	Domestique	Industrie	Commercial	Administratif
Volume facturé en 2020 (m ³)	58671209	14884689	3161404	8990246
Le coefficient α	1	0,254	0,054	0,153

Tableau 10: les volumes facturés des différents secteurs et le coefficient (source : SEOR d'Oran)

au calcul d'un coefficient de proportionnalité ()[9] basé sur les volumes facturés des différents secteurs en 2020 calculés par la SEOR, afin d'estimer les besoins futurs d'eau de ces secteurs. Ce coefficient () est calculé par la formule ci-dessous :(source : SEOR)

$$\alpha = \frac{\text{Volumefacturéannueldesecteurétudié}}{\text{Volumefacturéannueldomestique}} \quad (5)$$

Les besoins d'un secteur sont calculés par la formule suivante: (Source : SEOR)

$$\text{besoin d'un secteur} = \alpha * \text{besoin domestique} \quad (6)$$

Les estimations future des besoins en d'eau des secteurs : d'industrie, commercial et administratif pour les années 2030, 2040 et 2050 sont données dans le tableau 11. On constate une constante augmentation de ces besoins pour atteindre en 2050 : 188766m³/j pour l'industrie, 40132m³/j pour le secteur commercial et 113706m³/j pour le secteur administratif.

• b.3) Récapitulation des besoins en eau de la wilaya :

Le tableau 12 récapitule l'estimation des besoins des différents secteurs de la wilaya d'Oran pour les horizons 2030-2040-2050. On constate que le secteur domestique est le secteur le plus consommateur d'eau à cause de l'augmentation de la population dans les années avenir, les besoins d'eau de ce secteur passent de 422531m³/j à 743176m³/j durant la période « 2020-2050 ». Tandis que l'estimation future des besoins d'eau d'industrie et d'équipement publics montre que la variation est faible atteindront respectivement 188766m³/j et 153838m³/j pour l'année 2050, les besoins d'eau de ces deux secteurs représentent que 46.1% des besoins d'eau domestiques.

5.3 Le débit journalier maximal

Q_{max*j} Le débit maximal journalier est défini comme étant le débit de la journée de l'année où la consommation atteint un seuil maximal par rapport au débit moyen établi. Sa détermination nous permet de procéder au dimensionnement : des conduites d'adduction, de la station de pompage, du réservoir de stockage. Ce dernier est déterminé à partir de la formule suivante : (Source : SEOR)

$$Q_{max*j} = K_{max*j} * Q_{\tau} * moy * j \quad (7)$$

Avec :

Q_{max*j} :Le débit maximal journalier (m³ /j).

$Q_{\tau.moy*j}$:Le débit total moyen journalier (m³ /j).

K_{max*j} Le coefficient d'irrégularité journalière varie dans l'intervalle [1,1- 1,3].[10]

Le débit journalier maximal majoré $Q_{max*maj}$ prend par considération la consommation maximale par jour et les pertes d'eau, il est calculé par la formule suivante : (Source : SEOR).

$$Q_{max*maj} = Q_{max*j} * (1 + P_{eau}) \quad (8)$$

Avec :

P_{eau} : la perte d'eau

$Q_{max*maj}$: débit journalier maximal majoré.[11]

Considérant une perte d'eau (P_{eau} =25% selon SEOR), cette perte est due à des raisons administratives et physiques tel que :

- Les prélèvements non comptabilisés de branchements domestiques (manque de compteurs) et Les prélèvements illégaux
- Les fuites et le mauvais raccordement dans le réseau d'approvisionnement.

Année	Besoin d'industrie (m ³ /j)	Besoin commercial (m ³ /j)	Besoin administratif (m ³ /j)
2020	107323	22817	64647
2030	129549	27542	78035
2040	156378	33246	94196
2050	188766	40132	113706

Tableau 11: Estimation future des besoins d'industrie et d'équipements publics pour les années 2030-2040-2050

Année	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	Besoin domestiques (m ³ /j)	Besoin d'industrie (m ³ /j)	Besoin d'équipement publics (m ³ /j)	Total des besoins en eau $Q_{T.moy.j}$ (m ³ /j)
2020	2112653	200	422531	107323	87464	617318
2030	2550175	200	510035	129549	105577	745161
2040	3078306	200	615661	156378	127442	899481
2050	3715811	200	743176	188766	153838	1085780

Tableau 12: Estimation future de la population et les besoins en eau de la wilaya d'Oran pour les années 2030-2040-2050

Année	Actuelle	Court terme	Moyen terme	Long terme
	2020	2030	2040	2050
$Q_{T.moy.j}$	617318	745161	899481	1085780
$K_{max.j}$	1.3			
$Q_{max.j}$	802513	968709	1169325	1411514
Perte d'eau	0.25			
$Q_{max.maj}$	1003141	1210886	1461656	1764392

Tableau 13: Le calcul des débits journaliers maximaux majorés durant la période « 2020-2050 »

Année	2020	2030	2040	2050
Les ressources disponibles (m ³ /j)	540000	540000	540000	540000
Les besoins (m ³ /j)	1003141	1210886	1461656	1764392
Bilan(m ³ /j)	-463141	-670886	-921656	-1224392
Remarque	Déficit	Déficit	Déficit	Déficit
Taux de satisfaction (%)	53,83	44,59	36,94	30,60

Tableau 14: Bilan Hydraulique « ressource-besoin » et le taux de satisfaction de la wilaya d'Oran pour les années 2020 à 2050

- Joints défectueux des raccordements des tuyaux, conduites et robinetterie.[11]

5.4 Bilan hydraulique (Ressource-Besoin)

On procède à une comparaison entre les ressources et les besoins en eau pour savoir si les ressources de la région vont être suffisantes pour les années avenir [12]. Les ressources disponibles fournies sont $540000m^3/j$ selon D.R.E d'Oran en 2020.

Le tableau 14 représente le diagramme de projection du bilan hydraulique « ressource-besoin » et le taux de satisfaction de la wilaya d'Oran pour les années 2030-2040-2050. On constate qu'il y a un déficit des ressources mobilisées avec une valeur atteindra les $1224392m^3/j$ à l'horizon 2050, ainsi le taux de satisfaction passe de 53.83% à 30.60% durant la période « 2020-2050 ». Ce qui signifie que les ressources de la wilaya d'Oran seront insuffisantes pour les années avenir.

6. Conclusion

Ce travail avait pour objectif l'étude de déficit d'eau dans la wilaya d'Oran. Il a permis d'aborder deux questions importantes dans l'analyse :

La première concerne les causes de déficit d'eau dans la wilaya d'Oran qui sont :

L'étage bioclimatique de cette wilaya durant la période 1982-2020 est semi-aride avec hiver chaud selon indice d'Emberger. Ce climat est caractérisé par des précipitations qui sont dans certaines années insuffisantes pour y maintenir les cultures et où l'évaporation excède souvent les précipitations.

Une sécheresse qui a frappé cette région avec 21 années de sécheresse parmi 39 ans (1982-2020) d'après l'indice standardisé des précipitations « SPI », ses conséquences entraînent une baisse des précipitations accompagnée par une diminution importante du taux de ruissellement des eaux de surface.

L'augmentation des surfaces agricoles utiles (S.A.U) irrigués dans la wilaya qui sont passées de 3693 hectares à 9827 hectares durant la période «2000-2020» et donc l'augmentation des besoins d'eau dans le secteur d'agriculture.

La croissance démographique de la wilaya d'Oran qui passe à 2112653 habitants accompagnées par une augmentation des besoins d'eau de secteur domestique et d'industrie qui atteint $493000m^3/j$ dans l'année 2020.

La seconde question de notre travail était dédiée pour l'estimation future des besoins d'eau afin de prévoir le bilan hydraulique(ressource-besoin) durant la période « 2020-2050 ». Les résultats montrent que le taux de satisfactions des besoins d'eau ne cesse que diminuée. Il passe de 53.83% à 30.60% durant cette période, avec un déficit dépassera 1.2 million m^3/j d'ici l'année 2050. Et donc on peut conclure que les ressources d'eau disponibles actuelles de la wilaya d'Oran sont et seront insuffisantes pour satisfaire les

besoins d'eau des générations futures, et donc cette région sera en situation de crise d'eau pour les années avenir.

Selon le 6^{ème} rapport du GIEC, Le réchauffement climatique se renforcera d'ici 2050 d'après tous les scénarios pris en considération. Il dépassera 1,5 °C voire 2 °C au cours du 21^{ème} siècle à échelle planétaire[13], ce qui contribuera à des sécheresses intenses avec un impact très négatif sur les ressources d'eau et l'écosystème, à moins que des réductions importantes des émissions de CO et d'autres gaz à effet de serre n'interviennent au cours des prochaines décennies.

Pour finir, il ne reste qu'à souhaiter que les décideurs dans le domaine des ressources en eau, dans notre pays, révisent leurs objectifs de gestion en fonction des pratiques réelles des usagers des eaux pour une bonne gestion d'eau dans la wilaya d'Oran.

References

- [1] stratégique du groupement d'Oran. Institut océanographique. *océanographique*, pages 14–17.
- [2] Neil Ward. Sahabi abed salah. 2012.
- [3] methodology. <https://power.larc.nasa.gov/docs/method.2020/10/14>.
- [4] Jeffrey W White, Gerrit Hoogenboom, Paul W Wilkens, Paul W Stackhouse Jr, and James M Hoell. A comparison of satellite based, modeled derived daily solar radiation data with observed data for the continental us. Technical report, 2010.
- [5] Rachid BOUKLIA-HASSANE. *Contribution à la gestion de l'eau dans la ville d'Oran*. PhD thesis, USTO, 2011.
- [6] Direction des Ressource en d'Eau (D.R.E). La situation de l'alimentation d'eau potable de la wilaya d'oran en 2020. Technical report, 2020.
- [7] Université des Frères Mentouri Constantine. Adaptation de ficus retusa à la variabilité thermique dans la région de constantin. Technical report, 2018.
- [8] BVH N'GUESSAN, OGA YMS, YAPI AF, and KOUADIO BH. Caractérisation de la sécheresse météorologique dans la region de la marahoue (centre-ouest de la cote d'ivoire): apport de l'indice standardise de précipitation (spi). *Larhyss journal*, (33):41–50, 2018.
- [9] Bouketta Ayda and Belaib Ilham. *Contribution, à la prévision de la demande en eau en Algérie*. PhD thesis, Abdelhafid boussouf university Centre mila, 2020.
- [10] MELLAL-MAROC DE BENI. Recueil des resumes.
- [11] Kheira BENTAHAR. *Apport des sig et de la modélisation hydrologique à la gestion des ressources en eau*. PhD thesis, Université Mohamed Boudiaf des Sciences et de la Technologie-Mohamed Boudiaf . . .
- [12] ACHACHERA Wafaa. Gestion des ressources en eau dans le groupement urbain de tlemcen. Technical report, 2013.