

العدد 8 / Numero

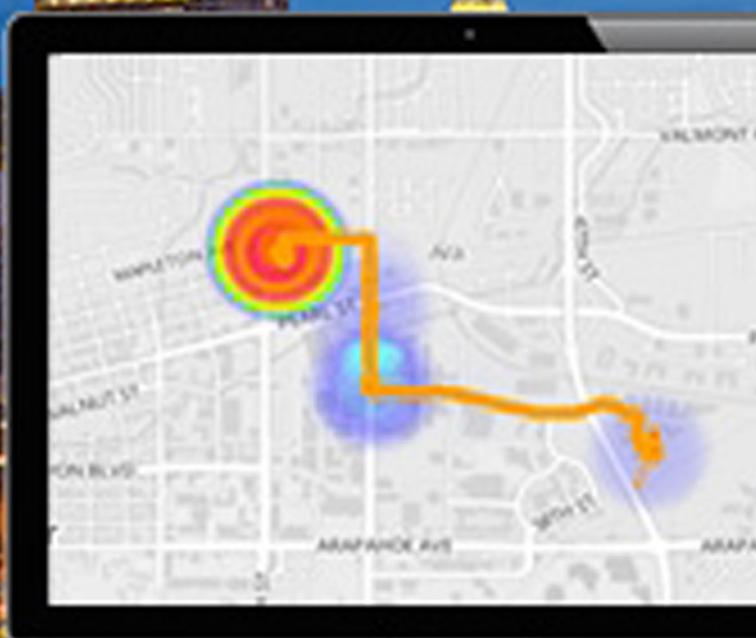
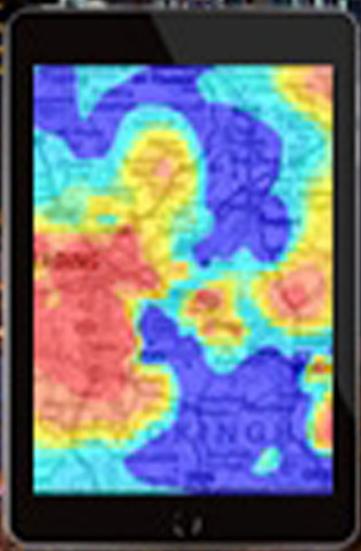


Geo-sp Publication  
**Geo-Sp Mag**  
مجلة منشورات علوم جغرافية

JUILLET / AOUT 2015

VOL

المجلد 4



Tel : (00216) 71 245 692 Fax : (00216) 71245 692

E-mail: geospmag@gmail.com / Web site : -www.geosp.net

Adress:112 rue de youghzlavie 1001 Tunis

# Summary

• Evaluation of irrigated Groundwater Suitability (Makhmour Hydrogeologic Basin) Using Advanced GIS Techniques.....	1
• The Sustainable Groundwater Management in Iran; a Novel and Practical Solution.....	10
• Monitoring Desert Creeping Disaster in Sudan.....	18
• Gestion et Mobilisation des Ressources Hydriques Superficielles.....	29
• Application du modèle de Muskingum pour la prévision des crues de la Medjerda en Tunisie.....	53
• CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'ENVASEMENT DES LACS COLLINAIRES DE LA TUNISIE CENTRALE.....	62
• مشكلة التصحر في الوطن العربي : أسبابها - آثارها - جهود مكافحتها .....	81
• تقدير العسرة الكلية وبعض الخصائص الكيميائية في عينات من مياه الشرب المعبأة المنتجة محلياً في مدينة مصراته - ليبيا.....	105
• إدارة الأفلالج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية : فلج الخوض القديمة – دراسة حالة.....	128
• الإدارة الراشدة كوسيلة لتحقيق الأمن المائي في الجزائر: دراسة حالة ولاية سوق اهراس.....	147
• تقييم جودة المياه الجوفية بتحديد معامل جودة المياه في منطقة درنة- ليبيا.....	155
• خصائص الوحدات الارضية لأراضي أبها الحضرية حالة دراسية : أبها / المملكة العربية السعودية.....	166
• استخدام النموذج الرياضي كأداة فنية متقدمة في إدارة المياه الجوفية في وادي الليث، المملكة العربية السعودية.....	199
• قياس تدهور الغطاء النباتي الطبيعي وأثره على ارتفاع درجات الحرارة بمنطقة سهل بنغازي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية .....	233
• تأثير الري الناقص في الاستهلاك المائي لنبات البطاطا <i>L. Solanumtuberosum</i> في المناطق شبه الجافة باستخدام نظام الري بالتنقيط.....	251
• وضع الموارد المائية في المنطقة العربية و التهديدات التي تواجهها.....	260

## Evaluation of irrigated Groundwater Suitability (Makhmour Hydrogeologic Basin) Using Advanced GIS Techniques

Ali Muhammed Jawad Al\_Khafaji

*National Center for Water Resources Management \_Ministry of Water Resources/Iraq*

Makhmour hydrogeological basin is considered as one of the important basins in North of Iraq which depends upon groundwater for irrigation. The demands of groundwater has increased due to extension of the irrigated lands, and lack of surface water beside there is no any irrigation project in the basin which was proposed to provide surface water to the farms. The suitability of groundwater for irrigation depends mainly upon many constrains factors (EC, SAR, Na%, Cl, SO<sub>4</sub>). Many classifications were presented to understand the groundwater suitability for agriculture; these early irrigation water suitability criteria have received strong criticism due to undefined clear cut boundaries between different classes of irrigated water. The aim of this work is to present a classification for groundwater suitability for agriculture by using Arc GIS which provides tools to create a conceptual model for solving spatial problems. A set of conceptual steps used to build a model for suitability map of groundwater for irrigation. 3D spatial analyst can interpolate the data of five of constrain factor into rasters .The rasters are reclassified by grouping ranges of values into single value. Analytical Hierarchy Process (AHP) is used for calculating the influence (weight) of each constrain factor, after using weighted overlay in GIS , a final raster is the output instead of different rasters shows spatial extent of groundwater suitability for agriculture. Five classes was distinguished in Makhmour basin after analysis the data of 33 groundwater samples, the suitability ranged between "1 – 5" (Excellent – Unsuitable).

**Keywords:** *Groundwater, GIS, Reclassification, AHP, weighted overlay*

### 1. Introduction:

Makhmour plain is a vast and triangular in shape with a total area of 2700 km<sup>2</sup>, Qara Cukh Mountain is the east and northeast boundary of the basin; Tigris River is its boundary from the west and Lesser Zab River from the south east while a small part of Upper Zab River is representing the Northern boundary of the plain (Fig.1). Topographically the highest elevation point in the Qara Chuq Mountain is 833 m above sea level while it gradually becomes 133 m (asl) toward Upper and Lesser Zab and 144 m(asl) toward Tigris River.

It was planned to construct an irrigation project which was designed to be parallel to the Qarachuq Mountain for harvesting waters from the valleys which are going down to the Lesser Zab River after their gathering in a main valley which is locally called (Al-fedhi). Few farmers are cultivated part of the area depending on the water either from the valleys (which are of intermittent flow) or as rain fed areas.

Many wells were drilled in the basin especially in the southeastern part and the middle part of the basin, the depth these wells ranged between 45 to 181 m and mostly between 70-100 m, with discharge ranged between 5 – 18 L/Sec, penetrating the Older Alluvium and Bai Hasan formation. The wells in the plain are used mostly for agriculture, and the consumption of the groundwater in the plain gradually increased due to un implementing the mentioned irrigation project.

Quaternary deposits (older and younger alluvium deposits) composed of silty clay and sand with fine pebbles and, Bai Hasan Formation (Pliocene – Pleistocene) composed of thick and coarse conglomerate alternating with thick brown claystone and thin sandstone, are considered as the most important aquifers in this basin which are highly exploited in current time.

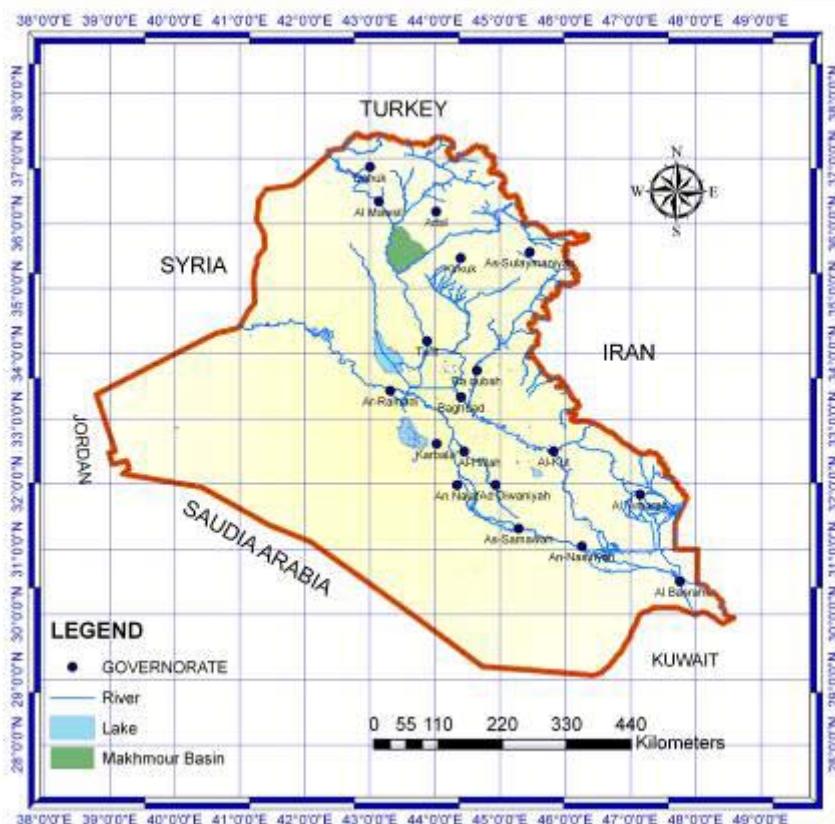


Fig. 1 Location Map

## 2. Objective:

The objective of this study is to show the groundwater suitability for agriculture in Makhmour plain based on the most hydrochemical constrains factors influencing the agricultural species; multiple data were treated statistically to show the overall quality of groundwater suitability for agricultural utilization. An output raster shows potential areas to suitability of groundwater for agriculture.

## 3. Method of Study:

- Hydrogeological data bank which is available in Groundwater studies center and further data for the wells which were drilled in the Makhmour plain were taken in consideration in the study.
- GIS (V.9.3) was used to produce maps using 3D spatial analysis; surface interpolation functions create a continuous surface from sampled point values. The continuous surface of a raster dataset represents concentration of EC, SAR, Na%, SO<sub>4</sub> and Cl.
- Reclassifying data means replacing input cell values with new output cell values based on groundwater quality suitability for irrigation.
- Analytical Hierarchy Process (AHP) method was used for computation the weigh of each constrain factor.
- The cell values of each input raster are multiplied by the rasters' weights to produce the final suitability map for agriculture.

#### **4. Water Quality Evaluation for Agriculture:**

Water used for irrigation can vary greatly in quality depending upon type and quantity of dissolved salts. The salts originate from dissolution or weathering of the rocks and soil, including dissolution of lime, gypsum and other slowly dissolved soil minerals. These salts are carried with the water to wherever it is used. In the case of irrigation, the salts are applied with the water and remain behind in the soil as water evaporates or is used by the crop. The suitability of water for irrigation is determined not only by the total amount of salt present but also by the kind of salt. Various soil and cropping problems develop as the total salt content increases, Water quality or suitability for use is judged on the potential severity of problems that can be expected to develop during long-term use [1].

#### **5. Irrigation Water Quality Criteria**

Many different water quality criteria and guidelines have been published in the international literatures. Different approaches and methodologies have often been used to derive criteria and guidelines, for example some guidelines specify maximum concentrations for constituents fit for use, whereas others attempt to define the ideal concentration of a constituent, often with the inclusion of safety factors. Therefore, depending on which guidelines or criteria are used to establish water quality requirements for agriculture. Irrigation water users may experience a range of impacts as a result of changes in water quality. These may be categorized as follows:

- reduced crop yield as a result of increased salinity or the presence of constituents that are toxic to plants; or impaired crop quality ; impairment of soil suitability (as a result of the degradation of soil properties and accumulation of undesirable constituents or toxic constituents); and - damage to irrigation equipment (corrosion or encrustation).

The water quality problems and issues listed above can often be linked to the constituents that cause them. Some water quality problems are associated not only with the presence of a constituent, but with the interactions between constituents.

#### **6. Early Water Quality classifications**

Scofield (1935) put criteria to assess irrigation water quality. He had recognized toxic effects of  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  in irrigation waters [4]. Wilcox and Magistad (1943) suggested somewhat simpler classification and neglected potential toxicity of excess chloride ions [10]; Doneen (1954) modified the classification suggested by Wilcox and Magistad (1943) to include chloride toxicity. Later, Doneen (1958) introduced a new concept called "effective salinity" (ES) to consider relative solubility of different salts likely to occur in irrigation water. Christiansen et al. (1977) have proposed to use a somewhat newer approach to assess irrigation water quality [6], They defined different classes of irrigation water considering total salt concentration, sodium ratio, SAR value, sodium carbonate, chloride, effective salinity and boron concentration of the irrigation water. Many other classifications were put after 1977 the famous one was that of Ayers (1985) which was adopted by FAO. It is well noticed that all the classifications were contributed in many factors that have influence on agricultural species. These factors are EC, SAR, Na %, Cl and  $\text{SO}_4^{2-}$ .

##### **6.1. Salinity Hazard**

The most influential water quality guideline on crop productivity is the salinity hazard as measured by electrical conductivity (EC),it affects crop growth by creating an osmotic stress that restricts water uptake and evapotranspiration." inability of the plant to compete with ions in the soil solution for water (physiological drought)"[1]. The higher the EC, the less water is available to plants, because plants can only transpire "pure" water, usable plant water in the soil solution decreases dramatically as EC increases. Electrical conductivity is a measure of the dissolved ions in solution, which come from the soil or bedrock through which the water travels, as well as from  $\text{CO}_2$  which dissolves in precipitation as it falls to ground. Data of 33

groundwater samples were taken in consideration to represent the distribution of EC which was ranged between (554-9790)  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  in Makhmour hydrogeological basin as shown in figure 2

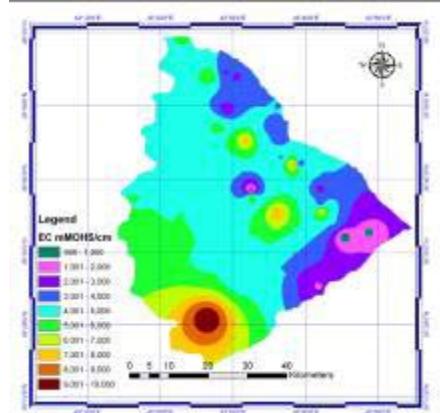


Fig. 2 EC Distributions

### 6.2. Sodium Adsorption Ratio (SAR)

If water used for irrigation is high in  $\text{Na}^+$  and low in  $\text{Ca}^{2+}$  the ion exchange complex may become saturated with  $\text{Na}^+$  which destroys the soil structure, due to the dispersion of clay particles [8], and reduces the plant growth. Excess salinity reduces the osmotic activity of plants [7].The SAR is computed using the following equation

$$\text{SAR} = [\text{Na}^+] / \{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]\}^{1/2}$$

Concentrations of ions are expressed in meq/l. There is a close relationship between SAR values in irrigation water and the extent to which  $\text{Na}^+$  is absorbed [6]. Higher cumulative concentration of  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  than  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  concentration is an indication that residual carbonate will react with sodium, thereby resulting into sodium hazard [7].The figure below (Fig.3) shows the spatial distribution of SAR in the area under study.

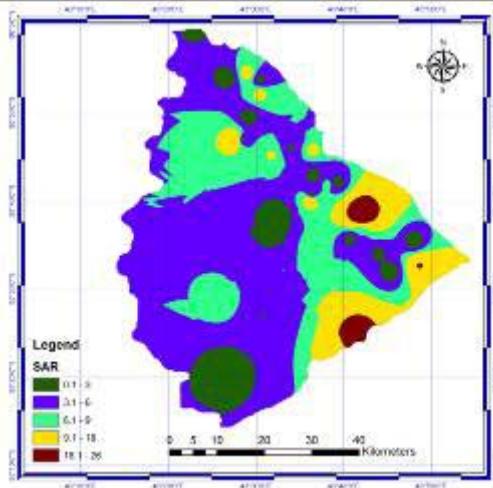


Fig. 3 SAR Distributions

### 6.3. Soluble sodium percent (SSP):

The sodium in irrigation water is usually expressed in Na % [8].

$$\text{Na \%} = \{[\text{Na}^+ + \text{K}^+] / \{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+\}\} * 100$$

SSP is defined as the ratio of sodium in epm (equivalents per million) to the total cation epm multiplied by 100.Water with a SSP greater than 60-80 percent may result in sodium

accumulations that will cause a breakdown in the soil's physical properties. (Excessive Na in irrigation water promotes soil dispersion and structural breakdown.) figure 4 shows the distribution of SSP in Makhmour plain which was ranges between (2 -99) %. Sodium in irrigation water is of concern due to deteriorate soil properties and induce leaf burn in sensitive plants at high concentration [1], high sodium concentrations become a problem when infiltration rate is reduced to the extent the crop is not adequately supplied with water or when the hydraulic conductivity of the soil profile is too low to provide adequate drainage, Sodium is an important ion used for the classification of irrigation water due to its reaction with soil, reduces its permeability [9]. Excess sodium may also add to cropping difficulties through crusting seed beds, temporary saturation of the surface soil, high pH and the increased potential for disease, weeds, soil erosion, lack of oxygen and inadequate nutrient availability. If calcium and magnesium are the predominant cations adsorbed on the soil exchange complex, the soil tends to be easily tilled and have readily permeable granular structure. High proportions of sodium, however, produce the opposite effect.

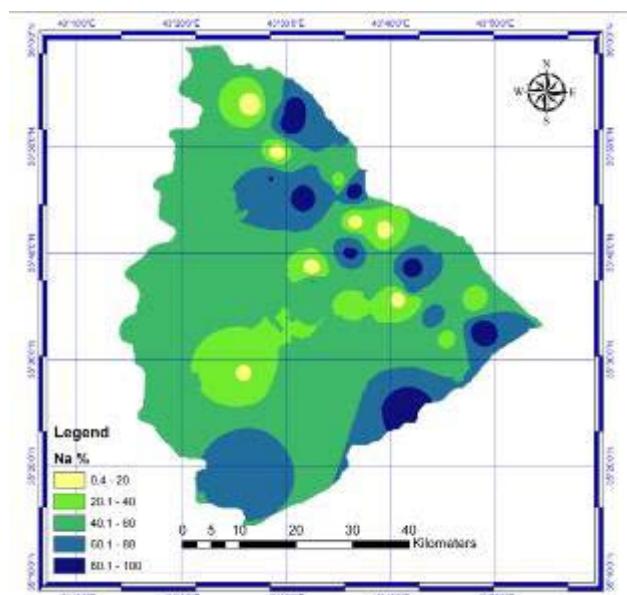


Fig. 4 Na % Distributions

#### 6.4. Chloride

Chloride is a common ion irrigation waters. Although chloride is essential to plants in very low amounts, it can cause toxicity to sensitive crops at high concentrations. High chloride concentrations cause more problems when applied with sprinkler irrigation. Figure 5 shows the spatial distribution of Cl in the area which was ranged between (14-1473) ppm.

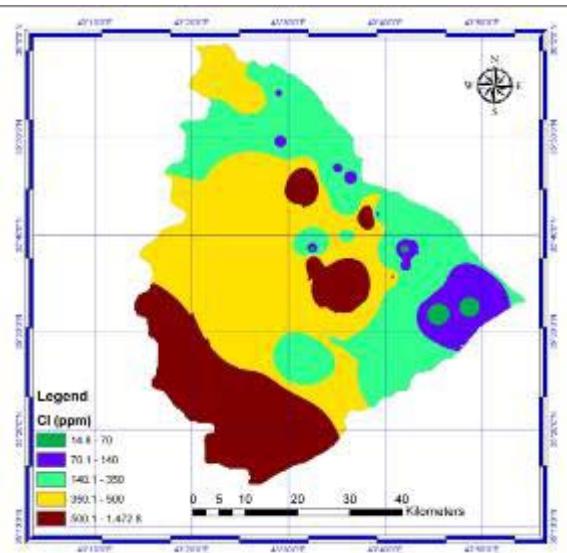
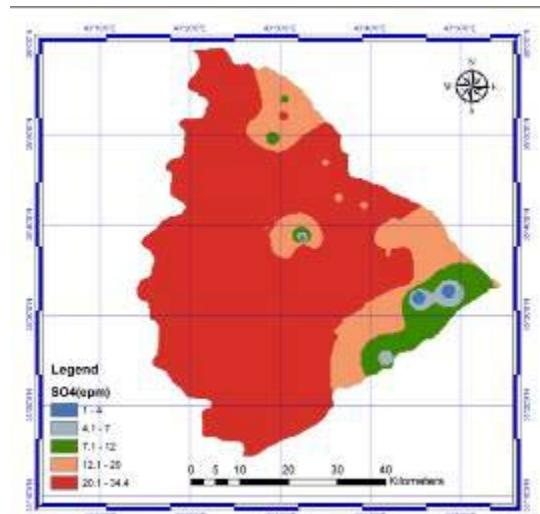


Fig. 5 Cl Distributions

## 6.5. Sulfate

The sulfate ion is a major contributor to salinity in irrigation waters. However, toxicity usually is not an issue, except at very high concentrations where high sulfate can interfere with uptake of other nutrients. As with boron, sulfate in irrigation water has fertility benefits, the figure 6 shows the distribution of SO<sub>4</sub> in the area which ranged between (87-3307) epm.

Fig. 6 SO<sub>4</sub> Distributions

## 7. Values Reclassification:

The rasters are reclassified by grouping ranges of values into single value.3D spatial analyst reclassifies a range of values to an alternative value. All values on the original raster that fall within the specified range of values will receive the alternative value assigned to that range, so new distribution for the constrain factors based on the suitability of the mentioned elements for agriculture. Table 1 shows the proposed suitability alternative values for the constrain factors. According to the new alternative values newable rasters were reproduced showing the distribution of each constrain factor spatially.

**Table 1.** Proposed suitability alternative values

Suitability value ----- Factor	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
EC (μmohs/cm) [1]	0 -250 Excellent	250-750 Good	750-2000 Permissible	2000-3000 Doubtful	>3000 Unsuitable
Na % [10]	0 - 20 Excellent	20-40 Good	40-60 Permissible	60-80 Doubtful	>80 Unsuitable
Cl (ppm ) [1]	< 70 Excellent	70-140 Good	140-350 Permissible	350_500 Doubtful	>500 Unsuitable
SO <sub>4</sub> (epm) [4]	< 4 Excellent	4_7 Good	- 7_12 Permissible	- 12_20 Doubtfull	- >20 Unsuitable
SAR(unitless) [8]	0 –10 Excellent	10-18 Good	18-26 Permissible		>26 Unsuitable

## 8. Computation of the factors weights:

Analytical Hierarchy Process (AHP) method was used for computation of the factors weights [3] proposes a method for this task that involves different steps as shown in the tables 2 and 3 :

**Table 2.** Relation coefficient between the factors

	SAR	Na%	EC	SO4	CL
SAR	1	0.692098	0.159687	0.130384	0.110905
Na%	1.444882	1	0.228035	0.036056	0.024495
EC	6.262243	4.38529	1	0.949316	0.679485
SO4	7.66965	27.73501	1.053391	1	0.511371
CL	9.016696	40.82483	1.471703	1.955529	1
	25.39347	74.63723	3.912815	4.071284	2.326256

**Table 3.** Influence of each factor

	SAR	Na%	EC	SO4	CL	TOTAL	weight
SAR	0.0394	0.009273	0.040811	0.032025	0.047675	0.169165	0.232791
Na%	0.0569	0.013398	0.058279	0.008856	0.01053	0.147963	0.154555
EC	0.246608	0.058755	0.25557	0.233174	0.292094	1.086201	0.227038
SO4	0.302032	0.371598	0.269215	0.245623	0.219826	1.408294	0.224467
CL	0.355079	0.546977	0.376124	0.480322	0.429875	2.188377	0.162257

From table 3 the influence of each factor was calculated which will be as follows:

SAR weight = 23.2 %

Na % weight = 15.4 %

EC weight = 22.7 %

SO<sub>4</sub> weight = 22.4 %

Cl weight = 16.2 %

## 9. How Weighted Overlay works:

The weighted overlay table allows the calculation of a multiple criteria analysis between several rasters. The cell values for each input raster in the analysis are assigned values from the evaluation scale and reclassified to these values. This makes it possible to perform

arithmetic operations on the rasters that originally held dissimilar types of values .Each input raster is weighted, or assigned a percent influence, based on its importance to the model. The total influence for all rasters equals 100 percent .The cell values of each input raster are multiplied by the rasters' weights .The resulting cell values are added together to produce the output raster .

$$\text{Output Raster} = R_{EC} \times \text{Inf}_{EC} + R_{Na\%} \times \text{Inf}_{Na\%} + R_{Cl} \times \text{Inf}_{Cl} + R_{SAR} \times \text{Inf}_{SAR} + R_{SO4} \times \text{Inf}_{SO4}$$

$R$  = Raster

$\text{Inf}$  = Influence (Weight)

The figure below (Fig. 7)shows the Model building in GIS which was used in computing the overlay layer

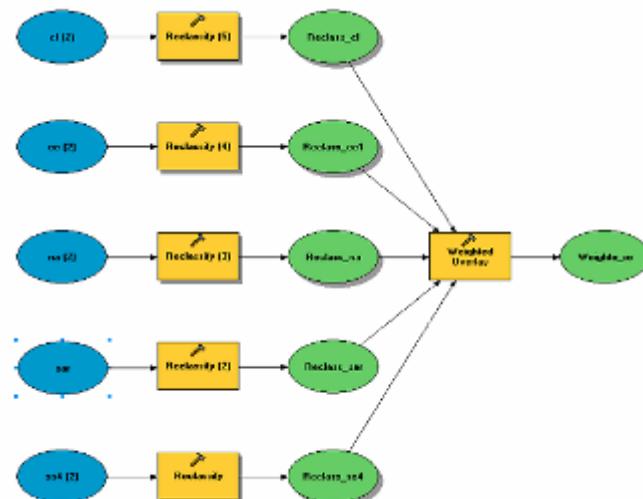


Fig. 7 Model Builder

While the output raster (Fig. 8) is clearly indicated that the most irrigated areas are belonging to class 3 and 4 .

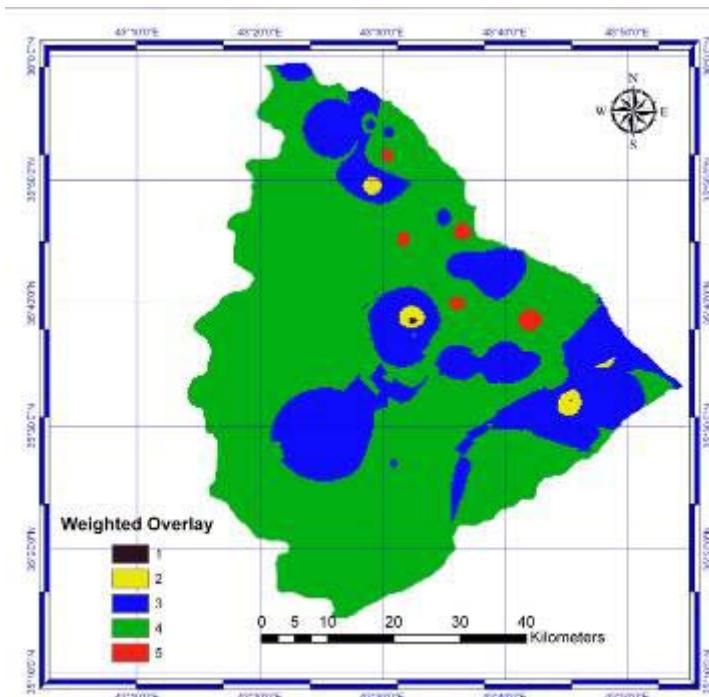


Fig. 8 Suitability Map

## 10. Conclusion

An output raster was produced to show the irrigated groundwater suitability for Makhmour basin , this raster was the result of the overlaying of 5 constrain factors rasters which influence on the agriculture, the raster shows that the most predominant class was class No. 4 and class No. 3 which are between permissible to doubtful for most of the plants and crops except for that of high tolerance , hence the groundwater of the basin is considered as not suitable for most species of plants except in small portion of the area , and the basin needs to construct an irrigation project.

## 11. REFERENCES

1. Ayers,R.S.,Westcot,D.W.,1985,Water Quality for Agriculture, FAO,Irrigation & Drainage paper 29,review 1,Rome,174 p.
2. Bresler, E.; & Hoffman, G.C. 1986. Irrigation management for soil salinity control: theories and tests. Soil Sci. Soc. Am.J., 50:1552-1560.
3. Saaty R. W., 2004, Validation Examples for the Analytic Hierarchy Process and the Analytic Network Process, MCDM 2004, Whistler, B. C. Canada August 6-11, 2004.
4. Scofield, C.S. (1935).Salinity of Irrigation Water. Smithsonian Institute, Annual Report, Washington D.C., pp.275-287.
5. SubraRao, N., (2006), Seasonal variation of groundwater quality in a part of Guntur district .Andhra Pradesh, India. Environ Geol , 49:413-429.
6. Subramani, T., Elongo, L., Damodarasamy, S.R. , (2005), Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use in Chithar River Basin,Tamil Nadu, India. Environ Geol, 47: 1099-1110,
7. Tank, D.K, Chandel, C.P.S, (2010), Analysis of the Major Ion Constituents in Groundwater of Jaipur City. Nature and Science, 8(10), 1-7.
8. Todd, D.K (1980), Groundwater Hydrology. 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley & Sons, New York, 535.
9. Vasanthavigar, M., Srinivasamoorthy, K., Rajiv Gantha, R., Vijayaraghavan, K. Sarma, V.S., (2010), Characterization and quality assessment of groundwater with special emphasis on irrigation utility: Thirumanimuttar sub-basin, Tamil Nadu, India. Arab .GeosciJ, DOI 10 1007/s12517-010-0190-6.
10. Wilcox, L.W., Magistad,O.C. (1943). Interpretation of Irrigation Water Quality and relative Salt Tolerance of Crops,U.S.Bureau of Plant Industry,Washigton D.C.,USA.

The Sustainable Groundwater Management in Iran; a Novel and Practical Solution

Hossein Nazarboland Jahromi<sup>a</sup>, Mehdi Jafari Hamedani<sup>b</sup>, Seyed Foad Dolatabadi<sup>c</sup>

<sup>a</sup>*Chief Executive Officer at RSA Electronics, No. 23, Bld. 436, Beheshti Street, Tehran (15867-64663), Iran*

<sup>b</sup>*Market Development Manager at RSA Electronics, No. 23, Bld. 436, Beheshti Street, Tehran (15867-64663), Iran*

<sup>c</sup>*Market Development Senior Expert at RSA Electronics, No. 23, Bld. 436, Beheshti Street, Tehran (15867-64663), Iran*

---

### Brief Summary

Groundwater resources are seen as a much more reliable source of water than surface water and are regarded as the main water supply in times of drought. Indiscriminate use of these priceless resources leads to some inevitable consequences such as a decline in groundwater tables, which is irreparable in short run. In the meantime, water pumping requires loads of energy; therefore, another issue is the increasing energy demand for running electro-pumps of water wells.

**RSA Electronics Co.** develops to solve all these kind of problems by offering an effective and practical solution. This project is aimed at decreasing the environmental hazards by monitoring and management of groundwater resources. This solution includes three main elements: A metering Device, a communication Device and Software. **The meter which was patented in USA** measures water consumption volume by measuring the amount of energy consumption via electro-pump of water wells. RSA Electronics signed contracts with all Regional Water Utility companies in Iran for manufacturing, installation and calibration of more than 50K meters in every province all across the country. Moreover, the company's general target markets are North Africa and West Asia for implementation of new projects.

The project addresses the following management goals:

- Providing the most efficient use of groundwater
- Controlling and preventing waste of groundwater
- Controlling and preventing subsidence and other environmental hazards
- Protection and conservation of groundwater resources
- Controlling the electricity demand in peak hours

- Preventing well's drying up

According to the success of the project in mentioned areas, Northern Khorasan has been announced as our case study in Iran. We implemented the project at this province completely and all of the wells are equipped with smart energy and water meter. In this case, yearly water level drop of groundwater has decreased from 75 cm to 6 cm.

In practice, the solution resulted in a variety of positive feedbacks such as:

- The amounts of pumping water from groundwater resources are monitored
- Beneficiaries are biased toward increasing the efficiency of water use (irrigation methods, etc.)
- The volume of over-pumping has been decreased
- Prevented from groundwater related subsidence
- Controlling the saltwater intrusion
- Decrease cost of pumping and well infrastructure

This project which aimed at preventing groundwater over pumping by a smart tool is novel in the world.

## **Introduction**

Groundwater is an important hidden resource for water use. Subsurface water resources have been particularly utilized in the areas of low rainfall and alluvial low land coastal plains. In the drier and more inland parts of the world, groundwater is also a major source of fresh water available for agriculture, mining including other domestic activities apart from human consumption. In many parts of the world, the populations of the regions rely on groundwater supplies since surface water resources such as lakes and rivers are scarce. In most cases, the subsurface water is brought to the surface using pumps specially made for various aquifer systems or conditions.

Pumping of groundwater solves many immediate problems faced by those living in lowly developed and low rainfall regions but there have been many negative effects pumping such as pollution of aquifers, seawater intrusion and so on.

Groundwater can no longer be regarded as an unlimited supplement to surface water sources and its sustainable management, including aquifer recharge, is now an important focus of intensive research all over the world. In many parts of the world especially arid regions restrictive regulations and policies are defined and even water pricing is being applied; Jordan is one of the most stressful countries which has its own restrict rules and regulations for controlling groundwater resources overdrafts. Another case is Iran in which groundwater short-term and long-term strategies are concerned; the water authority of the country has also adapted a fining system for groundwater overdrafts. Where water lies and how we treat our water resources are the issues at stake. We cannot create water but we can manage it. There is enough water for all of our purposes if it is managed properly and equitably. Poor water management threatens the survival of freshwater fish, forests, crops in fields parched by recurring drought, and inland lakes diminishing year by year.

As a matter of fact, optimum utilization and saving of these resources from overexploitation will be possible only through monitoring and controlling of groundwater exploitation. The main aim of this proposal is to introduce a novel, practical and patented method to groundwater monitoring and management.

### **Water resource status in Iran**

Iran is one of the arid & semi-arid countries of the world with average precipitation of 251 mm/year. The total renewable water resources of Iran is 130 Billion Cubic Meters (BCM), out of which 92% is used for agriculture, 6% for domestic use and services & 2% for industrial uses. At present, a total of 786,478 structures (springs, qanats and wells) provide 79,196 MCM of groundwater. Rapid population growth and low irrigation efficiency in agricultural sector have increased the demand for groundwater resources. Therefore, rational management for water supply and demand and optimum use of the available water resources is necessary. In many regions in Iran such as Esfarayen plain the following negative effects due to groundwater drawdown have been occurred:

- Decreased water resources (Wells, Springs and Qanats)
- Water wells deepening repeatedly
- Decreased natural water reservoirs

- Land subsidence (regional or local)
- Saline Water intrusion to fresh groundwater
- Decreased of the groundwater quality

Iranian government has a plan for installing water meters on all water wells from 2006, using a patented invention for measuring amount of pumped water by electro-pumps, bases on electrical parameters of electro-pumps, called Smart Electricity and Water Meter (SEWM).

### **Project Background**

RSA Electronics offers an exclusive and practical solution for monitoring and management of groundwater resources in an accurate and reliable way. This solution for information management includes three main elements: Metering Device as a measurement tool as well as disconnection tools, Communication Device and Software in which communication device enjoys both online and offline. Credit and other settings could be transferred to the metering device from control center via smart card, modem or Hand-Held-Unit (which is applicable by patrol-and-audit teams).

In long term, traditional apparatuses such as Mechanical meters, Ultrasonic and Electromagnetic meters estimating the rate of water exploitation are subject to failure due to their short lifetime, high cost of operation and possibility of tampering, especially in developing countries. Smart Energy and Water meter (SEWM) is designed specifically for electro water pumps and does not suffer the typical problems of other water meters such as sensitivity and vulnerability to suspended particles, air bubbles, pipes' slope, existence of valve, bend and connections. This meter is not in direct contact with water so the operation costs are quite lower. This equipment is also capable of implementing applicable control policies intended by water and electricity authorities.

### **Project Objectives**

The project addresses the following management goals:

- Providing the most efficient use of groundwater
- Controlling and preventing waste of groundwater
- Controlling and preventing subsidence and other environmental issues
- Conjunctive surface water management issues

- Controlling the electricity demand in peak hours
- Preventing well's drying up

### **Project implementation plan**

RSA Electronics signed contracts with all Regional Water Utility companies in Iran for manufacturing, installation and calibration of more than 50K meters in every province all across the country.

Since 2012, RSA began to introduce its product and solution to the rest of the world through submitting paper and taking part in seminars, dealing with academic and research institutes, participating in related exhibition and conferences.

The project is successfully implemented all across the country; in each single province, the company has installed its products in form of a network of meters which are reporting the groundwater pumping and at the same time they are receiving orders from the control center based on the policies of water utility of each district. As a successful experience, Northern Khorasan has been announced as our case study in Iran; we implemented the project at this province completely and all of the wells are equipped with "Smart Energy and Water Meter". In this case according to official reports, the yearly-water-level-drop of groundwater is decreased from 75cm to 28cm in the first phase and later on it was reported that a better record was registered with decreasing the same figure to 6cm per year (almost 90% managed). In practice, the solution resulted in a variety of positive feedbacks such as:

- The amounts of pumping water from groundwater resources are monitored
- Beneficiaries are biased toward increasing the efficiency of water use (new irrigation methods, etc.)
- The volume of over-pumping has been decreased
- Groundwater-related-subsidence is prevented in the region
- Saline water intrusion into the groundwater resources is prevented

## **Project implementation problems**

RSA Electronics implemented its main project in Iran and currently more than 50,000 “Smart Energy and Water Meters” are installed in the country. The positive point about Iran’s market was that the legislations were basically ready for installing controlling devices for groundwater; but a number of negative points affected the activities of RSA in the market and forced the company to think about moving out of its first market, from which the most important aspects are listed below:

- Sanctions against Iran didn’t allow the company to develop its overseas market; this reason as the most important factor set the company to do something about making the big decision for going toward new markets in the world
- The market growing inside Iran was slow because of different bureaucracies in different provinces in the country.
- Importing the primary material and parts from other countries was another difficult thing to handle; as a result of sanctions and sometimes because of high import tax rate and also fluctuating rate of exchange, it was really difficult to import the required materials and parts as a routine schedule

According to our previous experiences in Iran, we should be ready to face some social challenges with the farmers who are sensitive about being monitored or controlled. In this case it requires a 6 months period for increasing awareness about the positive aspects of the project in this country. Another issue in this country might be the regulatory issues; because the general framework is defined in the “2020 vision” of the country, but the rules and regulations in the lower layers of the law are not properly defined yet.

Also local farmers have effective role in our project. Numerous meeting had been held for increasing farmer’s information and understanding about the project and positive consequences of it. They should have enough knowledge about all aspects of the project and solution; in fact, for successful implementation of such a project their cooperation and satisfaction is required.

## **Target population**

A practical solution for groundwater monitoring and management leads to maintain the quality of our environment including farms, livestock, domestic needs and small businesses in water section. Farmers as the major population could gain considerable benefits from the groundwater monitoring and management solution. In Esfarayen region as a case study in Iran, after implementation of the project Farmer's tendency toward using modern irrigation systems increased amazingly. Also NGOs and water utilities are involved in RSA Electronics' project implementation.

## **Sustainability**

Groundwater sustainability is the development and use of groundwater to meet both current and future beneficial purposes without causing unacceptable consequences. RSA Electronics' solution has led to changing the groundwater consumption pattern with purpose of equitable and sustainable use of groundwater resources; Monitoring and management of groundwater consumption and also making a practical solution to sustainable and efficient use of groundwater in long term could help to exit the water crisis. In this way the consequences of over pumping such as land subsidence, groundwater depletion and etc, will be controlled properly.

**Environmental sustainability:** Within the context of IWRM this means a healthy water cycle, adequate water for nature, and less water pollution. RSA Electronics' solution has wise efforts to manage water resources sustainably and ensure long-term water availability include integrated actions to protect ecosystems and ensure environmental sustainability. For example with making use of this innovative solution in Esfarayen plain, the subsidence of land resulting from groundwater over extraction has been controlled considerably. On contrary, poor management of water resources will result in largely negative and often irreversible changes to the environment. Long-term water availability requires that ecosystems are able to continue to regulate water quality and quantity.

**Economic efficiency:** Water is vital for economic and social development and is indispensable to sustain and increase urban and rural livelihood activities. Given increasing water scarcity, the

choice as to how each drop should be allocated and managed becomes central to maximizing social and economic benefits and ensuring sustainability. Economic efficiency also refers to financial sustainability to build, operate and maintain the diverse projects and facilities required to improve water access and assure water quality and quantity over the long-term through cost recovery and payment systems.

**Social equity:** Water is a basic human need. It is also a central part of the basic rights all people are entitled to RSA Electronics' solution. Social equity is embedded in actions that support the sustainable management and use of water resources. Social equity requires that a fair share of water benefits and responsibilities be transmitted to women and men, poor and rich, young and old. This means fair opportunities to access, use and control water resources, as well as equitable acceptance of responsibility for the negative side effects produced so as to avoid placing higher burdens on the poor or disadvantaged members of society.

#### References

- Keller A., Sakthivadivel R., Seckler D. (2000). Water scarcity and the role of storage in development. International Water Management Institute (IWMI) Colombo, Sri Lanka
- Moazedi A. et all. (2011) Energy-Water Meter: A novel Solution for Groundwater Monitoring and Management. World Environmental and Water Resources Congress
- Taravat M., Moazedi A., Nazarboland Jahromi H. (2010) U.S. Patent No. 7,734,441. Washington, DC: U.S. Patent and trademark office
- Vaseteh V., Nazarboland H. (2010). Controlling the groundwater level in Esfarayen plain. Water Utilities Annual Report, Northern-Khorsan, Iran

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

## **Monitoring Desert Creeping Disaster in Sudan**

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

<sup>\*1</sup>, Desertification and Deseret Cultivation Institute

<sup>2</sup>, <sup>3</sup> Faculty of Agriculture, University of Khartoum. Khartoum. Sudan

**Abstract:** Desert creeping was used formally to describe desertification disaster. It is a major environmental problem, with adverse Socio-economic impact, particularly in the arid, semi arid and dry sub humid land of the world. It is ongoing greatest disaster out of 28 ones occur in Africa. The six most important ones in Africa are (Drought, Desertification, Conflicts, Epidemics, Locust infestation and Floods). In 1931 the great famine in sahelian zone of Africa caused by prolonged drought described as desertification disaster (Nur, 1992). FAO, UNDP, USAID, World Bank and other national and international organization continuously assist during onset and end results of this disaster without any effort at prevention phase. Several parts of many countries are out of production of renewable natural resources and added to desert areas annually. Desert creeping is slow onset disaster that people and government cannot feel it although they were suffering from different outcomes of it (Hunger, Famine, Conflict, and War) the end result is death. It is look like fatal disease disaster (HIV, AIDS and Malaria), the patients could not see the virus and parasite movement but they can feel the symptoms which consequently end with death. Experts said an ounce of prevention is better than cure for both deadly disasters. High need for systematic monitoring and assessment of desertification in Sudan was first addressed by Ayoub (1999) as first step of desert creeping disaster diagnosis .Since Sudan is wide country and the problem is huge periodic ground survey is impossible (considering financial constrain and civil war). Thus combination of satellite images and historical observation using Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS) could help in monitoring of this disaster. Extracted information will aid in establishment of early warning system for desert creeping in Sudan. Aim of this research was to track the movement of the desert boundary. Objectives of this research are to collect and connect small scale and sectoral

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

work on desertification assessment to see the whole pictures of the temporal desert creeping disaster in Sudan. Since more valuable areas were engaged and encroach by desert annually. This could be achieved through monitoring of the historical movement of desert boundary using available satellite images and historical data. It is concluded that ongoing disaster affecting several parts of Sudan. Alt of efforts needed to combat this problem, several measures was recommended.

**Keywords:** Desertification, Disaster, Monitoring, Sudan.

### **1-Concepts and definitions**

Desert creeping used to describe the movement of desert boundary more south as result of several desertification processes. The word desertification was being liberally used by most scientists to mean land degradation in general and vegetation degradation in particular. Stebbing (1938) defined desertification as an encroaching sahara. Dregene (1976) described desertificationion as deterioration of ecosystem in arid, semei arid and dry subhumid regions. The United Nations conference on desertification (UNCED), 1992, defined desertification as land degradation in arid semi arid and dry sub humid areas resulting from various factors including climatic variation and human activities.

### **2- Causes of the problem**

Desert creeping disaster was attributed to desertification process (movement of sand by erosion). Mustafa (2007) stated that there are three causes of desertification, adverse climatic variation, climatic change and human activities (cultivation of marginal lands, over grazing, wood cutting and deforestation) figure (1) chart (1, 2).

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

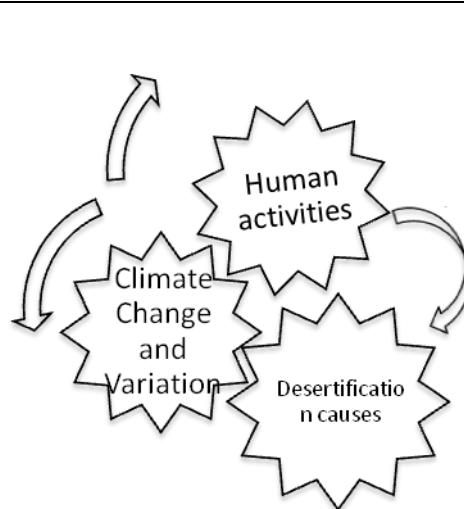
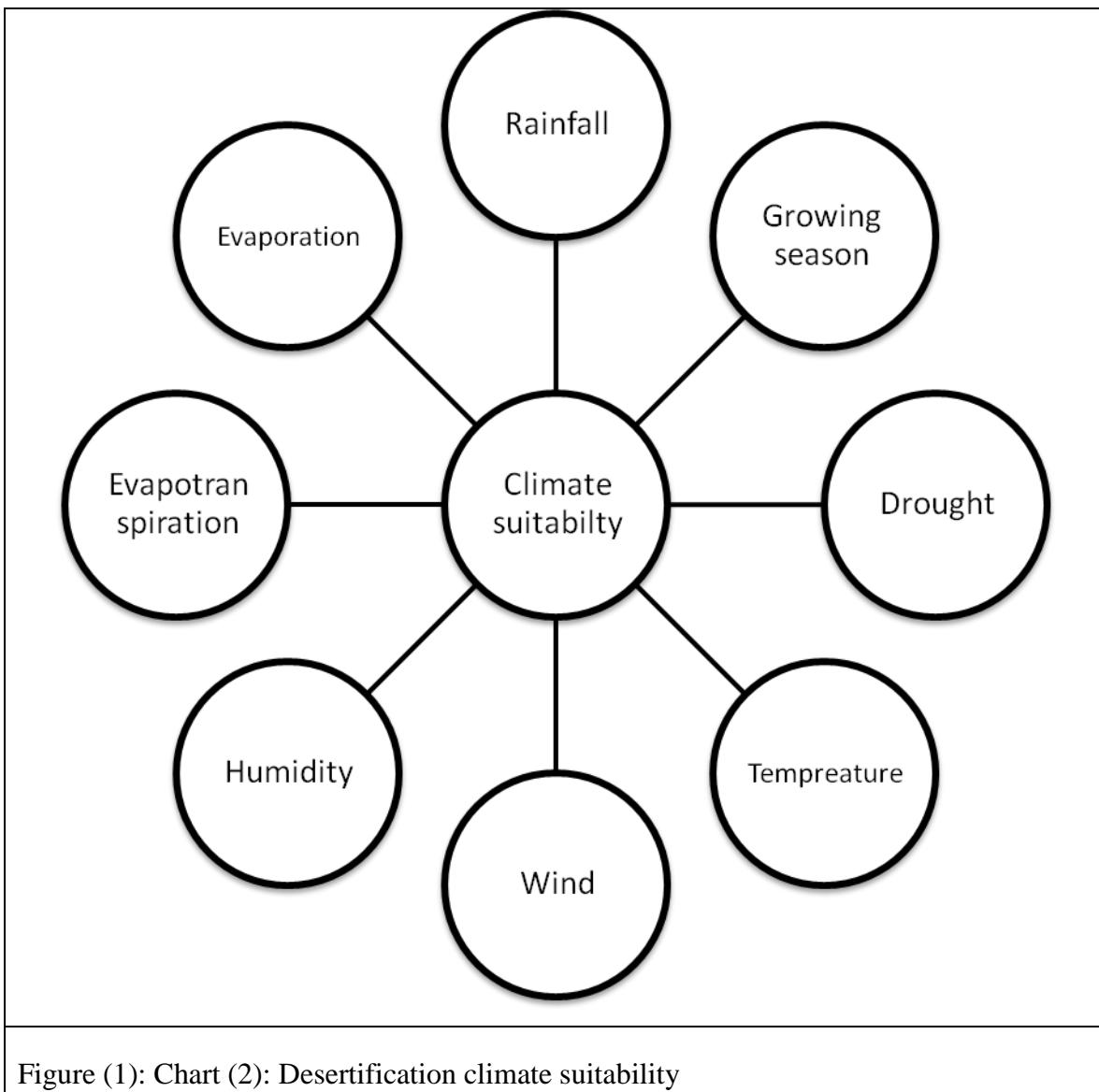


Figure (1): Chart (1): Desertification causes.

Climate suitability (climate change and variation) include climate variables (rainfall, wind, temperature) and other related variables (evaporation, evapotranspiration, humidity) .These variables has direct effect on land surface biomass (vegetation cover biomass, growing season and soil) figure (1) chart (2).



### 3- Desert creeping

Predicted desert boundary before 10056 years was very close to northern border of north state figure (2). During ground survey which was carried by Harrison and Jakson in 1958 desert boundary was near to southern border of north kordofan and southern darfour. This indicated the movement of desert boundary more south. Stebbing in 1953 report this

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

movement along Sahara zone in Africa and specifically write about his journey to Sudan. Lampery in 1975 confirm this movement using satellite images and aerial photo survey compared with Harrison and Jakson survey. He estimated the movement of desert boundary more to south in a rate of 5-6 km annually. Hellden in 1984 mention the recovery of some points in areas studied by Lampery in 1975. Observation of Desert creeping in Sudan started in early 1900 by Bovil (1921), Stebbing (1935, 1938, and 1953). Full ground survey of Sudan ecological vegetation zones was carried out by Harrison and Jakson 1958. Very clear desert creeping disaster was extracted from their maps. Controversial results were reported during the mid past century by Lampery (1975) with minor recovery of desertified points Hellden (1984,1988,1999,2003).After 2000 new information exist, Atlas of desertification in Africa was generated by FAO including extracted satellite images of RS and GIS techniques. Figure (2) represent desertification map of Sudan extracted from FAO atlas of desertification in Africa (2011) and Soil atlas of Africa 2013. Sudan Land cover map was produced by FAO (2001). The definition of desertification upgraded to include land degradation (Hellden, 2003). Global time series satellite images for monitoring Vegetation (MODIES EVI5), Temperature, Rain, and Wind are available free from (IRI) which is very important for developing country like Sudan. The outcomes of this development are precise time series information and observations which could be easily confirmed. These information and observation could be used in rehabilitation, mitigation, preparedness, early warning, emergency and relief to manage desert creeping disasters out comes in Sudan. Data from regional (continent level view) to national (country level view) urgently needed to produce Sudan desertification hazard map.

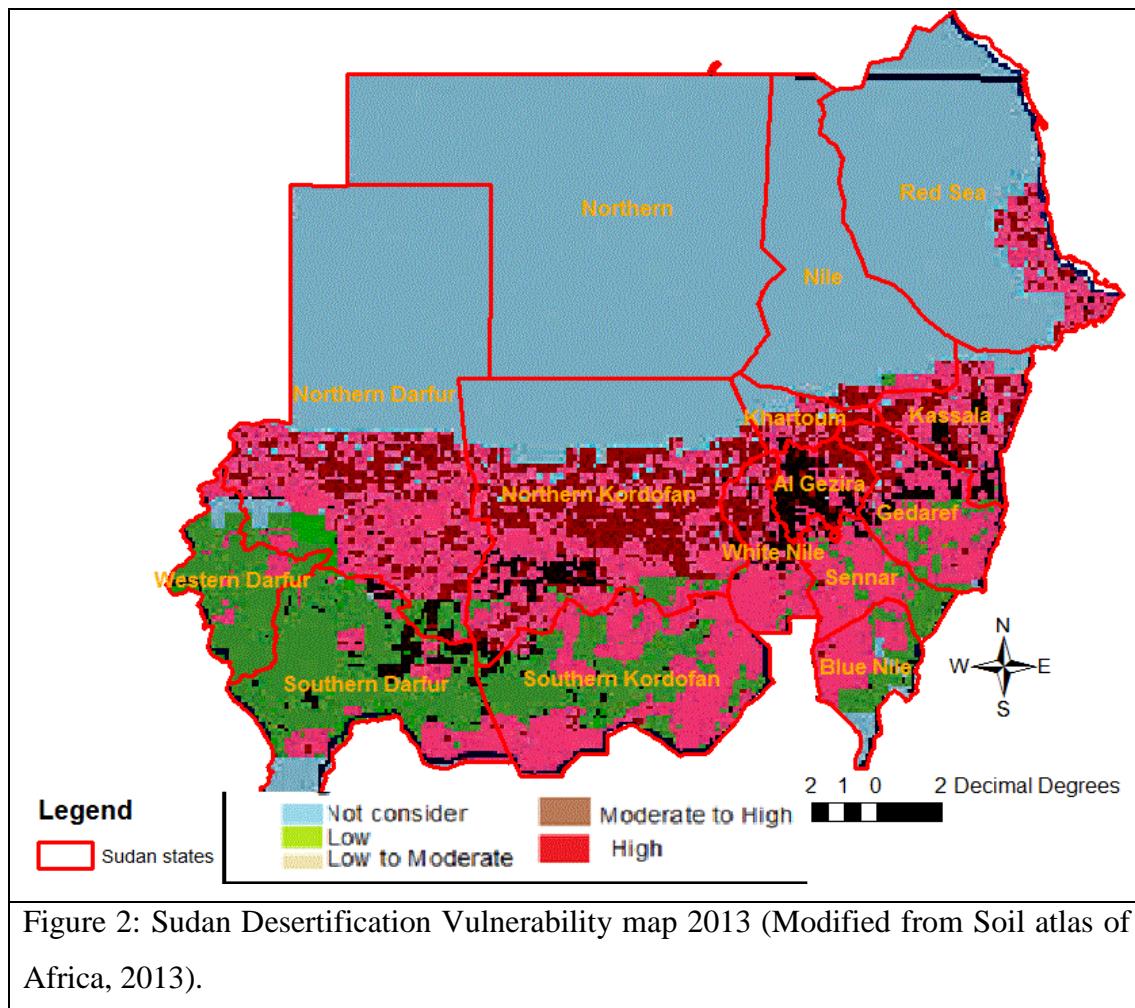


Figure 2: Sudan Desertification Vulnerability map 2013 (Modified from Soil atlas of Africa, 2013).

#### 4-Desert eco zone

Absent of biotic life caused by diminished land surface phenology is a general characteristic of Desert eco zone (Eltoum and Dafalla, 2014), Annual Rainfall less than 250 mm for one year or more, High summer temperature and aridity index less than 0.03 (Abdalla et al, 2007). Poor population in this zone task for survive under stress of scarcity water sources, vegetation and thick animals. When it is impossible to survive, people migrate to other areas or seeking any other way to life and survive. As indicated by the increase of urban area (capital city Khartoum) more than rural areas. The deteriorated areas will be ignition by desert. More hot spot areas added to desert zone from other

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

deteriorated areas annually. Although there is a recovery by rainfall and aforestation efforts in some areas as reported by (Helden, 2003, Ali and Bauimi, 2004, Eltoum and Dafalla, 2014) the effect of desert encroachment exceed this recovery (Ali and Bauimi, 2004, Eltoum et al, 2014).

### **5-Desert boundary**

Desert boundary shifted annually as reported by Stebing (1939), Lampery, (1975) Salih, 1994, Ali and Bauimi, 2004, Dafalla, 2007, Eltoum and dafalla, 2014). The annual rate of this shift depends up on the change caused by biotic and a biotic factors. Understanding this movement is very important to measure the required response and preparedness to prevent and mitigate the impact of desert creeping disaster.

### **6- RS and GIS Monitoring**

The development in (computer technology, Satellite data, Geographical Information System (GIS), Remote Sensing (RS) and researches) has resulted in wealth of information. These information could be used to solve many environmental problems using different analysis methods. There is a high need for computer assisted analysis of environmental and ecological decisions making. Since the desert creeping disaster is very complex and normally not resulted from single factor. Analysis of multi factors data in GIS system could answer a set of questions about desert creeping disaster. When desertification occurred several outputs will take place. Eco geo changes in (humans, animals, vegetations) biomass will happen, land use systems will be changed, land surface problem will exist and demographic change will occur figure (3) chart (3).

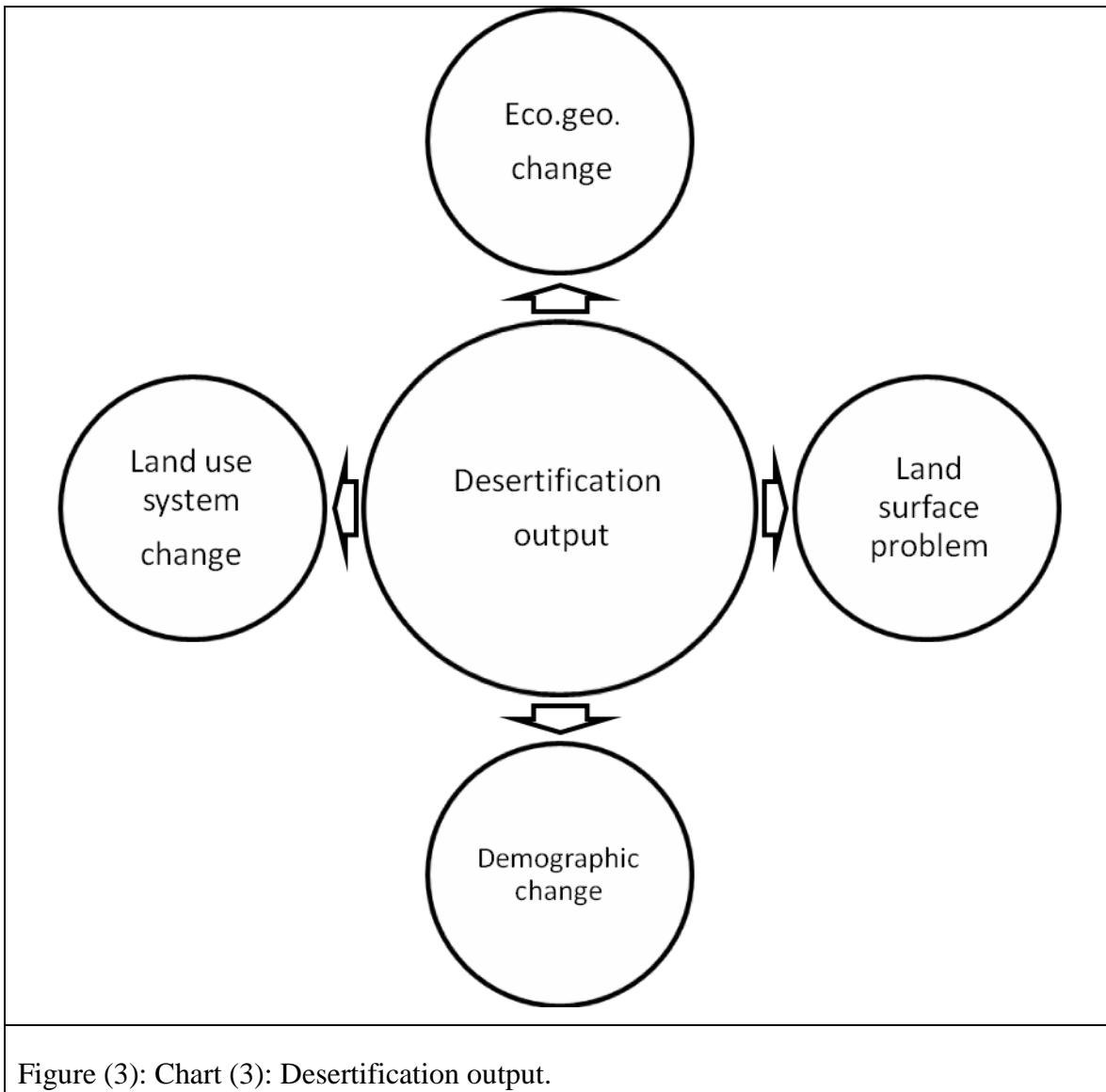
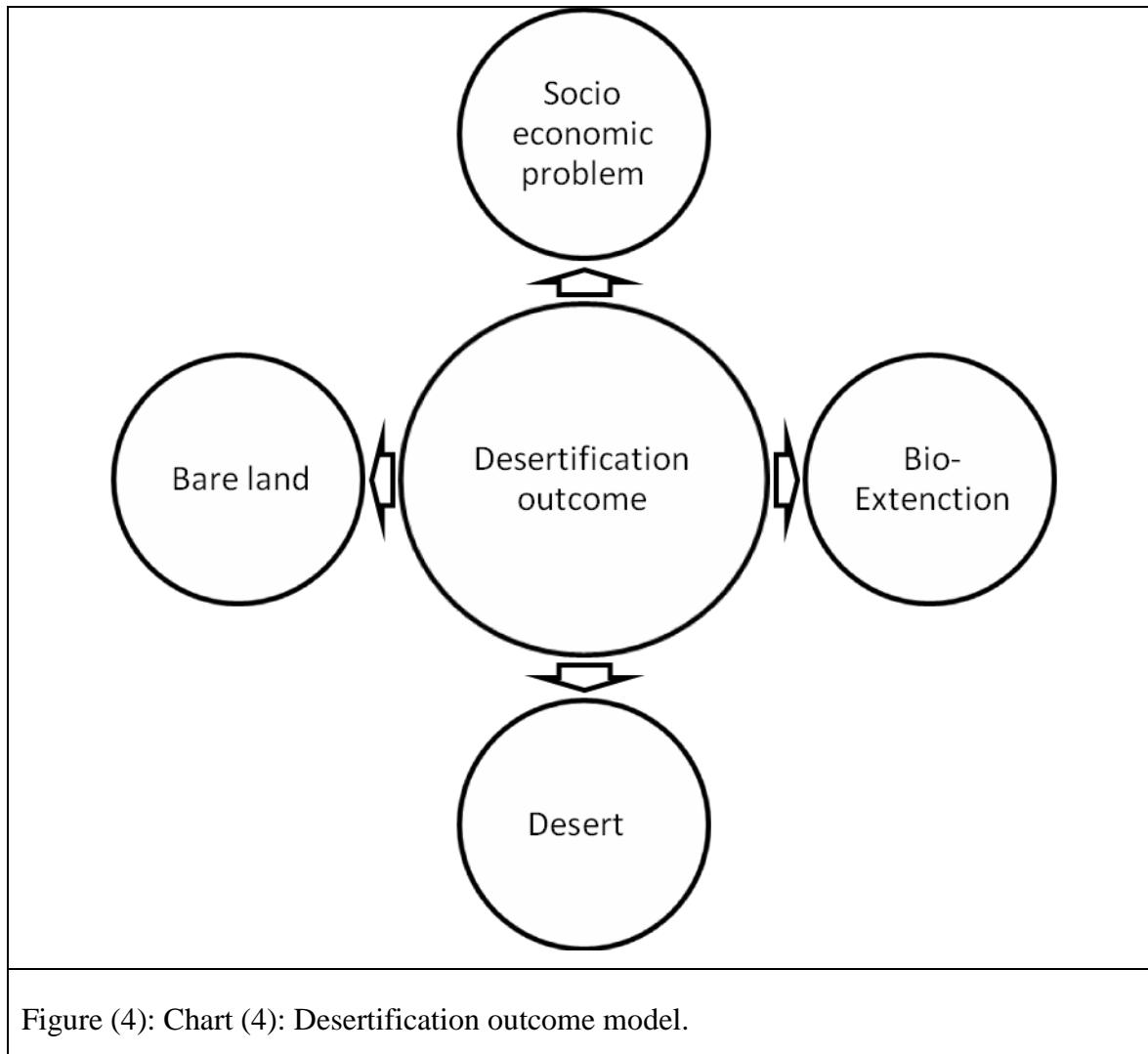


Figure (3): Chart (3): Desertification output.

If desertification outputs set on, another set of problems took place as outcomes of it. These are Socio economic problems such as conflicts, war and food insecurity (food gaps and famine) which end with death. When one of these problems detected in a geographical area it will guide to others such as biological extinction (human, wild life, grazing animals, and beneficial insect), invasion pest, and spread of disease. These problems will convert the land to bare area which added to the desert.



Desert creeping could be determined by movement of desert boundary .The most important factors are rain, vegetation type, temperature and wind. This is composite information critically needed to detect areas at risk of desert creeping in the future to predict areas at risk.

## 7- Conclusion and recommendation

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

Measures to combat desertification could be recommended for solving this problem. Nuor (2007) recommend the following measures to combat desertification disaster in Sudan:

- 1- Involve local people at different level.
- 2- Introduce desertification as a subject in schools, starting with elementary level.
- 3- Use the power of demonstration.
- 4- Identify people's needs.
- 5- Co ordination between different sectors national and international.

## **References**

- Abdalla, M., A., Musnad, H., A., Ali, E., E. 2007. Desertification. Chap. Two.11. Combating desertification. Text book. Unesco chair of desertification Khartoum university press. Khartoum. Sudan.
- Ali,M.,M.Bayoumi,A.M.2004.Assessment and mapping of desertification in western Sudan using Remote Sensing techniques and GIS. International conference on water resources& arid environment.
- Ayoub, A.T. 1999. Extent, severity and causative factors of land degradation in the Sudan. Journal of Arid Environments 38, 397- 409.
- Badai ,K.,H.,1980. The creeping desert in Sudan and elsewhere in Africa.in Arabic.National center for research.desrtification.634.0.92.
- Bovil,1921,The encroachment of saharaon the Sudan.journal of the African society20:175-185-259-269.
- Dafalla, M.S. Ibrahim S.I., Elhag A.M.H, Doka, M.A. 2007, Assessment of sand encroachment using remote sensing and GIS: case study Dongola area, Sudan. On line available at catchment and lake research.
- Dregne,H.Kassas,M. and Rosanov,B.1991.Anew assessment of the world status of desertification. Desertification Control Bulletin20,6-18.
- Eltoum ,M.A and Dafalla,M.S.. 2014 Eco – geographical analysis of desert locust and desertification problem in Sudan.(unpublished research paper).
- Eltoum ,M.A,Dafalla,M.S, Ibrahim,I.,S 2014 Review on Eco-geographical analysis of Desertification in Sudan. (Unpublished research paper).
- Harrison, M. N. and Jackson J.K 1958 Ecological Classification of the Vegetation of The Sudan, forest bulletin No.2, Khartoum.
- Helldén, U.2003. Desertification and Theories of Desertification Control:  
A discussion of Chinese and European concepts. China-EU Workshop on Integrated Approach to Combat Desertification. Association for International Science and Technology Cooperation. 94-104.Beijing . China.
- Helldén,U.1988.Desertification monitoring is the desert encroaching. desert control bull.17-8-12.
- Helldén, U. 1984. Drought impact monitoring-A remote sensing study of desertification in Kordofan, Sudan. Lund Universitets Naturgeografiska Institution Rapporter och Notiser Nr. 61, 61 pp. in Helldén,2003.
- Kassas ,M.1995.Review desertification ageneral review.journal of arid environment.30.115-128.

Mohammed Abd alla Eltoum<sup>\*1</sup>, Mohamed Salih Dafalla<sup>2</sup>, Idris Mohammed Nour<sup>3</sup>

Lampery,H.1975. Report on desert encroachment reconnaissance in north Sudan.21 oct-10nov.National center for research. desertification 634-0-92.IBm/529.

Mustafa, A., M. 2007.Desertification processes. Causes of vegetation degradation. Text book .Unesco chair of desertification. Khartoum university press. Khartoum. Sudan.

Nur,I.M, 1992. Drought, desertification and locust infestation in Africa stop Disasters newsletter No.9.Geneva.Switzerland.

Nur, I. M. 2007. Management of national disasters text book 17. U.of.K. , Khartoum Sudan.

Stebbing,E.,P.1938.the man made desert in Africa.journal of the royal African society.37.(suppl).in Kassas 1995.

Stebbing,E.,P.1953.The creeping desert in Sudan and elsewhere in Africa.morquodale.Khartoum. Translated to Arabic by Badai ,1980.

## Gestion et Mobilisation des Ressources Hydriques Superficielles

**Abdessemed Fouzi**

*Université de Biskra – Faculté des Sciences et de la Technologie - Département de Génie Civil et d'Hydraulique.*

**Résumé** - Selon l'évaluation des ressources en eau dans le monde, la demande en eau n'a jamais été aussi forte. Prenons en cause la croissance démographique, l'évolution des modes de consommation alimentaire ou encore les besoins accrus en énergie. Autrement dit les ressources hydriques ne représentent pas seulement l'élément de survie mais ils représentent aussi l'élément clé de la croissance et du développement économique. Pour cela il faut tout d'abord créer ou réaliser des moyens efficaces de protections de ces ressources en eau ensuite se familiariser avec les meilleurs programmes et les différents moyens de gestion de ces ressources (GIRE) ou gestion intégrée des ressources en eau , donc s'investir plus dans le domaine de l'eau. Et pour notre cas on va se concentrer plus sur une partie importante de ces ressources hydriques qui est les eaux de surface ; on entend par là les cours d'eau, les lacs, les rivières... etc. Et notre domaine d'étude sera les bassins versants et leur relations avec les ouvrages hydrauliques passant bien sûr par l'état des ressources en eau en Algérie et les perspectives planifiées pour le futur.

**Mots Clés :** Ressource hydrique ; eau de surface ; bassin versant ; barrage ; cours d'eau ; gestion.

**Abstract** – According to the assessment of water resources in the world, water demand has never been stronger. Consider relevant population growth, changing food consumption patterns or increased energy needs. That water resources are not only the element of survival, but they also represent the key of growth and economic development. To this we must first create and implement effective means of protection of these water resources then become familiar with the best programs and ways of resource management (IWRM) or Integrated Water Resources Management. , so invest more in the field of water. And in our case we will focus more on a significant portion of these water resources which is surface water; it means watercourses, lakes, rivers ... etc. And our field of study will be the watershed and their relationships with hydraulic structures including of course the state of water resources in Algeria and planned for the future prospects.

**Key Words:** Water resources; water surface; watershed; dam; watercourses; management.

### 1- INTRODUCTION:

L'eau est une ressource naturelle limitée, nécessaire à la vie et aux systèmes écologiques, et essentielle pour le développement économique et social. Cette assertion a été comprise dans sa pleine mesure par le chapitre 18 de l'Action 21 du sommet de Rio en 1992. Son objectif général était « de veiller à ce que l'ensemble de la population de la planète dispose en permanence d'eau en quantité et en qualité, tout en préservant les fonctions hydrologique, biologique et chimique des écosystèmes, en adaptant les activités humaines à la capacité limitée de la nature et en luttant contre les vecteurs des maladies liées à l'eau ». En effet l'eau est une ressource indispensable pour de nombreux usages : l'agriculture utilise 67 % de l'eau prélevée, contre 23% pour l'industrie et 10% pour les agglomérations et usages domestiques. L'utilisation de l'eau agricole augmente de plus en plus devant un contexte, d'une part de compétition avec les usages domestiques dont la tendance à la hausse suit l'accroissement de la population, d'autre part dans un contexte de changements climatiques dont les impacts sur les ressources en eau se manifestent de plus en plus.

Notre thème a pour but en 1<sup>er</sup> lieu de décrire ce que représente exactement les ressources hydriques ou les ressources en eau pour l'homme et ceci dans le cadre de la disponibilité et de l'utilisation à long terme passant par le cas des eaux de surface (les cours d'eau, les lacs, les rivières, les fleuves ...etc.). En 2<sup>ème</sup> lieu de décrire d'une part les méthodes de gestion de ces ressources hydriques qui sont limitées en quantité et en qualité ceci contre le phénomène de surexploitation (cas de la crise d'eau mondiale prévu pour 2030) d'après leur zone de localisation (les bassins versants) avec des exemples d'aménagements de cours d'eau et le rôle des ouvrages hydrauliques (les barrages). Et d'une autre part les moyens de protection contre la pollution et les changements ou perturbations climatiques passant par le concept (GIRE) ou gestion intégrée des ressources en eau qui se focalise sur la gestion des bassins versants.

## 2- LES RESSOURCES HYDRIQUES :

### 2-1- Fonctions et dimensions multiples de l'eau :

L'eau est à la fois internationale, nationale, régionale et locale, occupe des échelles de temps et d'espace variées. Ce réseau complexe ne facilite pas la mise en place de mesures appropriées de gestion. En plus l'eau comme ressource naturelle peut être :

- Menacée par une croissance démographique et une urbanisation combinées, qui entraînent une demande en eau plus forte, ainsi les écosystèmes, milieux producteurs et régénérateurs de cette ressource sont menacés, pollués et détruits ;

- Source de concurrence et de conflits, en effet lorsque les ressources en eau sont restreintes et que différents groupes d'intérêts manifestent en même temps des besoins par rapport à ces ressources, des réactions concurrentielles et conflictuelles apparaissent ;
- Menaçante, quand les pluies violentes et irrégulières provoquent des crues, inondations, glissements de terrains, sécheresses prolongées, changement de climat, dans un contexte où les gouvernements manquent de capacités et de moyens financiers pour mettre en place des méthodes efficaces de préparation aux effets des catastrophes et d'atténuation de ces effets.

## 2-2- Les enjeux actuels autour des ressources en eau :

L'objectif est d'atteindre un équilibre entre l'utilisation de l'eau en tant que fondement pour la subsistance d'une population mondiale en plein essor, et sa protection et sa conservation en vue de garantir la pérennité de ses fonctions et caractéristiques. Dans cette optique un certain nombre d'enjeux méritent d'être mis en exergue :

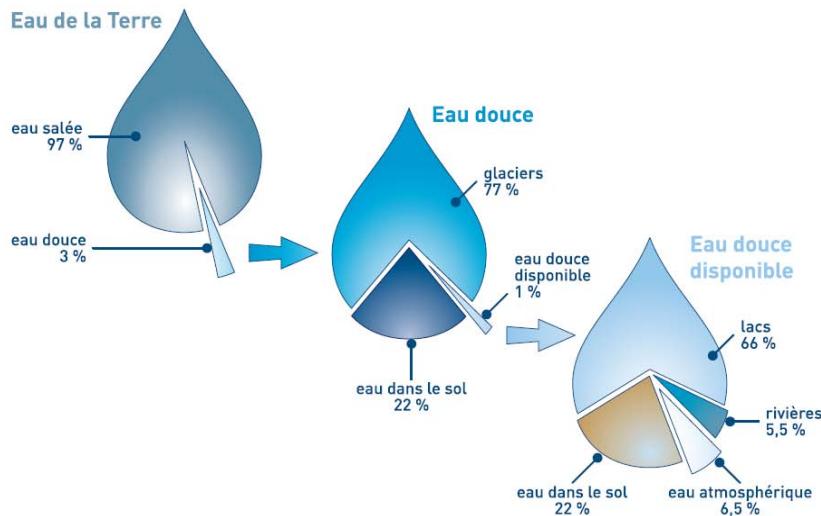
- Garantir de l'eau aux populations ;
- Garantir de l'eau pour la production alimentaire ;
- Couvrir les besoins en eau pour d'autres activités créatrices d'emploi ;
- Protéger les écosystèmes vitaux et gérer les risques.
- Gérer la variabilité spatio-temporelle de l'eau ;

## 2-3- Etat actuel des ressources hydriques mondiales :

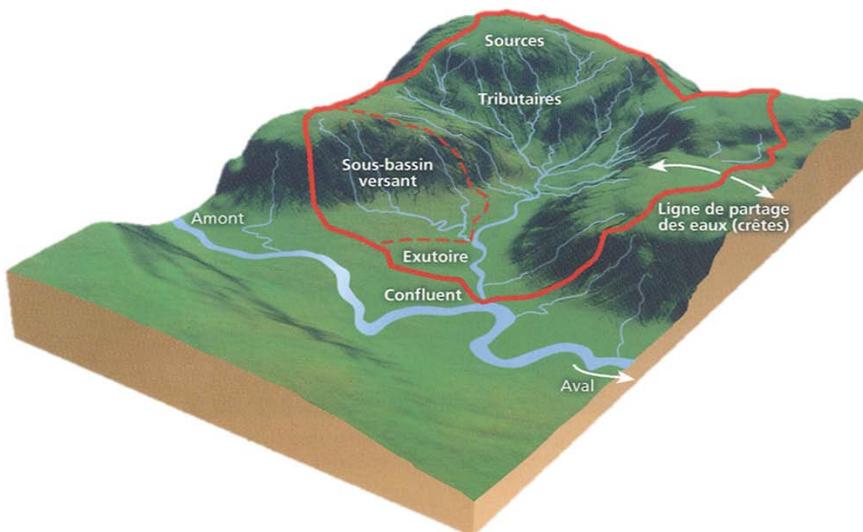
L'eau des océans et des mers recouvre 71 % de la surface de la Terre, contre 29 % pour les terres émergées. Vue de l'espace, la Terre apparaît bien comme la « planète bleue ». Toute l'eau présente sur la Terre représente un volume de 1,4 milliard de km<sup>3</sup>. Si toute cette eau était uniformément répartie à la surface du globe, elle représenterait une couche de 3,7 kilomètres d'épaisseur. Mais ces chiffres sont trompeurs, car les ressources en eau véritablement utilisables par les êtres vivants sont très limitées :

- L'eau salée des mers et des océans représente plus de 97 % du volume d'eau total,
- L'eau douce représente donc un peu moins de 3 % de ce volume.

Sur ces 3 % d'eau douce, 99 % sont très difficilement exploitables : 77 % sont gelés au niveau des calottes polaires et dans les glaciers de montagne et 22 % sont profondément enfouis dans le sous-sol. Sur toute l'eau présente sur la Terre, moins de 1 % est donc véritablement disponible pour les êtres vivants qui en dépendent, soit environ 9 millions de km<sup>3</sup> [1].

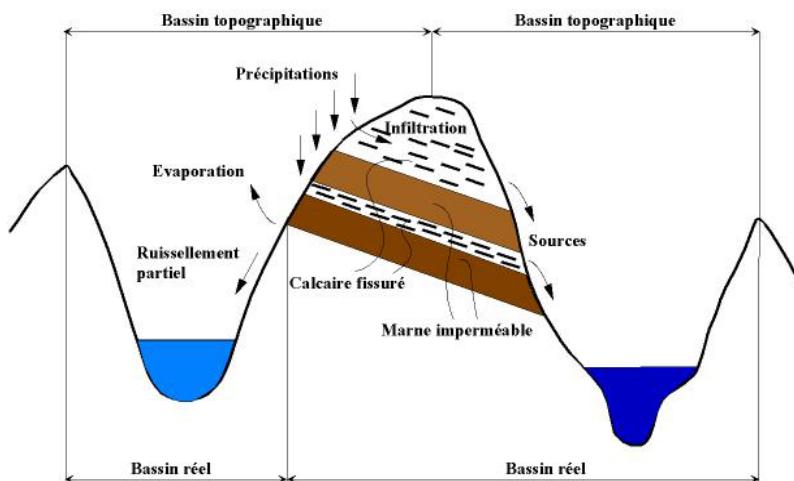
**Figure 1 :** Répartition de l'eau dans le monde.**2-4-Identification du milieu étudié, le bassin versant (unité naturelle de gestion de l'eau):**

Un bassin versant (BV) c'est l'unité de référence en hydrologie. Son rôle est de collecter les eaux de pluie et concentrer les écoulements vers les cours d'eau. Il permet ainsi la mise en relation des précipitations au sol et des débits observés dans les cours d'eau. Nommé aussi bassin topographique, bassin fluvial ou bassin hydrographique. Il peut être défini aussi comme la région qui possède un exutoire commun pour tous ses écoulements de surface.

**Figure 2 :** Schéma d'un bassin versant.

Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite. Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de *bassin versant topographique*. Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en

surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines (voir Fig.3). Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel [2].



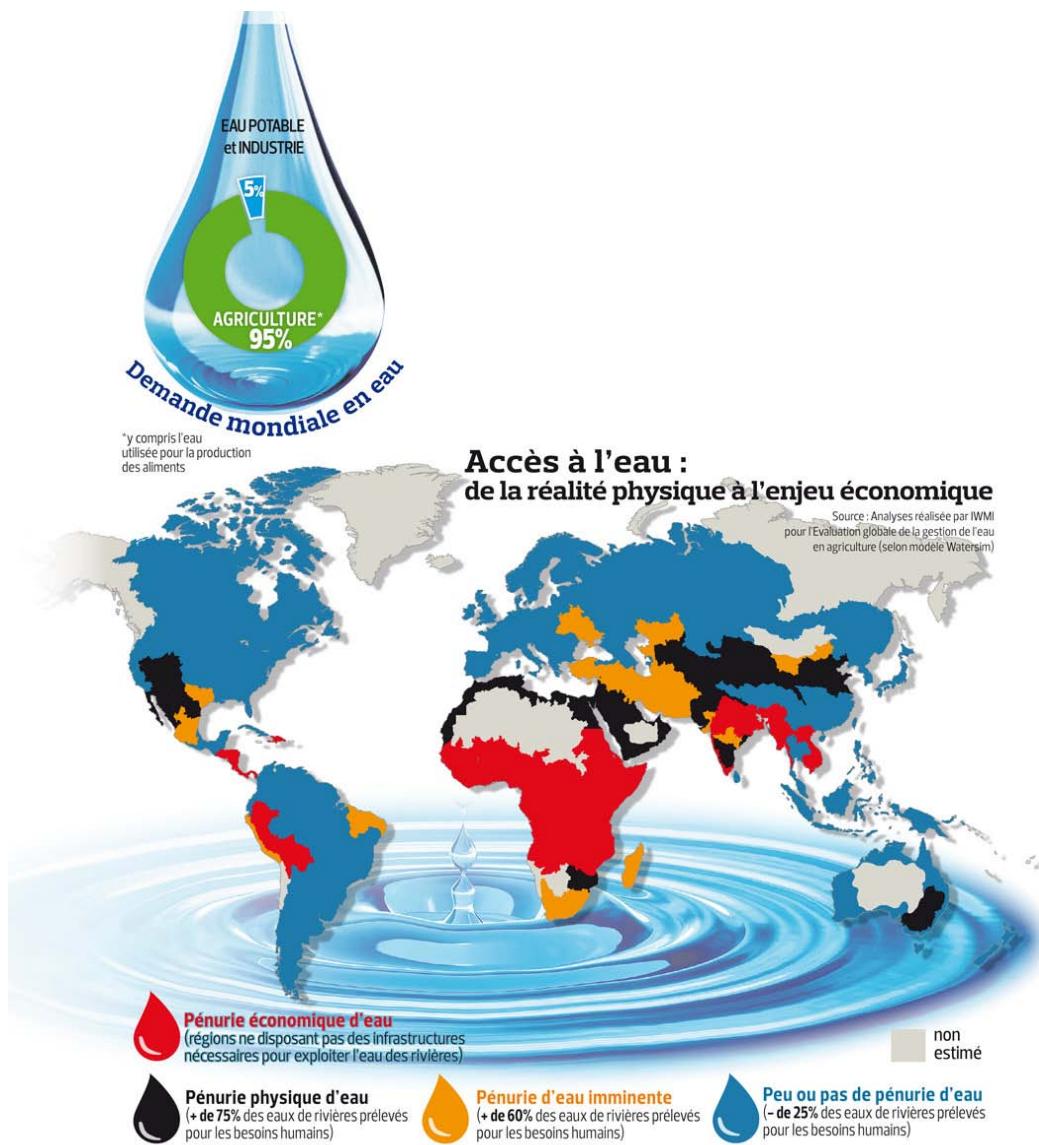
**Figure 3 :** Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique.

### 3- LES DIFFERENTS PHENOMENES MENACENT LES RESSOURCES HYDRIQUES SUPERFICIELLES :

#### 3-1- De quelle quantité d'eau douce différente pays disposent-ils ?

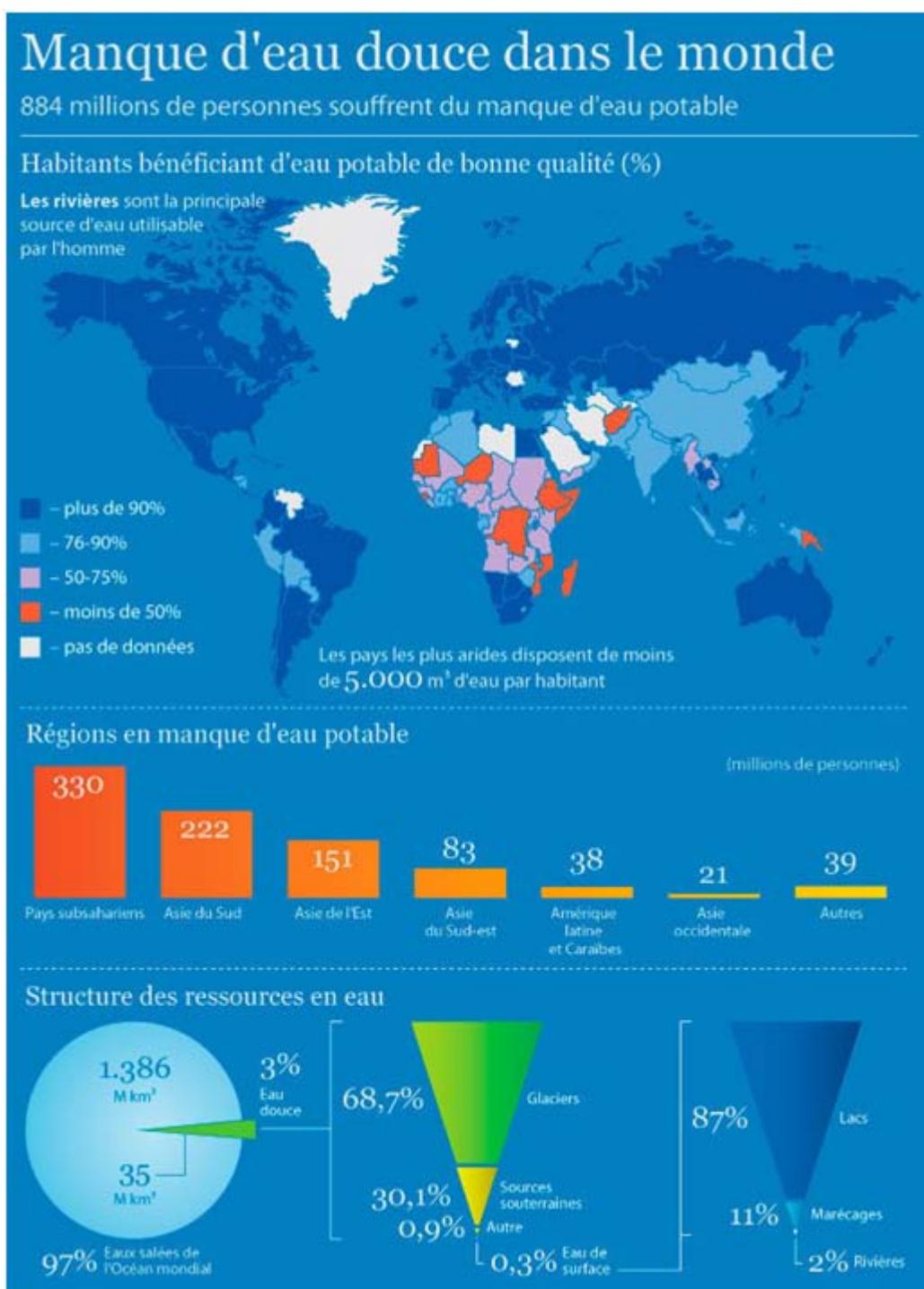
L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a élaboré et tient à jour une base de données sur l'eau, largement utilisée, connue sous le nom d'AQUASTAT. D'après les chiffres qu'elle contient, la FAO a établi un indice de la quantité d'eau théoriquement disponible et, plus particulièrement, de la quantité moyenne d'eau disponible pour chaque habitant, dans chaque pays. Cet indice prend en compte les eaux de ruissellement et l'eau des nappes phréatiques rechargées par les précipitations, les flux d'eau qui entrent et sortent d'un pays, et les ressources partagées avec d'autres pays. La quantité moyenne d'eau disponible par personne varie de moins de  $50 \text{ m}^3$  par an dans certaines régions du Moyen-Orient à plus de  $100\,000 \text{ m}^3$  par an dans les zones humides et faiblement peuplées.

#### 3-2- Accès à l'eau :



**Figure 4 :** La pénurie de l'eau dans le monde.

### 3-3- Pays en manque d'eau douce :



**Figure 5 :** Manque d'eau douce dans le monde.

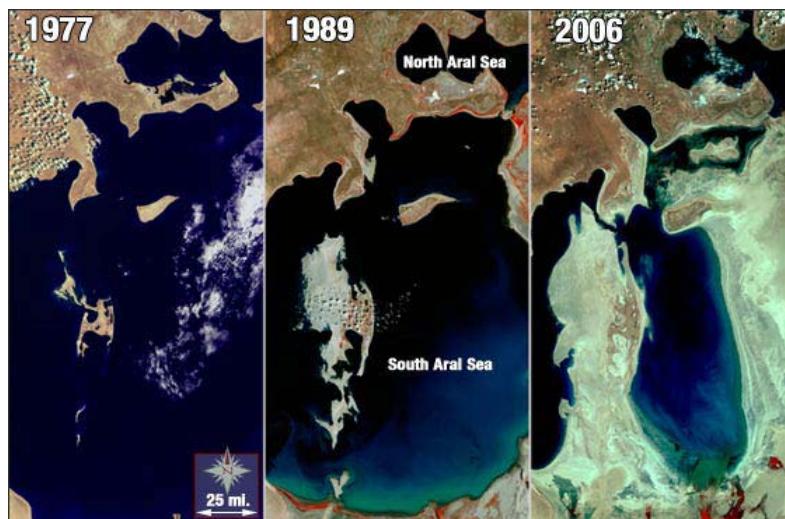
### 3-4- Pressions sur les ressources en eau :

Nos ressources en eau sont confrontées à une multitude de graves menaces, toutes provoquées principalement par les activités humaines. Ces menaces comptent la sédimentation, la pollution, les changements climatiques, la déforestation, la transformation des paysages et la croissance urbaine donc la dégradation de l'écosystème.

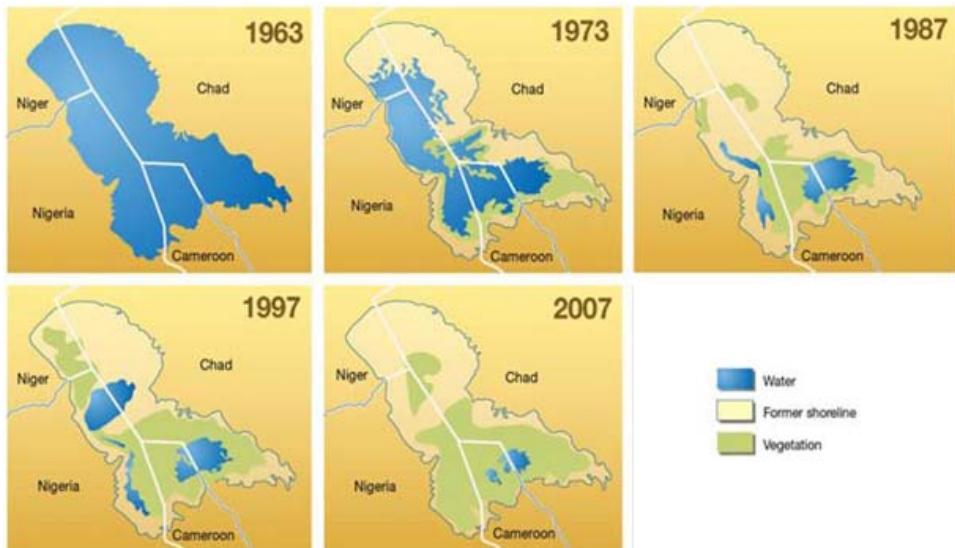
### 3-4-A- Quelles sont les conséquences des prélevements d'eau excessifs ?

Dans le monde entier, des lacs, des rivières et des mers intérieures sont en train de se tarir parce qu'on prélève trop d'eau de ceux-ci ou de leurs affluents. Les nappes phréatiques sont également exploitées plus vite qu'elles ne se reconstituent, comme en atteste un nombre croissant de rapports faisant état de fortes baisses des niveaux des nappes aquifères. Dans de nombreux cas, les périodes de sécheresse ont aggravé cette tendance bien documentée.

Le Niger, le Nil, le Gange, le Tigre, l'Euphrate, le Yangzi Jiang, le Colorado, et le Rio Grande ne sont que quelques exemples des principaux cours d'eau souffrant d'importantes réductions de débit. Bon nombre de lacs et de mers intérieures s'amenuisent de façon spectaculaire dans de nombreuses régions géographiques. La superficie de la mer d'Aral et du lac Tchad a considérablement diminué au cours des dernières décennies (la déviation des rivières à des fins d'irrigation a réduit sa taille de 60% et son volume de 80%, ce qui a profondément affecté l'industrie locale de la pêche et les moyens de subsistance de la population).



**Figure 6 :** Evolution de la Mer d'Aral entre 1977 et 2006.



**Figure 7 : Evolution du Lac Tchad entre 1963 et 2007.**

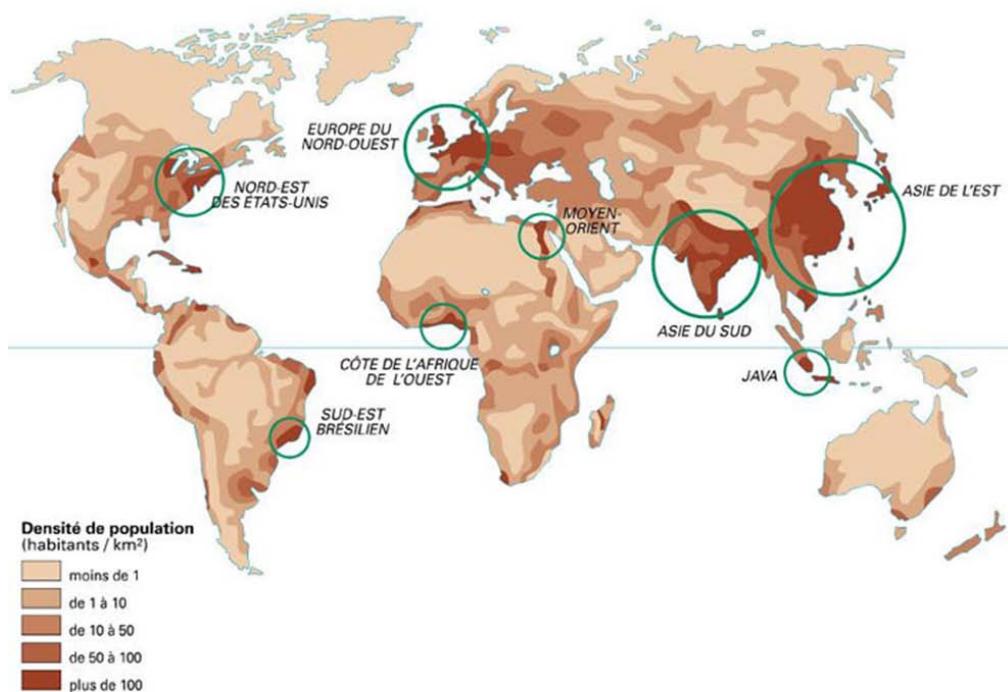
### 3-4-B- En quoi le changement climatique affecte-t-il les ressources en eau ?

Une même ressource en eau est exploitée pour de multiples usages (eau potable, industrie, irrigation, pêche, loisirs...). Ceux-ci entrent parfois en concurrence lorsque la disponibilité en eau est insuffisante. À l'avenir, le changement climatique pourrait constituer une pression supplémentaire. La modification du régime des pluies et l'augmentation des températures et du rayonnement pourraient avoir des effets conjugués : l'assèchement accru des sols ou au contraire les ruissellements excessifs lors de pluies d'orage. L'alimentation des ressources en eau s'en trouverait affectée. Les périodes de pénurie en eau deviendraient alors plus fréquentes dans les régions déjà sensibles et apparaîtraient dans d'autres régions [3].

Ces changements climatiques affectent aussi les eaux des barrages ou la retenue des eaux de surface par l'envasement (avec une réduction de capacité de stockage) et la diminution du ruissellement (flux trop faible pour remplir les barrages).

### 3-4-C- Problème de la pression démographique :

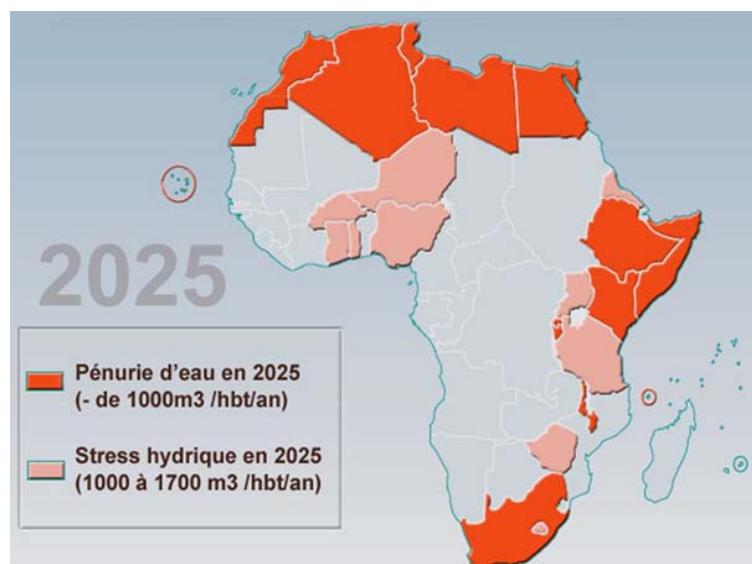
Entre 1950 et 2011, la population mondiale a presque triplé et vient de dépasser en 2011 les sept milliards d'individus. Dans le même temps, la consommation d'eau a quadruplé. La quantité d'eau disponible par personne a donc mathématiquement diminué. En 2030, l'économie mondiale devrait avoir quasiment doublé et la population mondiale être passée à plus de 8,2 milliards de personnes. La rareté relative de l'eau devrait continuer à s'accentuer encore et atteindre un seuil critique à l'horizon 2040, du fait d'une croissance démographique importante, notamment dans les pays en développement et émergents (l'Inde en premier lieu) [4].



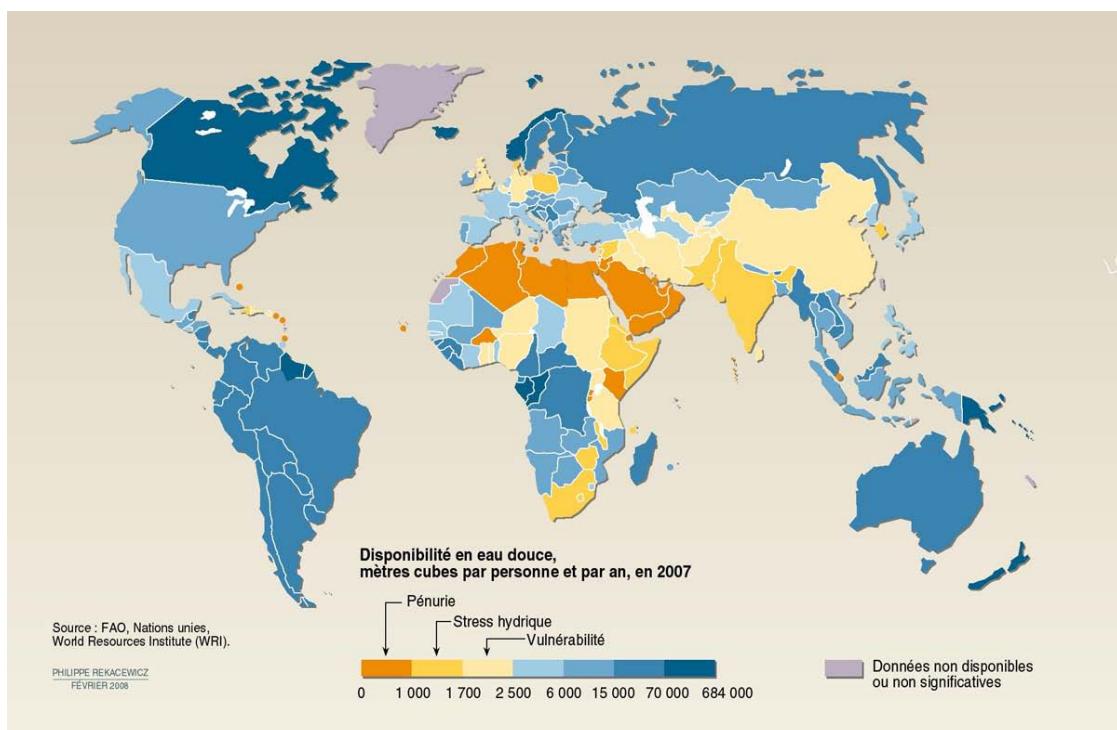
**Figure 8 :** La répartition de la population mondiale par habitants par km<sup>2</sup>(Les trois continents les plus peuplés sont: l'Asie, l'Afrique et l'Europe. La Chine et l'Inde sont les deux pays les plus peuplés du monde).

### 3-4-D- Pénurie d'eau dans le monde, les chiffres-clés :

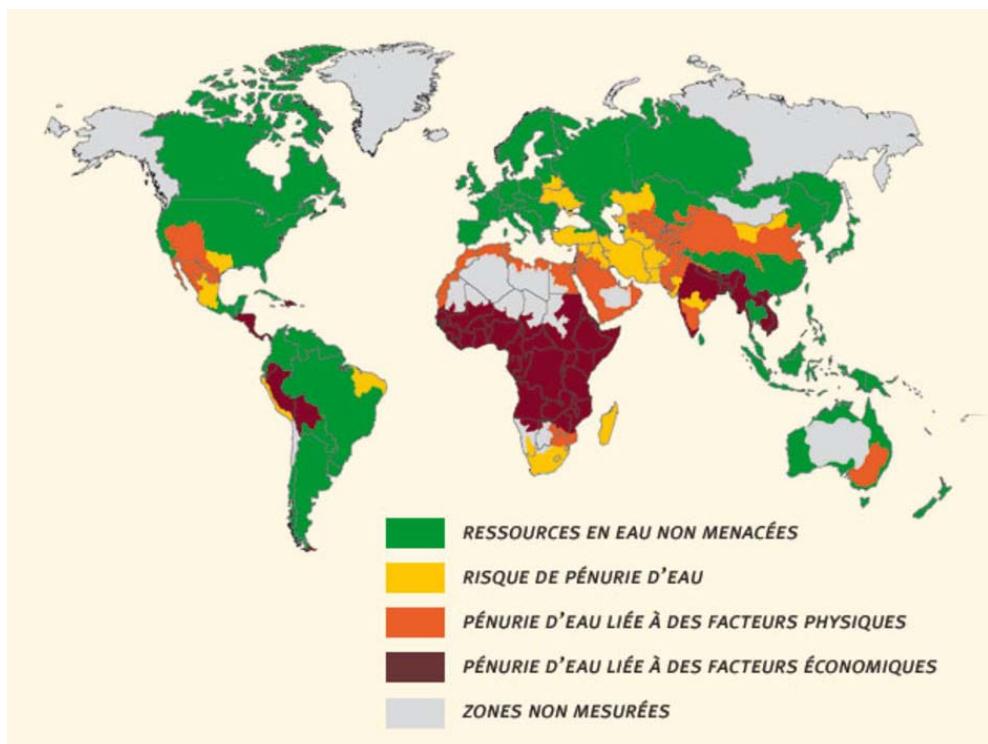
L'eau, le problème majeur du 2<sup>ème</sup> siècle? Plus d'un milliard de personnes n'ont actuellement pas accès à l'eau potable, un chiffre qui devrait encore exploser dans les prochaines années. Neuf pays se partagent 60% des réserves mondiales d'eau, alors que 80 pays souffrent de pénuries ponctuelles et 28 de pénuries régulières. Parmi eux, 17 Etats prélèvent chaque année plus d'eau que les cycles naturels n'en apportent. Ces pays sont essentiellement situés dans un triangle ayant pour sommets la Tunisie, l'Afrique du Sud et l'Afghanistan. Des problèmes particulièrement graves sont dénoncés dans les territoires palestiniens, en Syrie, en Inde, au Sri Lanka, en Afghanistan, en Indonésie, en Somalie, au Sud-Soudan et en Ethiopie.



**Figure 9:** Prospective stress hydrique en Afrique.



**Figure 10 :** Disponibilité en eau douce et stress hydrique.



**Figure 11 :** L'eau : une ressource de plus en plus menacée.

### 3-5- L'eau en Algérie une source de vie et un impératif de développement :

#### 3-5-A- Les ressources en eau en Algérie :

Les potentialités en eau connues à ce jour en Algérie sont estimées à 19,3 milliards de mètres cubes par an dont 13,7 milliards dans les régions du nord du pays et 5,6 milliards de m<sup>3</sup> dans les régions sahariennes.

#### 3-5-B- L'eau : des Besoins Croissants :

Dans la phase de croissance que connaît notre pays, les besoins correspondant aux différents usages, agricoles, urbains et industriels, sont actuellement supérieurs aux ressources en eau mobilisées, ce qui nécessite des arbitrages d'affectation, parfois difficiles notamment en situation de sécheresse. Depuis une vingtaine d'années, notre pays consacre des investissements de plus en plus importants pour la réalisation d'infrastructures de mobilisation et de distribution d'eau potable et d'eau destinée à l'irrigation. Dans ce contexte, notre pays multiplie les efforts de mobilisation des ressources en eau, condition sine qua non pour l'intensification des systèmes de production agricole et par conséquent pour l'amélioration de la sécurité alimentaire du pays.

#### 3-5-C- Alimentation en eau potable :

La longueur du réseau (tous diamètres confondus) est de 60.000 kilomètres. Un volume de 1,6 milliard de m<sup>3</sup> est produit par l'AEP à partir des eaux superficielles et souterraines dont 30 % proviennent des barrages et 70 % des forages et sources. 21 petites stations de dessalement d'une capacité totale de 57.500 m<sup>3</sup>/jour sont opérationnelles. Quatre grandes stations d'une capacité de 360.000 m<sup>3</sup>/jour sont programmées et actuellement en cours de réalisation.

### **3-5-D- Assainissement :**

La longueur du réseau est de 27.000 kilomètres dont le volume total d'eau usée annuellement est de l'ordre de 600 millions de m<sup>3</sup>. 45 stations d'épuration dont 16 sont en exploitation mobilisent une capacité d'épuration de 180.000 m<sup>3</sup>/jour. 24 stations sont à réhabiliter et 05 stations sont en cours de réalisation.

### **3-5-E- L'hydraulique Agricole :**

L'effort de mobilisation de l'eau permet d'irriguer actuellement en moyenne 420.000 ha par an (soit 5% de la surface agricole utile -SAU-) en utilisant un volume de 1,8 milliard de m<sup>3</sup>.

## **4- GESTION DES RESSOURCES HYDRIQUES :**

### **4-1- Qu'est-ce que la « gestion intégrée des ressources en eau »?**

Pour aborder la question de la gestion de l'eau, qui présente par nature de multiples facettes, la plupart des pays introduisent désormais, au niveau national et au niveau du bassin, une approche intégrée de la gestion des ressources en eau. Cette approche nécessite une amélioration des dispositions institutionnelles et des pratiques de travail. L'accent est mis en particulier sur la mise en œuvre effective de l'approche de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) dans les bassins de fleuves, de lacs et des aquifères. Ce processus est soutenu par le Partenariat mondial de l'eau (Global Water Partnership, GWP) et le Réseau international des organismes de bassin (RIOB) [5,6].

### **4-2- Origine et principe du concept GIRE :**

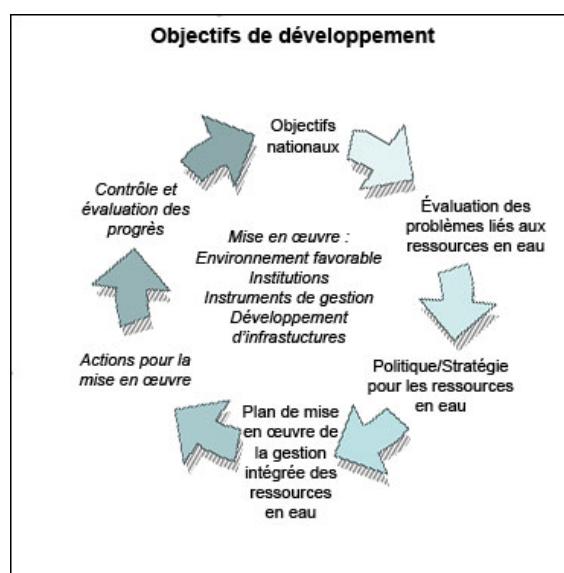
La gestion intégrée des ressources en eau est un concept empirique élaboré à partir d'expériences de terrain. Plusieurs de ses éléments existent déjà depuis plusieurs décennies (depuis la première conférence mondiale sur l'eau qui s'est tenue à Mar del Plata, Buenos Aires, en Argentine en 1977), mais c'est à partir de l'Agenda 21 et du Sommet mondial pour le développement durable en 1992 à Rio de Janeiro que l'on s'est véritablement interrogé sur la dimension pratique de ce concept. La définition de la gestion intégrée des ressources en eau

formulée par le Partenariat mondial pour l'eau fait désormais autorité. Elle établit que « la GIRE est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnées de l'eau, des terres et des ressources associées, en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux » [7].

La multiplicité des aspects et contraintes qui doivent être pris en considération fait que la gestion des ressources en eau doit nécessairement être abordée de façon prospective à l'échelle du bassin versant pour aider les décisions dans des schémas institutionnels complexes. Ces approches intègrent [8]:

- La caractérisation des systèmes hydriques, la compréhension de leurs comportements et la prédition de leurs évolutions ;
- La prévision et la gestion des risques naturels liés aux ressources en eau ;
- La pollution des eaux et les moyens de remédiations.
- La gestion des ressources en eau dans une optique de développement durable et intégrée : la gouvernance de l'eau, la gestion participative, la gestion des conflits territoriaux et d'usage...etc.

Le GWP et le RIOB, dans leur manuel de GIRE par bassin soulignent que : « Ces défis exigent souvent des réponses de deux types : des réponses structurelles, comme le recueil des données, les infrastructures, l'opération et la maintenance des ouvrages, et des réponses institutionnelles, qui traitent des questions telles que les politiques, la tarification ou les connaissances et l'information. Ces deux types de réponses sont importants et interdépendants » [9].



**Figure 12 :** Étapes de la planification et la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau.

#### 4-3- Les concepts clés :

De nombreux travaux de recherche ont été menés par d'autres acteurs sur les différents concepts liés à la GIRE et à la gestion par bassin. Notre objectif, ici, est de démontrer ce qu'est la gestion de l'eau par bassin et d'illustrer les lignes directrices à l'aide d'exemples concrets issus de bassins des quatre coins du monde. Il n'est pas possible de traiter de tous les aspects d'un sujet si complexe. Nous présentons néanmoins, afin d'orienter le lecteur et en guise d'introduction, quelques concepts clés en matière de gestion par bassin et de GIRE:

- ❖ Le bassin versant : considéré comme une unité hydrologique pratique pour la gestion des ressources en eau. Les termes employés par différentes disciplines et différents pays varient : bassin, bassin hydrologique, bassin hydrographique. Il existe 263 grands bassins hydrographiques transfrontaliers (Tableau 1) et des centaines d'aquifères transfrontaliers dans le monde.

**Tableau 1 :** Bassins transfrontaliers dans le monde.

Continent	Nombre de bassins transfrontaliers	Pourcentage du territoire (%)
<b>Afrique</b>	59	62
<b>Asie</b>	57	39
<b>Europe</b>	69	54
<b>Amérique du Nord</b>	40	35
<b>Amérique Latine</b>	38	60
<b>Total</b>	263	45

- ❖ L'approche de gestion intégrée des ressources en eau : l'approche intégrée permet de coordonner la gestion des ressources en eau pour l'ensemble des secteurs et groupes d'intérêt et à différents niveaux, du niveau local au niveau international.
- ❖ La gestion par bassin versant : une approche par bassin permet d'appréhender le système hydrographique dans son ensemble. En d'autres termes, les politiques nationales ainsi que les accords internationaux et les conventions régionales sur les eaux transfrontalières peuvent être appliqués dans les bassins. La relation entre l'administration des ressources en eaux d'un pays et la gestion de l'eau des bassins

devient ainsi dynamique et plus adaptable à l'évolution des circonstances environnementales, sociales ou économiques.

- ❖ L'organisme de bassin : ce terme est employé comme terme générique et se réfère à tous les types d'institutions de bassin. La fonction et la mission des organismes de bassin varient en fonction des mandats et dispositions légales retenus lors de leur création. Cependant, il faut garder à l'esprit que certains organismes de bassin n'entrent pas totalement dans ces catégories. Ils évoluent également en fonction des circonstances, et avec le temps.

#### **4-4- Elaboration du concept GIRE dans le monde :**

D'après l'enquête mondiale menée par UN-Water dans le cadre de la 16e session de la Commission du développement durable de 2008, 16 des 27 pays développés et 19 des 77 pays en voie de développement qui ont participé à l'enquête ont entièrement ou partiellement élaboré des plans GIRE. Le rapport conclut que des éléments indiquent que l'approche GIRE est en train d'être intégrée dans les plans et stratégies au niveau national et que des résultats concrets ont été obtenus ou le seront probablement à court terme [10]. Cependant, maintenant que des plans nationaux GIRE sont en cours d'élaboration, le défi consiste à garantir qu'ils seront mis en œuvre de manière efficace. Pour ce faire, les gestionnaires de bassin seront des acteurs majeurs. Ils appliqueront ces plans dans des contextes variés en raison des différences entre les cadres de gouvernance établis par les gouvernements. Il sera bien plus facile de gérer les bassins nationaux que les bassins transfrontaliers.

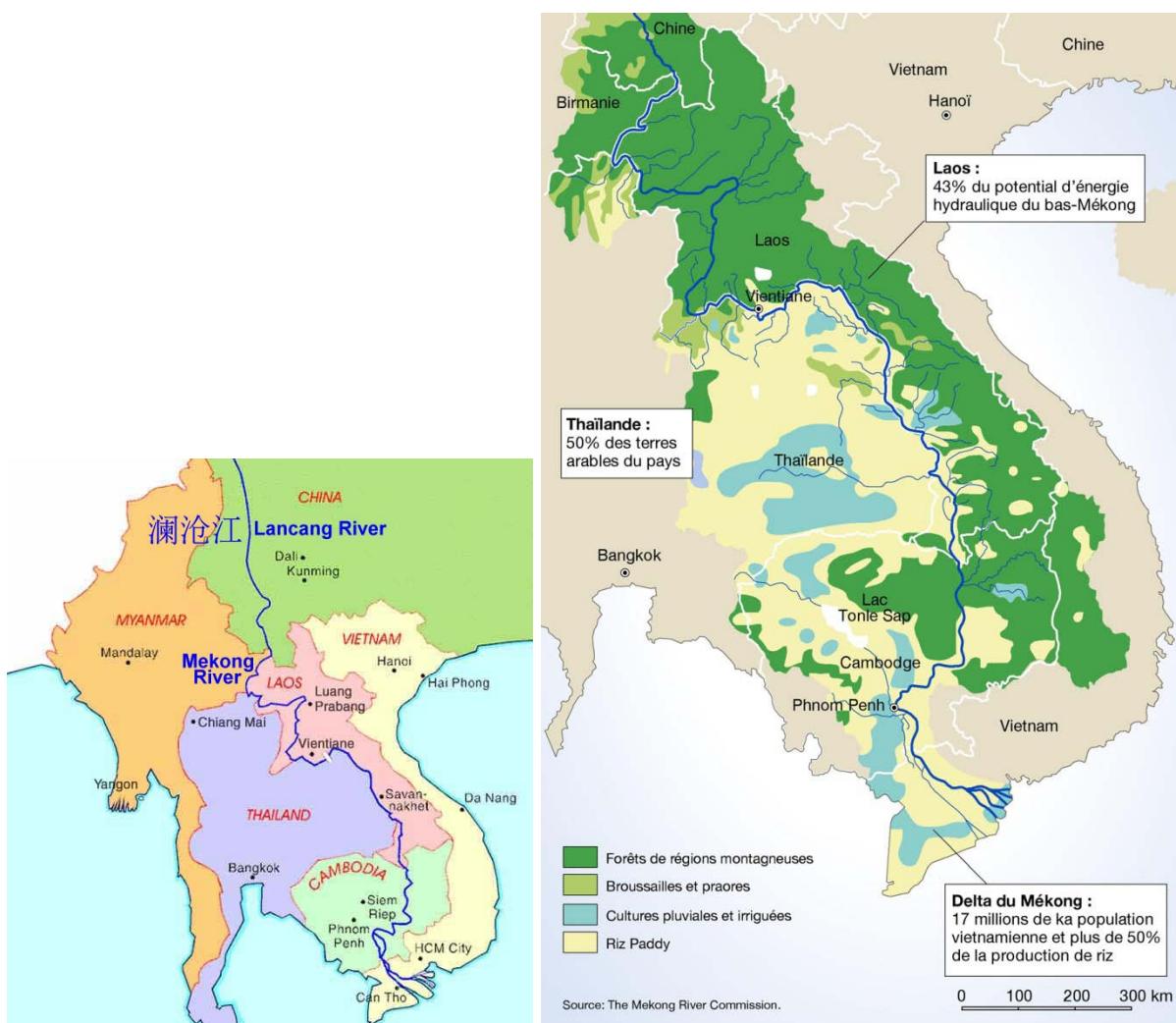
La gestion de l'eau par bassin n'est pas nouvelle. Certains pays, comme l'Espagne ou la France, pratiquent la gestion par bassin depuis des décennies. L'Espagne dispose de neuf "Confederaciones Hidrográficas" (Autorités de bassin) depuis 75 ans. La France compte, depuis 1964, six Comités de bassin et Agences de l'eau. En Allemagne, l'Association de la Ruhr (Ruhrverband), l'un des 11 organismes de bassin fluvial de l'Etat de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, a été créée dès 1899, en tant qu'alliance volontaire des responsables de projets hydrauliques et des producteurs d'hydroélectricité. En Europe, des commissions internationales ont été mises en place il y a de nombreuses années. C'est le cas du Rhin, de la Meuse, de l'Escaut, de la Moselle et de la Sarre et du Lac Léman. Aux Etats-Unis, la Tennessee Valley Authority a été créée en 1933. En Australie, l'accord Murray Darling de 1992 a confié à la Commission du bassin Murray-Darling la responsabilité de coordonner, de planifier et de gérer de façon durable l'eau les sols et l'environnement.

En 1909, le Traité des eaux frontalières entre les gouvernements des Etats-Unis et du Canada a mis en place une Commission mixte internationale pour les eaux partagées. En Asie du Sud-est, l'Accord de coopération pour le développement durable du bassin du fleuve Mékong a été signé en 1995 et a abouti à la création de la Commission du Mékong. L'Autorité du bassin du Niger et la Commission du bassin du Lac Tchad ont été créées au début des années 1960 alors que les organismes d'aménagement des fleuves Sénégal et Gambie ont été créés dans les années 1970.

La Loi nationale sur l'eau adoptée par le Québec en 2002 a établi la gestion intégrée de l'eau dans 33 bassins prioritaires initialement. Le Mexique en 1992, puis le Brésil en 1997, le Maroc et l'Algérie ont amendé leurs lois sur l'eau et introduit une approche de gestion axée sur le bassin. Au sein de l'Union européenne, la Directive cadre sur l'eau oblige les 27 Etats membres à élaborer des plans de gestion par bassin.

#### **4-5- L'Afrique : intégrer les principes de la GIRE dans les politiques nationales :**

Au début des années 2000, plusieurs pays africains ont intégré l'approche GIRE dans leurs organisations étatiques. Par exemple, le Ghana a créé une Commission des ressources en eau dont le mandat est intersectoriel. La Loi sur l'eau du Ghana (1998), de l'Afrique du Sud (1998), et le Code de l'eau du Mali (2007), entre autres, adoptent une approche intégrée. Le Burkina Faso a réalisé un Plan GIRE en 2003 et a été imité par le Kenya, le Malawi, le Mali, le Sénégal et la Zambie en 2008. Le Bénin, le Cap Vert, l'Erythrée, le Mozambique et le Swaziland élaborent actuellement des plans similaires.



**Figure 13 :** Le Mékong un long fleuve de 4 350 km, prenant sa source dans le massif Himalayen et qui traverse (ou longe) un certain nombre de pays asiatiques, dont : la Chine, le Laos, la Birmanie (Myanmar), la Thaïlande, le Cambodge, le Vietnam.

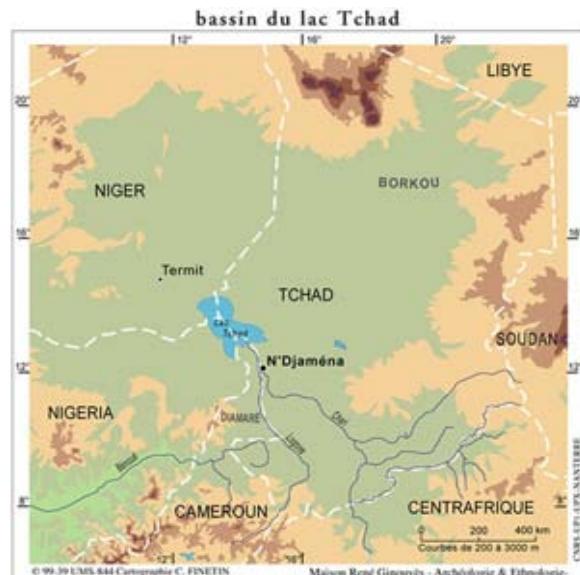


**Figure 14 :** Bassin versant du Niger.  
de la Volta.



**Figure 16 :** Bassin versant du Nil.

**Figure 15 :** Bassin versant



**Figure 17 :** Bassin versant du Lac Tchad.

#### 4-6- L'Eau en Algérie : de la mobilisation de la ressource à la gestion durable :

De part sa rareté, l'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du Sud de la Méditerranée, est un facteur limitant du développement et source de tensions sociales. La rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accentuer avec le changement climatique. Avec moins de 600 m<sup>3</sup> par habitant et par an, l'Algérie (38,7 millions d'habitants au 1<sup>er</sup> Janvier 2014) s'est situé dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Face au défi d'assurer la couverture des besoins sans cesse croissants en eau (villes, industries, agriculture), une politique active de mobilisation des ressources eau a été mise en œuvre, ainsi que de nouveaux instruments de gestion [11].

L'Algérie compte 17 bassins versants. Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. Il est à noter que ces ressources sont très variables, notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. D'une manière générale, ces bassins versants sont imperméables, ce qui donne sur le plan des régimes hydrologiques :

- Une extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements qui est accentuée par de longues périodes de sécheresse ;
- Des crues violentes et rapides, une érosion intense et des transports solides importants.

##### A- Les bassins versants : ils sont regroupés en trois zones :

- ❖ Les bassins tributaires de la Méditerranée, situés au nord de l'Algérie ;
- ❖ Les bassins endoréiques qui occupent les hautes plaines dont les eaux se perdent en grande partie par évaporation dans les chotts ;
- ❖ Les bassins sahariens.

#### **B- Etat des potentialités en eau :**

Le bilan hydrologique moyen annuel de l'Algérie du Nord fait ressortir un déficit d'écoulement qui atteint 87 % alors que 13 % seulement des précipitations profitent à l'écoulement. Sur l'ensemble du territoire, les ressources en eau se répartissent comme suit :

- 12 milliards m<sup>3</sup> dans les régions Nord : 10 (écoulements superficiels), 2 (ressources souterraines) ;
- 5,2 milliards m<sup>3</sup> dans les régions sahariennes : 0,2 (écoulements superficiels), 5 (ressources souterraines).

#### **C- Diversification des ressources en eau face à la montée des besoins :**

La forte croissance urbaine (le taux de raccordement de la population urbaine au réseau public d'eau potable est de 93 % en 2009 avec une dotation moyenne de 168 litre par jour par habitant) et le développement agricole (programme de relance de l'irrigation) et industriel créent une demande en eau de plus en plus forte. Pour y répondre, un programme de mobilisation des eaux de surface est particulièrement soutenu, auquel s'ajoute le recours inéluctable pour les ressources non conventionnelles (dessalement de l'eau de mer en premier lieu).

#### **D- Barrages et transferts régionaux :**

Afin de développer la capacité de retenue des eaux de surface, de nombreux ouvrages ont été construits. Alors qu'en 1962, il n'existe que 13 barrages permettant de stocker 450 millions de m<sup>3</sup> d'eau destinée essentiellement à l'irrigation des plaines agricoles de l'Ouest du pays, on dénombre actuellement 70 barrages pour une capacité globale de 7,4 milliards de m<sup>3</sup> d'eau. A la fin des réalisations du programme en cours, ils devraient être 84 en 2016, pour une capacité de stockage évaluée à 8,4 milliards de m<sup>3</sup> d'eau. La répartition équitable des ressources en eau entre les différentes régions du territoire algérien constitue un autre axe de la politique mise en place par le gouvernement. Afin de pallier aux disparités géographiques, un programme de transferts régionaux qui vise à assurer une meilleure équité entre les territoires pour l'accès à l'eau a été progressivement mis en œuvre.

#### **E- Gestion intégrée et durable des ressources en eau : L'Algérie se dote d'une agence nationale :**

La politique nationale de l'eau se donne des instruments de gestion intégrée et durable des ressources, ce qui permet également de garantir l'impact escompté des grands projets en cours. « Apprendre à gérer la ressource en eau dans une perspective de développement durable, c'est apprendre à maîtriser sa rareté mais aussi ses excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle, et à préserver la qualité de l'environnement.».

L'Algérie semble décidée à poursuivre ses efforts en matière de gestion des ressources en eau, en veillant au respect des normes de qualité et des délais de réalisations des projets hydrauliques. En effet, après la mise en place d'un nouveau système d'information intégré, conçu dans le cadre du programme d'appui au secteur des ressources en eau financé par l'UE, l'Agence nationale de gestion intégrée des ressources (AGIRE) vient d'être créée en vertu d'un décret exécutif (publié au Journal officiel N° 43) et opérationnelle depuis le mois de janvier 2014.

Cette Agence est placée sous la tutelle du ministère chargé du secteur. Jouissant de l'autonomie financière, elle est chargée dans le cadre de la politique nationale de développement, de réaliser, au niveau national, toutes actions pouvant concourir à une gestion intégrée des ressources en eau. Il s'agit pour elle de réaliser toutes enquêtes, études et recherches liées au développement de la gestion intégrée des ressources en eau, de développer et coordonner le système de gestion intégrée de l'information sur l'eau à l'échelle nationale.

Elle est également chargée de contribuer à l'élaboration, à l'évaluation et à l'actualisation des plans à moyen et long terme de développement sectoriel, de contribuer à la gestion des actions d'incitation à l'économie de la ressource hydrique et à la préservation de sa qualité. Pour accomplir ses missions, l'Agence est habilitée, notamment, à acquérir, exploiter ou déposer toute licence, contracter tout emprunt, prendre des participations dans tout groupement ou société. La création de cette Agence est entrée dans le cadre du décret exécutif de janvier 2010 relatif au plan directeur d'aménagement des ressources en eau et au plan national de l'eau.

En mettant en place cette agence de gestion intégrée des ressources, l'Algérie s'est inscrite en droite ligne des recommandations du sommet mondial pour le développement durable (Johannesburg, 2003) qui avait décidé d'inclure la formulation de plans nationaux relatifs à la gestion intégrée des ressources hydriques et à la rationalisation de l'utilisation de l'eau dans cette cible. Il s'agit d'une approche du développement et de la gestion des ressources hydriques, élargie à l'ensemble du bassin, qui a des répercussions immédiates sur les cibles des OMD. La gestion intégrée des ressources hydriques consiste, en somme, à promouvoir le développement et la gestion coordonnés des ressources en eau, des terres et

d'autres ressources apparentées, afin de maximaliser de façon équitable le bien-être économique et social qui en résulte sans compromettre la durabilité des écosystèmes vitaux. Les pays qui adoptent la gestion intégrée des ressources en eau dans leurs politiques et stratégies nationales liées aux ressources hydriques vont jeter les bases de plusieurs avantages sanitaires.

## 5- CONCLUSION : Comment gérer les ressources en eau de manière durable ?

L'utilisation durable des ressources en eau est un véritable défi en raison des nombreux facteurs concernés, notamment les changements climatiques, la variabilité naturelle des ressources, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines.

À l'heure actuelle, la politique de l'eau est toujours en grande partie déterminée par des préoccupations politiques et économiques à court terme qui ne prennent en compte ni les avancées scientifiques ni les critères de bonne gouvernance. Les pays, en particulier ceux en voie de développement, ont besoin de solutions techniques de pointe, de financements plus importants et de données plus complètes sur les ressources en eau.

Pour évaluer l'état de nos ressources en eau, nous devons être pleinement conscients du rôle joué par différentes composantes du cycle de l'eau - comme la pluie, les eaux issues de la fonte des glaciers, etc. Sans cela, il sera difficile de développer des stratégies de protection et d'atténuation adéquates.

Une mauvaise qualité de l'eau et une exploitation non durable des ressources peuvent limiter le développement économique d'un pays, nuire à la santé de la population et mettre à mal ses moyens de subsistance. Heureusement, on commence à adopter des pratiques plus durables. La gestion des ressources en eau devrait davantage veiller à accroître les ressources naturelles existantes et à réduire la demande et les pertes en eau.

Traditionnellement, répondre à la demande croissante en eau consistait à stocker de l'eau de surface dans des réservoirs, à détourner des cours d'eau vers les régions arides et à exploiter les nappes phréatiques. A l'heure actuelle d'autres procédés viennent s'ajouter à ces méthodes, comme la réutilisation de l'eau, le dessalement et la récupération des eaux de pluie. Certaines régions vont même jusqu'à exploiter les nappes phréatiques non-renouvelables.

Certains pays ont des programmes qui visent à réduire la demande en eau et les pertes dans les systèmes de distribution des zones urbaines, mais davantage d'efforts sont requis. Cela impliquera des changements de comportements nécessitant une meilleure information du public et un engagement politique. Ces efforts pour conserver l'eau et réduire la demande ne

sont pas seulement pertinents dans les régions où l'on manque d'eau, ils peuvent également apporter des bienfaits économiques dans des régions plus humides.

On aborde de plus en plus la gestion des ressources en eau de façon décentralisée, en se concentrant sur les bassins fluviaux, et ce même à l'échelle internationale. L'échange d'informations entre pays qui partagent des bassins fluviaux sera source de bienfaits tant économiques qu'environnementaux. Donc le système GIRE a fait ses preuves au fil des années à travers les pays ou les nations qui l'ont adoptés dans leurs programmes de gestion des ressources hydriques en ce concentrant plus sur les bassins versants qui représentent à la fois l'élément clé et l'unité d'application et de mesure de ce système.

Pour l'Algérie qui est un pays qui se développe de plus en plus dans le secteur de l'eau la première démarche a été réalisé grâce à la création d'une agence (AGIRE) qui suit ce système de façon très coordonnée. Reste alors de faire une bonne maîtrise du système en l'appliquant de façon efficace dans la gestion de nos ressources hydriques représentant le bien le plus précieux et qui peut devenir un moyen d'assurer notre position économique et industrielle au rang mondial puisque la gestion des ressources en eau est devenue un facteur ou une référence pour déterminer le développement économique d'un pays.

## Références sitographiques :

- [1] Yacine Barhoumi-Andreani, Julien Gaudremeau, Benoît Gerbe, Frédéric Khamsing, Yoann Rabatel (2004), EAU RESSOURCES ET MENACES.
- [2] André Musy (2005), Hydrologie Générale, Section SIE et GC, 4ème semestre.
- [3] Repère n° 53(2009), L'impact du changement climatique sur la ressource en eau, Périodique d'Alterre Bourgogne, France.
- [4] M. Jean Glavany (2010) La géopolitique de l'eau, rapport d'information.
- [5] Rapport sur l'état de la mise en œuvre des plans de gestion intégrée des ressources en eau et de valorisation de l'eau, ONU-Eau (2008).
- [6] Feuille de route pour la mise en œuvre des processus de gestion intégrée des ressources en eau, ONU-Eau, Partenariat mondial pour l'eau (2007).
- [7] Actions de la gestion intégrée des ressources en eau, Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau (WWAP), PNUE, Centre pour l'eau et l'environnement (2009).
- [8] Colloque GIRE 2013.
- [9] 1GWP: Global Water Partnership, Colloque GIRE 2009.
- [10] Samy Adouani et Aurélie Vitry (2009) Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin, GWP (Global Water Partnership ou le Partenariat mondial de l'eau) et RIOB (Réseau international des organismes de bassin).
- [11] Situation en matière de mobilisation de la ressource superficielle en Algérie (2012-2014), d'après le MRE (Ministère des ressources en eau).

## Liens internet :

- <http://www.syndicatdelaseiche.fr/ou-coule-l-eau-sur-le-bassin/>
- <http://www.greenfacts.org/fr/ressources-eau/l-2/1-pressions-sur-les-ressources.htm#0>

[http://www.partagedeseaux.info/spip.php?page=groupe&id\\_groupe=6&lang=fr&debut1=3#pagination1](http://www.partagedeseaux.info/spip.php?page=groupe&id_groupe=6&lang=fr&debut1=3#pagination1)  
<http://www.geo.fr/environnement/actualite-durable/eau-33278>  
<http://www.cieau.com/les-ressources-en-eau/dans-le-monde/ressources-en-eau-monde>  
<http://blog.mondediplo.net/2008-01-14-Gestion-de-l-eau-entre-conflits-et-cooperation>  
[http://www.algeria-watch.org/fr/article/eco/eau/probleme\\_epineux.htm](http://www.algeria-watch.org/fr/article/eco/eau/probleme_epineux.htm)  
<http://www.umc.edu.dz/vf/index.php/actualites-et-informationstheme-de-la-semaine/980-leau-en-algerie>  
[http://www.mre.dz/index.php?action=formunik&type=sous\\_menu&idformunik=6](http://www.mre.dz/index.php?action=formunik&type=sous_menu&idformunik=6)  
<http://www.lce-algerie.com/entreprises-et-marche/16-entreprise-et-marche/327-gestion-integree-des-ressources-en-eau-algerie-se-dote-dune-agence-nationale.html>  
<http://fr.wikipedia.org/wiki/>

# Application du modèle de Muskingum pour la prévision des crues de la Medjerda en Tunisie

**ABIDI Sahar, HAJJI Olfa, HABAIEB Hamadi**

*Institut National Agronomique de Tunis (INAT).*

**Résumé -** Cette étude a pour objectif la prévision des crues aux trois stations principales du cours d'eau de la Medjerda, à l'amont du barrage Sidi Salem: de l'amont à l'aval Ghardimaou, Jendouba et Bou Salem. 22 crues ont été sélectionnées pour faire de la prévision avec le modèle de Muskingum. Le délai de prévision a été varié de 2 heures à 8 heures avec un pas de 2. Deux scénarios ont été testés : avec et sans prise en compte des affluents. Pour juger de la qualité des modèles de prévision, trois critères de comparaison ont été choisis. Cette étude a montré que le modèle de Muiskingum a donné des résultats satisfaisants pour la prévision des crues de la Medjerda. Cette satisfaction est d'autant plus fiable que le délai de prévision est faible. De plus, cette étude a dégagée que la prise en compte des affluents améliore les résultats des modèles de prévision en temps réel.

**Mots-clés :** Prévision des crues, Rivière de Medjerda, Muskingum, Affluents.

## Abstract – Flow forecasting by Muskingum model of Medjerda River in Tunisia

This study aims to flood forecasting at the three main stations of the Medjerda River, located in the upstream of Sidi Salem dam, Ghardimaou, Jendouba and Bou Salem. 22 floods were selected for flood forecasting by Muskingum model. Time calculation was varied from 2 to 8 hours with a pitch of 2 hours. Two scenarios were tested; forecasting with and without consideration the tributaries. To judge the quality of the forecasting model, three optimization criteria were chosen. This study showed that the results of flood forecasting by Muskingum model were satisfactory and by considering tributaries it were more satisfactory.

**Keywords:** Flood forecasting, Medjerda River, Muskingum, Tributaries.

## Introduction

Le problème des crues s'est imposé à l'homme depuis toujours. En Tunisie, depuis quelques années, les problèmes des risques liés aux eaux courantes sont devenus très préoccupants. Les inondations constituent le risque naturel le plus répandu dans le pays. Aujourd'hui, le problème se pose sérieusement dans le bassin versant de la Medjerda, particulièrement dans la plaine de Ghardimaou –Jendouba - Bou Salem. Ces crues ont rappelé l'acuité des dangers qui pèsent sur la société et l'environnement.

La gestion du risque d'inondation peut se décomposer en trois phases (Estupina, 2004): la phase de prévention, la phase de gestion de la crise et l'analyse post crise. En effet La phase de gestion de la crise consiste en la surveillance, l'annonce et la prévision d'un événement potentiel de crue afin de minimiser ses conséquences possibles, en agissant sur l'organisation des secours en particulier. Dans ce contexte s'inclut le présent travail de recherche.

Habaieb et al. (2013) ont montré, que le modèle de propagation de Muskingum convient mieux pour la reconstitution des hydrogrammes des débits dans le cas de la rivière de la Medjerda (grand bassin versant). Dans cette étude on va appliquer ce modèle pour la prévision des crues sur cette même rivière.

25 crues ont été reconstruites, par le modèle propagation des crues de Muskingum, sur les trois tronçons de Ghardimaou, Jendouba et Bou Salem dans une étude antécédente (Abidi, 2011). Ces crues font l'objectif de prévision des hydrogrammes par l'intermédiaire du même modèle dans cette recherche.

Pour la reconstitution des hydrogrammes, nous avons trouvés que la prise des débits des affluents améliore les résultats (Abidi, 2014). Nous allons analyser le cas pour la prévision des débits.

Dans ce contexte, deux scénarios ont été testés ; la prévision sans et avec considération des affluents. Au niveau de la station de Bou Salem, les hydrogrammes des crues ont été prévus à partir des crues de Ghardimaou et de Jendouba.

## 1. Matériels & Méthodes

Ce papier analyse les résultats de prévision des crues avec le modèle de propagation de Muskingum.

### 1.1. Modèle de prévision

La prévision des débits pour ce travail est basée sur la reconstitution des débits par le modèle de propagation de Muskingum. Ce modèle fut développé en 1939 par McCarthy. Il est très utilisé en ingénierie hydrologique. Cunge (1969) a démontré que ce modèle est numériquement équivalent aux équations de Saint-Venant via l'équation de diffusion d'une onde. Ce modèle propose une relation entre le débit amont ( $Q_a$ ) et le débit aval ( $Q_v$ ) (Habaieb, 1992).

$$Q_v(t+d) = a_1 Q_a(t) + a_2 Q_a(t+d) + a_3 Q_v(t) \quad (\text{Eq.1})$$

Sachant que,  $a_1$ ,  $a_2$  et  $a_3$  sont les coefficients du modèle déterminer par la méthode des moindres carrés et  $d$  est le délai de reconstitution.

Pour la prévision d'une crue donnée, on choisit des coefficients reconstitués ceux d'une crue de même saison et indice d'humidité.

Dans cette étude, on a tenu compte des débits des affluents dans la prévision des débits de Jendouba et Ghardimaou.

L'analyse des résultats a été établit avec trois critères d'optimisation : Le coefficient de Nash et Sutcliffe (Eq.2), l'erreur relative de pointe (Eq.3) et le temps qui sépare les débits de pointes observés et calculés (Eq.4).

$$CNash = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{oi} - Q_{ci})^2}{\sum_{n=1}^n (Q_{oi} - Q_m)^2} \quad (\text{Eq.2})$$

$$ERP = \frac{(Q_{op} - Q_{cp})}{Q_{op}} \quad (\text{Eq.3})$$

$$TP = \tau_{Q_p} - \tau_{Q_o} \quad (\text{Eq.4})$$

Avec  $Q_{omax}$  : débit observé du pic,  $Q_{cmax}$  : débit calculé du pic,  $Q_{oi}$  : débit observé,  $Q_{ci}$  : débit calculé,  $Q_m$  : débit moyen observé,  $\tau_{Q_o}$  : temps du pic observé,  $\tau_{Q_p}$  : temps du pic prévu.

### 1.2. Zone d'étude

La Medjerda est l'un des principaux oueds du Maghreb, tant par la longueur de son cours d'eau, la superficie de son bassin versant que par le volume d'eau qu'elle charrie. En effet la source de cet oued est située en Algérie et dont le lit est principalement sur le territoire de la Tunisie. S'écoulant sur plus de 460 kilomètres dont 350 en Tunisie, c'est le seul et le plus long cours d'eau pérenne de la Tunisie. Il a une superficie de bassin versant de l'ordre de 23 700 km<sup>2</sup> dont 16 100 en Tunisie.

La zone d'étude est située à la partie haute de la rivière, il s'étend entre la station hydrométrique de Ghardimaou et le barrage de Sidi Salem (figure 1).

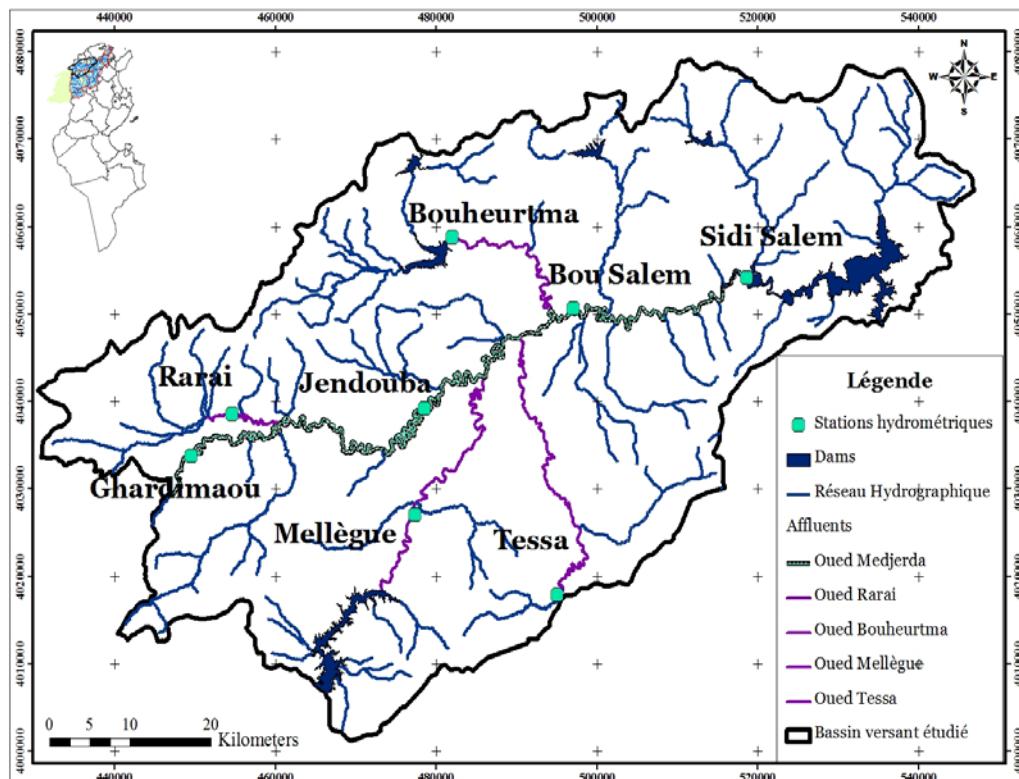


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

Les principaux affluents déversant dans ce bassin versant sont:

Au niveau de la Rive gauche:

- Oued Rarai : s'écoule sur 15 km et draine une superficie de 370 km<sup>2</sup>.
- Oued Bouhertma : déverse du barrage Bouheurtma, il conflue près Bou Salem avec l'oued Medjerda après un parcours de 64 km. Il draine un bassin versant de 390 Km<sup>2</sup>.

Au niveau de la Rive droite

- Oued Mellègue : qui découle du barrage Mellègue, il parcourt une distance de 317 km avant de confluier près de Jendouba, avec l'oued Medjerda à 140 m d'altitude.
- Oued Tessa : Il se jette dans la Medjerda à quelques kilomètres en aval de l'oued Mellègue. Il conflue avec l'oued Medjerda dans la plaine de même nom à 133 m d'altitude après un parcours de 143 km.

Nous avons considéré que les distances entre les stations de Jendouba, Mellègue, Tessa et Bouheurtma et la station de Bou Salem sont égales. Les débits à la station de Bou Salem seront la somme des débits amont. De même les débits à Jendouba seront la somme des débits de Ghardimaou et Rarai.

Pour la partie amont de la haute vallée, en une journée pluvieuse, il pleut souvent entre 25 et 50 mm. La pluie annuelle minimale varie entre 107 mm (Oued Mellègue) et 430 mm (Barrage Kasseb). Tandis que les valeurs maximales de pluie peuvent atteindre 516 à 1380mm. La pluviométrie annuelle peut atteindre les 1380 mm, en fait c'est la zone la plus pluvieuse du bassin de la Medjerda où le relief est le plus accentué.

L'oued Medjerda a souvent connu des crues violentes et rapides. Nous avons pu collecter 25 crues qui s'étaient dans la période de 1973 à 2012. Ces crues sont caractérisées par un débit de pointe important.

## 2. Résultats et discussions

Les résultats de prévision dépendent du tronçon étudié et du délai appliqué. Pour analyser les résultats nous dressons les fonctions de répartitions des différents critères sur chaque tronçon.

### 2.1. Tronçon Ghardimaou – Jendouba

Les figures suivantes présentent la fonction de répartition du coefficient de Nash pour tous les délais:

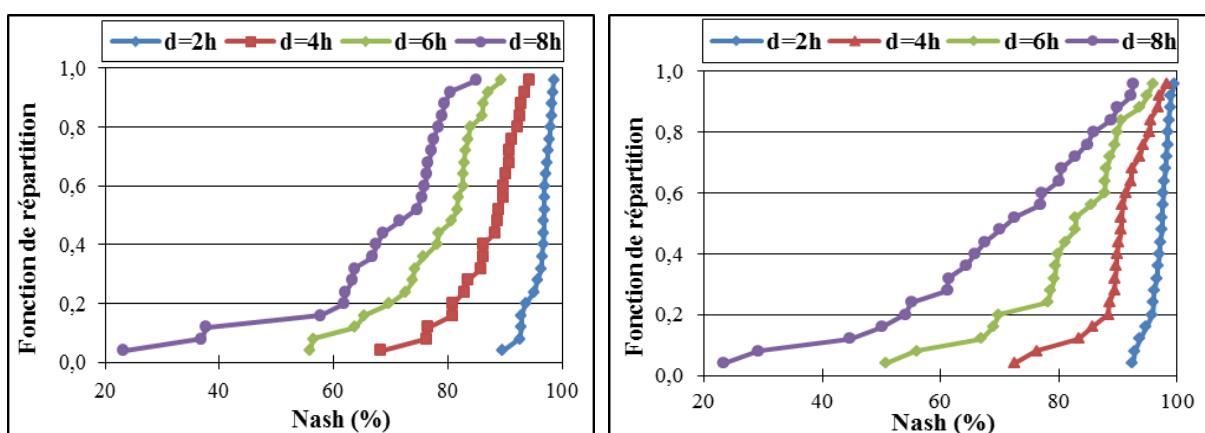


Figure 2. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Ghardimaou – Jendouba

Le coefficient de Nash varie entre 23% et 98% pour la prévision des crues sans considération des débits des affluents entre 23% et 99.6% en considérant ces derniers. On conclut de ces graphes, que le coefficient de Nash est proportionnel au délai de prévision. Les valeurs les plus fortes sont trouvées par la prévision de 2 heures et en tenant compte des débits des affluents.

La fonction de répartition de l'erreur relative de pointe (ERP) est donnée par les figures ci-après :

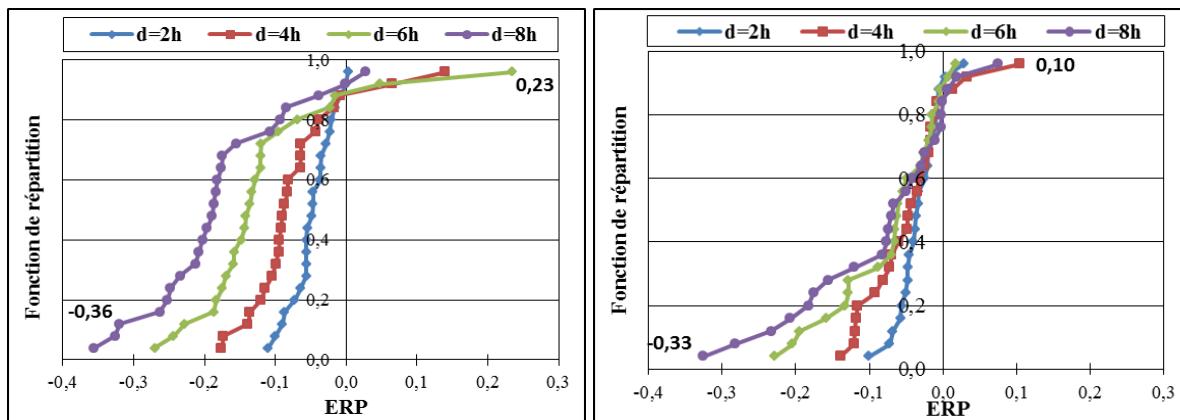


Figure 3. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Ghardimaou - Jendouba

L'erreur relative de pointe varie de -36% à 23% pour la prévision des crues sans considération des affluents et de -33% à 10% en considérant ces derniers. Ces graphes montrent que pour un nombre important des crues, le modèle de Muskingum sous-estime la pointe de la crue. Pour le même signe, la variation de l'erreur relative de la pointe 'ERP' est proportionnelle au délai de prévision. Les valeurs d'ERP les plus faibles sont trouvées par la prévision de 2 heures et en considérant les débits des affluents.

Les valeurs de l'erreur du temps de pic sont variables pour les deux scénarios ; elles varient de 2 à 9 heures pour le 1<sup>er</sup> scénario (sans affluents) et entre 1 et 8 heures pour le 2<sup>ème</sup> scénario.

## 2.2. Tronçon Jendouba – Bou Salem

Nous analysons sur ce tronçon les résultats de prévision des débits de Bou Salem à partir des débits de Jendouba avec le modèle de Muskingum.

Les figures suivantes présentent la fonction de répartition du coefficient de Nash pour tous les délais:

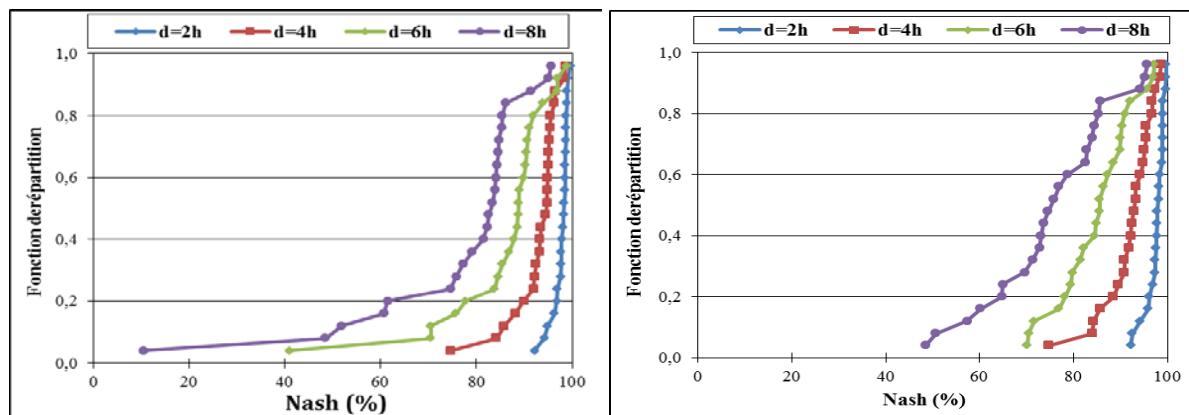


Figure 4. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Jendouba – Bou Salem

Le coefficient de Nash varie proportionnellement au délai de prévision ; il est plus faible pour le délai de 8 heures pour les deux scénarios. Les valeurs du coefficient de Nash sont plus importantes pour le 2<sup>ème</sup> scénario : elle est de 11% à 99% pour le 1<sup>er</sup> scénario et de 48% à 99.6% pour le 2<sup>ème</sup> scénario. On conclut de ces graphes, que le modèle de Muskingum répond à l'objectif attendu.

La fonction de répartition de l'erreur relative de pointe (ERP) est donnée par les figures ci-après :

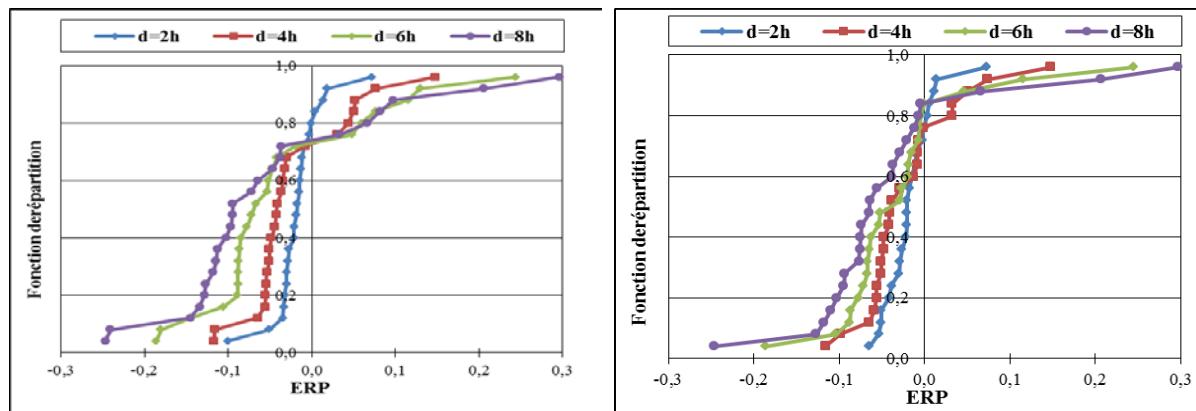


Figure 5. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Jendouba – Bou Salem

De même que le coefficient de Nash, l'erreur relative de pointe (ERP) varie proportionnellement avec le délai de prévision. Elle est plus importante pour le 2<sup>ème</sup> scénario (en considérant les débits) : elle est de -25% à 30%. Les valeurs les plus faibles sont données par la prévision des débits au délai de 2 heures. Le modèle de Muskingum sous-estime les pointes des crues.

Les valeurs de l'erreur du temps de pic sont très variables pour les deux scénarios ; mais en général les valeurs les plus faibles sont données pour le délai de prévision de 2 heures.

Pour mettre en évidence l'impact de considération des débits des affluents, on compare les moyennes et les écarts type des coefficients de Nash (tableau 1) et l'erreur relative de pointe (tableau 2) sur les deux tronçons et pour tous les délais :

Table 1. Comparaison des résultats avec le coefficient de Nash

	2 heures		4 heures		6 heures		8 heures	
	Moyenne (%)	Ecart type						
<b>Ghardimaou-Jendouba</b>								
Sans affluents	96	0,022	87	0,064	77	0,093	67	0,153
Avec affluents	97	0,019	90	0,060	81	0,116	69	0,190
<b>Jendouba-Bou Salem</b>								
Sans affluents	95	0,020	91	0,055	85	0,120	75	0,184
Avec affluents	98	0,017	93	0,052	85	0,077	76	0,128

Table 2. Comparaison des résultats pour l'erreur relative de pointe

	2 heures		4 heures		6 heures		8 heures	
	Moyenne	Ecart type						
<b>Ghardimaou-Jendouba</b>								
Sans affluents	0,048	0,030	0,091	0,046	0,144	0,070	0,184	0,097
Avec affluents	0,035	0,025	0,058	0,043	0,074	0,068	0,093	0,094

Jendouba-Bou Salem								
Sans affluents	0,026	0,022	0,053	0,032	0,088	0,054	0,116	0,069
Avec affluents	0,026	0,020	0,049	0,035	0,063	0,058	0,087	0,073

Les graphiques dressés des critères d'évaluation ainsi que les tableaux ci-dessus permettent d'établir les conclusions suivantes :

- Les trois critères varient proportionnellement aux délais de prévision,
- Concernant le coefficient de Nash, il est important pour les deux scénarios et pour tous les tronçons,
- En diminuant le délai de prévision, les résultats sont plus importants,
- La considération des débits des affluents améliore les résultats de prévision.

On présente comme exemple de prévision de l'hydrogramme de Jendouba à partir de Ghardimaou de la crue de Novembre 2010 en considérant l'affluent de Rarai. Cette crue est classée le 14<sup>ème</sup> selon le coefficient de Nash et 12<sup>ème</sup> selon l'erreur relative de pointe.

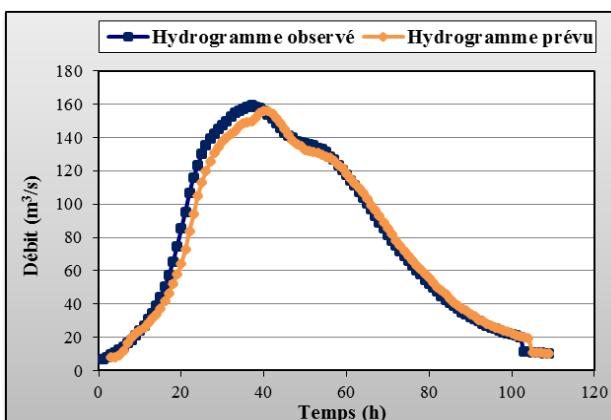


Figure 6. Prévision des débits de Jendouba à partir des débits de Ghardimaou avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits de Rarai

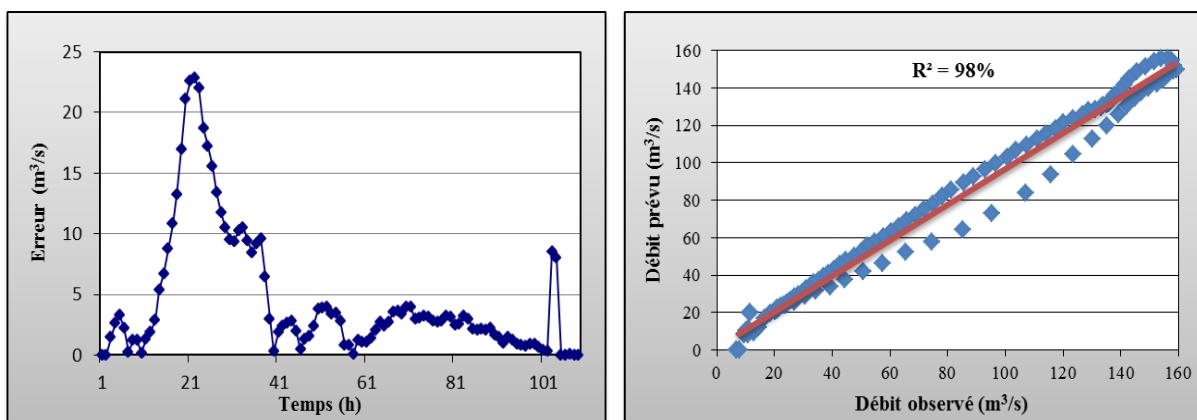


Figure 7. L'erreur et la corrélation entre les débits observés et prévus de Jendouba à partir des débits de Ghardimaou avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits de Rarai

On note de ces graphes que le modèle de Muskingum a reproduit la forme de l'hydrogramme ; la phase de monté est sous-estimé. La forme et la valeur de pic sont reproduites avec une erreur de pointe de 2%. Le pic est arrivé en retard de phase de 3 heures. Les nuages des points sont proches de la 1<sup>ère</sup> bissectrice avec des erreurs sur les débits variant entre 0 et 24 m<sup>3</sup>/s. Avec un coefficient de Nash de 98%, on conclut que le modèle de Muskingum a permis une prévision fiable de cette crue.

On présente aussi les résultats de prévision de l'hydrogramme de Bou Salem à partir de Jendouba de la crue de Janvier 2003 en considérant les affluents de Mellègue, Tessa et Bouheurtma. Cette crue est classée le 22<sup>ème</sup> selon le coefficient de Nash et l'erreur relative de pointe.

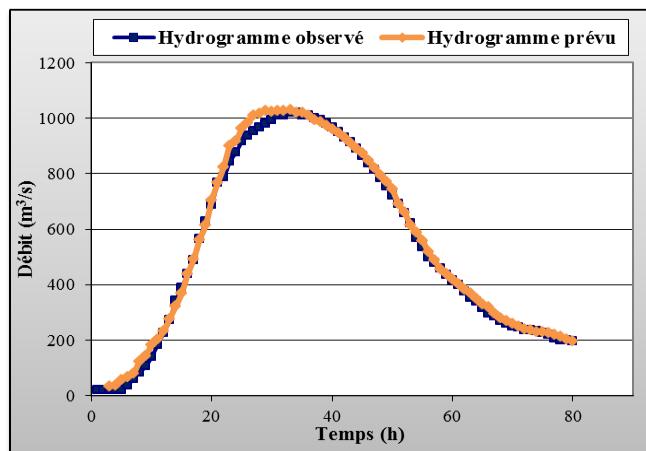


Figure 8. Prévision des débits de Bou Salem à partir des débits de Jendouba avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits des affluents Mellègue, Tessa et Bouheurtma

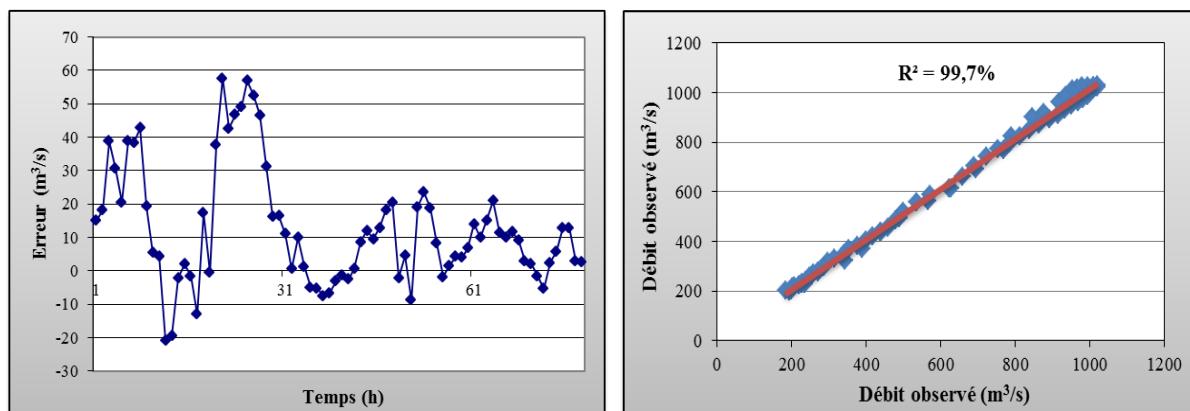


Figure 9. L'erreur et la corrélation entre les débits observés et prévus de Bou Salem à partir des débits de Jendouba avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits des Mellègue, Tessa et Bouheurtma

Ces graphiques montrent que le modèle de Muskingum a reproduit la forme de l'hydrogramme et de pic. La valeur et le temps d'arrivé de pic sont aussi reproduits avec une erreur de pointe de 1%. Les nuages des points sont sur la bissectrice avec une corrélation de 99.7%. Les erreurs entre les débits observés et prévus sont faibles et varient entre -20 et 60 m<sup>3</sup>/s. Le modèle de Muskingum a donné une prévision fiable de cette crue.

## Conclusion

**ABIDI Sahar, HAJJI Olfa, HABAIEB Hamadi**

L'objectif de cette étude consistait à prévoir les débits des stations principales d'oued Medjerda à l'amont du barrage Sidi Salem. L'étude est établit sur deux tronçon Ghardimaou-Jendouba et Jendouba-Bou Salem. Pour ce faire, nous avons utilisé le modèle de propagation des crues de Muskingum. 25 crues ont été prévues aux délais de calcul de 2 à 8 heures avec un pas de 2. Nous avons testé deux scénario : à l'absence des affluents et en les considérant.

Les résultats étaient satisfaisants. En effet le modèle de Muskingum a reproduit la forme de l'hydrogramme, la forme et la valeur de pic. Les valeurs de l'erreur relative et de Nash étaient meilleures en considérant les débits des affluents.

Nous avons montré dans cette étude, qu'en plus de la reconstitution, le modèle de Muskingum donne des bons résultats.

En fin cette étude a montré que la prévision des crues avec le modèle de Muskingum était fiable. Des travaux futurs visent à tester la prévision des crues avec le modèle de Régession qui a donné des bons résultats dans la reconstitution des hydrogrammes dans la même zone de l'article.

## Référence

- Abidi S, 2011. Essai de reconstitution et de prévision des crues aux stations principales de la Medjerda à l'amont du barrage de Sidi Salem (Tronçon Ghardimaou – Jendouba – Bou Salem), Mastère de recherche, Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Equipement Rural de Medjez El Bab.
- Abidi S., Hajji O., Hermassi T. et Habaieb H., 2014. Influence of considering tributaries to reconstruct flood hydrograph of an extreme event on the upstream portion of Medjerda River, International Research Journal of Public and Environmental Health Vol.1 (3),pp. 54-62.
- Cunge J. A., 1969. On the subject of a flood propagation computation method (Muskingum Method), J. Hydraulic Res.
- Estupina V, 2004. Vers une modélisation hydrologique adaptée à la prévision opérationnelle des crues éclair Application à de petits bassins versants du sud de la France, Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique De Toulouse.
- Habaieb H., 1992. Comparaison Numérique des modèles de prévision des crues, application à des bassins versants Belge, Français et tunisien. Thèse de Doctorat à l'INP de Toulouse – France.
- Habaieb, H. Abidi, S., Hermassi, T. 2013 Essai de reconstitution et de prévision des crues aux stations principales de la Medjerda (Tunisie). Communication orale au 5ème colloque international sur les ressources en eau et le développement durable. (CIREDD). 24 et 25 février 2013; Alger- Algérie. Proceeding pp. 142,146.Alger- Algérie. Proceedings pp. 142-146.
- McCarthy, G. T., 1939. The unit hydrograph and flood routing. U.S. Corps Eng., Providence, R.I.

## CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'ENVASEMENT DES LACS COLLINAIRES DE LA TUNISIE CENTRALE

Olfa Hajji<sup>1</sup>, Sahar Abidi<sup>1</sup>, Hamadi Habaieb<sup>2</sup>, Mohamed Raouf Mahjoub<sup>3</sup>

1- Institut National Agronomique de Tunisie (INAT),

2- Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF).

3- Ecole Supérieur des Ingénieurs des Equipements Rural (ESIER) de Medjez El Bab Tunisie.

### Résumé

En Tunisie, pendant les deux dernières décennies, les lacs collinaires occupent une grande place dans les stratégies nationales de Conservation des Eaux et des Sols (CES). Outre leur rôle de protection du milieu, les lacs collinaires apparaissent comme des réserves locales d'eau disponible pour l'agriculture. Néanmoins ces infrastructures hydrauliques sont assez sensibles à la sédimentation à cause des apports solides. L'érosion hydrique touche près de 3 millions d'hectares des sols agricoles en Tunisie, et constitue une menace pour la durabilité des retenues collinaires destinées à mobiliser les eaux de surface ; où l'activité économique dominante demeure l'agriculture. Par conséquent, des méthodes de contrôle s'avèrent nécessaires, afin d'assurer une gestion durable des sols et de sécuriser les productions agricoles. L'objectif de cette étude est de fournir des éléments pour cartographier et régionaliser la vulnérabilité multifactorielle à l'envasement de 26 lacs collinaires situés en Tunisie Centrale, le long de la Dorsale Tunisienne jusqu'au Cap Bon. L'approche passe par une analyse des principaux facteurs de l'érosion : l'érosivité des pluies, l'érodabilité des sols, la pente et l'occupation des sols. Les cartes obtenues sont intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG) à l'aide d'une combinaison additive pour établir une carte de vulnérabilité à l'envasement. Cette carte est validée par des observations de terrain. Trois classes de vulnérabilité multifactorielle à l'envasement ont été distinguées : les zones à faible vulnérabilité (49,6 %) ; les zones à vulnérabilité moyenne (27,6 %) et les zones fortement vulnérables (22,8 %). Cette première ébauche cartographique est un outil devant aider les décideurs pour l'attribution des zones de cultures et des sites pouvant abriter des infrastructures socio-économiques d'une part et servira à une planification des stratégies pour le développement et la gestion des ressources en eau et la conservation des eaux et du sol à l'échelle des petits bassins versants d'autre part.

Mots clés : SIG, typologie, envasement, vulnérabilité multifactorielle, lacs collinaires, Tunisie Centrale.

### ABSTRACT

In Tunisia, during the last two decades, hill lakes occupy an important place in national strategies and Water Conservation Soil (CES). In addition to their role in protecting the environment, hill lakes appear as local water available for agriculture. However, these water infrastructures are quite sensitive to sedimentation due to strong contributions. Water erosion affects nearly 3 million hectares of agricultural land in Tunisia, and is a threat to the sustainability of small dams to mobilize surface waters; where the dominant economic activity remains agriculture. Therefore, control methods are necessary to ensure sustainable land management and secure agricultural production. The objective of this study is to provide evidence for mapping and vulnerability to regionalize multifactor siltation of 26 small lakes located in Central Tunisia, along the Tunisian Dorsal to Cap Bon. The approach involves an analysis of the main factors of erosion: the rainfall erosivity, soil erodibility, slope and land use. The resulting maps are integrated into a Geographic Information System (GIS) using an

additive combination to map vulnerability to siltation. This card is validated by field observations. Three classes of multi siltation vulnerability were distinguished: areas with low vulnerability (49.6%); areas with medium vulnerability (27.6%) and highly vulnerable areas (22.8%). This first draft map is a tool to help decision makers for the allocation of crop areas and sites that may contain socio-economic infrastructure on the one hand and used to planning strategies for the development and management of water resources and conservation of water and soil at the scale of small watersheds other.

Keywords: GIS, typology, siltation, multifactorial vulnerability hill lakes, Central Tunisia.

## INTRODUCTION

Linstar des pays de l'Afrique du Nord, la Tunisie est parmi les pays les plus touchés par la gravité du phénomène de l'envasement, notamment sa partie Centrale. En réalité, la Tunisie Centrale, jouant un rôle important dans l'hydrologie du pays, est caractérisée par l'ampleur de l'érosion hydrique qui engendre un taux de comblement assez élevé (de l'ordre de 1.27%). Les premières études d'envasement des petites retenues furent apparues en 1993 avec un réseau d'observations hydrologiques et de surveillance des lacs collinaires en partenariat entre la Direction Générale de l'Arrondissement de Conservation des Eaux et des Sols et l'Institut de Recherche pour le Développement, pour assurer un meilleur suivi et contrôle des lacs collinaires. Bien que ces petits bassins artificiels constituent de bons pièges à sédiments, leurs capacités de stockage se trouvent elles aussi condamnées inexorablement au comblement rapide, évalué à 5 tonnes/ha/an, entraînant une réduction consécutive de leur durée de vie à moyen ou à long terme (Ayadi, 2011).

Etant donné que le processus d'alluvionnement est "à discontinuité temporelle et spatiale", la caractérisation et la prédition numérique ou cartographique du phénomène de l'envasement se sont imposées en tant qu'outils d'aide à la décision pour une gestion rationnelle et durable des ressources en eau et en sols. Dans ce contexte, le recours aux traitements statistiques multi-variés se révèle comme étant un moyen efficace, d'une part, pour la définition des interactions déterminantes entre les différents facteurs hydro-morphologiques et anthropiques et le processus de sédimentation, et d'autre part, pour le développement d'une typologie de la variabilité spatiale de l'envasement (Hajji et al., 2014).

La carte est un outil indispensable dans une démarche de lutte contre l'érosion. Elle permet de disposer d'une vue d'ensemble des zones menacées et de localiser les secteurs nécessitant une intervention prioritaire dans une perspective de gestion durable des sols.

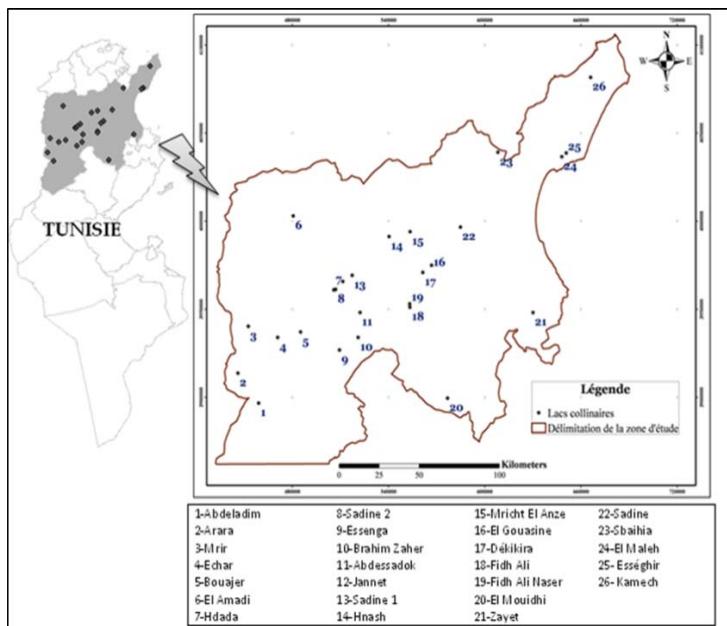
C'est dans cette prospective que cette étude vise à régionaliser et cartographier la vulnérabilité multifactorielle à l'envasement de 26 lacs collinaires situés dans la zone semi-aride de la Tunisie Centrale, en utilisant l'analyse en composantes principales et une caractérisation basée sur l'arbre hiérarchique.

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Présentation de la banque de données

La zone d'étude se présente comme une succession d'alignements montagneux remarquables. Elle est consistée de 26 lacs collinaires répartis sur l'ensemble de la zone semi-aride tunisienne qui est comprise entre les isohyètes 250 et 600 mm, ayant un caractère orageux et intense en automne et au printemps, marquées par une grande irrégularité inter annuelle (Zahar, 1997). Ces pluies sont liées à des humidités relativement faibles en été, assez élevées en hiver. Les températures sont fortement continentales à grande amplitude diurne et annuelle (18° à 20° C). Ces conditions climatiques, sévères pour la région, occasionnent un déficit hydrique important et quasi-permanent, ce qui favorise l'appauvrissement du couvert végétal, et la dégradation des sols. Elle est située, à l'Ouest, entre la frontière algérienne (région de

Kasserine vers le Sud-Ouest et la région de Thala vers le Nord-Ouest) et à l'Est tunisien, entre la presqu'île du Cap Bon au Nord-Ouest, la zone Kairouanaise et la partie amont des basses Steppes au Sud-Est (fig.1).



**Figure 1 : Localisation de la zone d'étude**

Ces retenues ont des impluviums très diversifiés allant d'un milieu semi-forestier plus ou moins anthropisé à un milieu totalement consacré à l'activité agricole. La superficie de leurs bassins versants varie de quelques hectares à quelques dizaines de km<sup>2</sup> (Boufaroua et al., 2006). Chaque lac collinaire est équipé d'une échelle limnimétrique, d'un pluviomètre journalier, d'un bac à évaporation et de deux centrales d'acquisition automatique de données. La première est reliée à un capteur pluviométrique à augets basculeurs (0.5 mm de pluie) et la seconde à une sonde immergée mesurant le niveau de l'eau au cm près et sa température. L'évacuateur de crue est aménagé pour disposer d'un seuil déversant permettant l'estimation des débits. L'évaluation des volumes des sédiments est réalisée à partir des mesures bathymétriques.

La majorité des informations utilisées ont été collectées à partir des publications (annuaires hydrologiques) de la Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles (Ministère de l'Agriculture, DG/ACTA) en coopération avec l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD-Tunisie). Ces publications ont été élaborées durant la période comprise entre 1994 et 2006 dans le cadre du projet de recherche HYDROMED sur les lacs collinaires dans le pourtour méditerranéen (Albergel et al., 2004).

## 2. Méthodologie et approche d'analyse

Les principales caractéristiques biophysiques des bassins versants étudiés, le long de la Dorsale et au Cap Bon, ont une importance majeure puisqu'elles interviennent, et souvent d'une façon combinée, dans les processus du ruissellement et du transport solide et par voie de conséquence dans le contrôle de la variabilité de l'envasement des retenues des lacs collinaires.

L'ensemble de ces variables (tableau ci-après) correspond aux mesures obtenues pour les douze années hydrologiques de suivi (1994-2006) de l'ensemble des 26 lacs collinaires considérés. On distingue les caractéristiques relevant de la topographie, la géologie et la lithologie du sol, les activités anthropiques, les paramètres hydro-climatiques, ainsi qu'un

paramètre caractérisant l'efficience géotechnique des lacs. Chaque catégorie possède une ou plusieurs entrées. L'analyse intégrée de cette base de données pourrait aider à la compréhension des facteurs dominants qui gouvernent la vulnérabilité des réservoirs face aux risques de l'érosion et de la sédimentation.

Afin d'identifier les principaux facteurs qui conditionnent la variabilité de processus érosif ainsi que l'envasement des retenues collinaires, une analyse multi-variée des variables synthétisés dans le tableau 1 est entretenue moyennant une analyse en composantes principales (ACP) et une caractérisation basée sur l'arbre hiérarchique (CH). L'étude a été appréhendée par le biais du logiciel statistique XLSTAT (2013) pour 216 observations issues de 26 individus (lacs collinaires) et 15 variables.

**Tableau 1 : Statistique des paramètres hydromorphométriques des bassins versants**

Variables	Minimum	Maximum	Moyenne	Cv	Cs	Ck
Surface : S (ha)	85	1810	476.15	0.70	2.74	10.20
Altitude moyenne : H <sub>max</sub> (m)	108	1352	770.31	0.53	-0.11	-1.45
Pluie interannuelle : P <sub>inter</sub> (mm)	267.4	673.7	430.41	0.27	0.41	-0.59
Débit max : Q <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /s)	3	130	45.47	0.81	1.10	0.33
Lame ruisselée : L <sub>r</sub> (mm)	4.47	152.83	44.52	0.91	1.65	2.10
Coefficient d'écoulement : C <sub>e</sub> (%)	1.67	29.47	9.72	0.74	1.21	0.94
Rapport de la capacité initiale par l'apport liquide interannuelle : C/A	0.25	16.63	2.37	1.34	3.92	17.58
intensité de pluie maximale enregistrée en 30 minutes : I <sub>30</sub> (mm/h)	29	252	90.13	0.71	1.70	1.93
Indice de compacité : I <sub>c</sub>	1.1	4	1.43	0.38	4.40	20.91
Indice de pente globale : I <sub>g</sub> (m/Km)	9	127.8	62.12	0.48	0.31	-0.65
Pourcentage de S % cultivée : S <sub>cultiv</sub>	8	95	53.88	0.46	-0.12	-0.80
Pourcentage d'occupation des sols en arbres et forêts : % (arb-For)	0	89.3	18.81	1.28	1.33	1.22
pourcentage de S occupée par des marnes ou argiles : % (ma-Ar)	30	100	74.42	0.22	-0.61	0.48
S aménagée en des travaux de conservation des eaux et des sols % CES	1	80	21.69	1.01	0.99	0.25
Taux d'envasement : Te(t/ha/an)	1.8	32.97	15.04	0.61	0.20	-0.98

\* C<sub>v</sub> : coefficient de variation, C<sub>s</sub> : coefficient d'asymétrie, C<sub>k</sub> : coefficient d'aplatissement.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce travail, on va se baser sur les analyses statistiques de type multi-variées pour gérer l'information fournis par les paramètres utilisées. Donc, après avoir interpréter visuellement les corrélations entre les différents variables, à l'aide du tableau de corrélation, on va utiliser deux méthodes d'analyse. L'Analyse en composantes principales (ACP) une méthode d'analyse descriptive permettant de synthétiser l'information la plus pertinente des données utilisées et la Classification Hiérarchique (CH), permettra, quant à elle, de quantifier l'effet de ces facteurs en hiérarchisant les différents bassins versants. En croisant les différents résultats,

nous allons essayer de dégager une carte de vulnérabilité multifactorielle à l'envasement des lacs collinaires et d'expliquer les raisons de tels assemblages.

### 1. Analyse et interprétation de la matrice de corrélation

Ce type d'analyse permet d'identifier simultanément les relations qui existent entre les variables, par une visualisation globale de ces corrélations en même temps. Ceci représente une bonne approche permettant d'affiner l'analyse du problème de l'érosion.

Les paramètres, géo-morphologiques, anthropiques et hydro-climatiques des bassins versants intervenant dans la variabilité de l'écoulement et l'érosion, sont susceptibles d'expliquer l'envasement des retenues des différents individus étudiés. Toutefois, le nombre élevé de ces variables peut rendre l'étude pénible. Dans ce contexte, la matrice de corrélation, étant une étape primordiale dans la prise de connaissance des données, mettra en évidence les couples de variables explicatives les plus structurées et pourra soutenir, par la suite, le choix des différents paramètres pertinents qui vont être utilisés lors de la construction ultérieure des composantes principales.

Cette matrice de corrélation peut maintenir le choix des différents paramètres que nous allons utiliser pour sentir les relations entre les différentes variables explicatives.

Le choix définitif des paramètres s'est reposé sur les relations existantes entre les variables explicatives et le variable expliqué (Te) montrant une bonne corrélation ( $C_{\text{S}} > 0,2$ ). En plus, de chaque catégorie de paramètres, on choisit au plus deux paramètres qui présentent les plus forts seuils de signification avec le variable expliqué.

Un total de 15 variables (14 régresseurs (variables explicatives) et un variable régressant (variable expliqué : Te) a été sélectionné pour construire la matrice de la corrélation de base pour la présente étude (tableau 2).

D'après le test statistique de Pearson pour une erreur de première espèce égale à 5%, le seuil significatif est égal à 0,2 (Dagnellie., 1992). Cela cède alors à la matrice de corrélation une distribution considérablement modérée ayant 169 liens considérables sur un total de 225; ce qui correspond à 75% de la taille de la matrice totale.

Le tableau 2 résume les valeurs de corrélation existantes entre ces couples de variables. Il est à remarquer que les facteurs explicatifs influençant l'envasement ne sont pas tous positifs par leurs effets.

**Tableau 2 : Matrice de corrélation de toutes les variables explicatives retenues**

Varia bles	Aire	Hm ax	Pint er	Qm ax	Lr	Ce	C/A	I30	Ic	Ig	% S cult	% arb- For	% m a- Ar	% CE S	T e
Aire	<b>1</b>														
Hmax	0,23 6	<b>1</b>													
Pinter	- 0,22 9	- 0,16 4		<b>1</b>											
Qmax	0,25 6	0,59 6	0,02 1	<b>1</b>											
Lr	- 0,18 0	- 0,00 1	0,59 3	0,26 4		<b>1</b>									
Ce	- 0,14 8	0,12 3	0,33 8	0,35 2	<b>0,93 8</b>	<b>1</b>									
C/A	0,16	-	-	-	-	-	<b>1</b>								

CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'ENVAISEMENT DES LACS COLLINAIRES DE LA TUNISIE CENTRALE

Olfa Hajji<sup>1</sup>, Sahar Abidi<sup>1</sup>, Hamadi Habaieb<sup>2</sup>, Mohamed Raouf Mahjoub<sup>3</sup>

	4	0,40 0	0,29 6	0,28 4	0,36 6	0,42 2									
I30	- 0,11 6	0,18 6	0,17 2	0,41 0	0,48 3	0,56 7	- 0,32 6	<b>1</b>							
Ic	0,08 0	- 0,04 5	- 0,07 2	0,02 9	0,20 6	0,32 2	- 0,05 7	0,13 5	<b>1</b>						
Ig	- 0,37 3	0,45 5	0,17 9	0,17 4	0,14 6	0,17 9	- 0,44 3	0,26 7	- 0,20 8	<b>1</b>					
% S cultiv	0,05 5	- 0,06 9	0,12 7	0,28 5	0,01 8	- 0,10 3	0,33 2	0,03 3	- 0,36 9	- 0,10 9	<b>1</b>				
% arb- For	0,10 3	- 0,15 7	0,01 9	- 0,01 8	0,40 4	0,46 0	- 0,24 5	0,36 3	0,06 7	- 0,11 5	- 0,16 9	<b>1</b>			
%ma- Ar	- 0,13 6	0,00 1	- 0,12 6	0,18 6	0,09 7	0,15 3	- 0,07 2	0,32 9	- 0,14 5	- 0,01 2	0,10 6	0,24 6	<b>1</b>		
% CES	0,51 3	0,00 5	- 0,28 2	- 0,30 7	- 0,24 9	- 0,14 7	- 0,05 3	- 0,24 5	- 0,23 1	- 0,18 1	- 0,50 1	- 0,14 5	- 0,12 7	<b>1</b>	
Te	- <b>0,37 4</b>	0,05 1	0,02 4	0,25 0	0,53 2	<b>0,66 0</b>	- 0,35 6	0,52 5	0,25 2	0,40 8	- 0,05 1	0,21 0	0,28 8	- <b>0,27 4</b>	<b>1</b>

Le taux d'envasement et la profondeur de la lame ruisselée sont inversement corrélés à la surface et le taux d'aménagement CES du bassin versant avec des coefficients respectifs de (-0,374) et (-0,274). C'est le cas typique du bassin versant El Gouazine (n°16) caractérisé par la plus grande surface.

On note que le bassin versant d'El Gouazine ayant une superficie 5 fois supérieure à la moyenne, il s'est avéré plus raisonnable de le mettre en individus passifs (supplémentaire) dans notre ACP.

En effet, plus le relief correspond à une topographie prononcée, moins est marqué le chevelu hydrographique, et donc plus le potentiel érosif ainsi que la quantité du transport solide diffusée sont importants, ce qui justifie, par la suite, la source majeure du processus de l'envasement (Poesen et al., 2003). Le taux d'envasement est inversement corrélé aux variables anthropiques (travaux de conservation des eaux et des sols CES) et à la couverture végétale (% S cult). C'est-à-dire quand le bassin versant est aménagé par des travaux de conservation des eaux et des sols (banquettes, seuils hydrauliques,...) ou assez occupé par une couverture végétale relativement dense, la rétention des eaux de ruissèlement ainsi que la charge solide transportée sera importante. Les travaux CES ainsi que l'occupation du sol jouent aussi un rôle important à la réduction de vitesse de ruissellement ce qui rend moindre l'effet de l'érosion.

Plus la pente du terrain est forte plus l'effet de l'érosion devient important et par conséquent un taux d'envasement important à l'aval du bassin (dans le lac collinaire). Ceci explique les coefficients de corrélation positifs (0,408) entre l'indice de pente global (Ig) et le taux d'envasement (Te).

Les paramètres hydrologiques (Ce, Lr et I30) s'aperçoivent bien corrélées positivement au potentiel érosif avec des coefficients respectifs de (0,660), (0,532) et (0,525) d'où à la dégradation. Ceci montre que ces paramètres imposent ensemble une influence plus importante sur l'évolution hydrologique, qui peut être soit régulateur ou accélérateur de l'érosion.

On remarque de plus l'absence de corrélation entre les pluies interannuelles d'une part, et l'altitude maximale, d'autre part, avec l'envasement spécifique. Ceci reflète, en fait, une caractéristique principale de la zone semi-aride qui pourrait être due à la variabilité spatiale du total des pluies et de leurs intensités agressives correspondantes sur toutes les échelles. Dès lors, ces deux paramètres ne peuvent pas, à eux seuls, expliquer l'importance de l'érosion. Quant aux facteurs géomorphologiques, ils découlent de la lithologie qui résume les autres caractères des bassins, étant donné que la nature lithologique des substrats est un des facteurs les plus importants dans le processus de l'érosion hydrique et de l'envasement.

Il est judicieux de souligner le fait que l'intensité maximale des événements pluvieux enregistrée en 30 minutes, caractéristique principale des zones semi-arides (Zahar, 1997), affecte la génération du ruissellement ainsi que les processus érosifs. Ceci est considéré aussi comme un contribuant à la perte du sol à long terme, amplifié par l'hétérogénéité considérable de la nature des sols fragiles et le couvert végétal qui est peu développé ou parfois non existant.

\* Sans être vraiment significatives par leurs coefficients de corrélation, les relations entre les variables d'occupation des sols et variables à expliquer montrent que les bassins forestiers ont une tendance à une érosion modérée, tandis que les bassins agricoles sont plus susceptibles à l'érosion. Les surfaces concernées par les travaux de CES n'étant pas à jour dans la banque de données à notre disposition nous n'avons pas pu affiner ce résultat.

Le tableau 2 fait ressortir que le rapport de la capacité initiale à l'apport liquide interannuel (C/A) est très dépendant des caractéristiques du ruissellement et de l'envasement. Cette constatation peut traduire l'influence de ces paramètres sur le taux de remplissage et la rentabilité des ouvrages hydrauliques. En effet, plus la retenue du lac est petite comparée à la taille de son bassin versant, plus la longévité de l'ouvrage est menacée par le risque alluvionnaire.

A la lumière de cette étude descriptive visuelle, il est assez difficile de séparer les effets des facteurs gouvernant la variabilité de l'envasement dans la zone d'étude. De plus, il se dégage que la variabilité de l'ablation des petits bassins versants de la Dorsale Tunisienne et du Cap Bon est un phénomène aussi complexe qui ne peut être décrit que moyennant la combinaison de plusieurs critères biophysiques, hydro-climatiques et anthropiques. Néanmoins, cette caractérisation reste encore grossière. Pour mieux raffiner l'étude cartographique ainsi que des facteurs conditionnels de la variation de l'envasement, le recours à une statistique paramétrique complémentaire s'avère alors une nécessité.

## 2. Caractérisation de l'envasement basé sur l'ACP

On applique l'analyse en composantes principales (ACP), à ce stade, sur les variables adoptées dans le tableau 2 pour reconnaître les principaux facteurs qui conditionnent la variabilité de processus érosif ainsi que l'envasement des retenues collinaires. L'analyse a été appliquée par le biais du logiciel statistique XLSTAT (2013) pour 216 observations issues de 26 individus (lacs collinaires) et 15 variables.

Le tableau 3 donne le pourcentage de variance expliquée ainsi que celui de la variance cumulée par chaque axe factoriel responsable de la distribution du taux d'envasement des retenus des lacs collinaires. On a obtenu 15 axes en global représentant la distribution des variables et des individus par rapport à eux. Les cinq premiers axes représentent ensemble un poids de 75% de la variance totale. Les contributions de la première, deuxième et troisième

composante (CP) à la variance totale sont 28%, 14% et 13%, respectivement. Cependant, celle de la quatrième et la cinquième composante est relativement basse. Par conséquent, seuls les trois premiers sont considérés pour expliquer les aspects ainsi que les caractéristiques de la variabilité géographique du phénomène de l'alluvionnement.

**Tableau 3 : Les valeurs propres des axes de l'analyse en composantes principales**

Composante	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valeur propre	4,142	2,165	1,959	1,642	1,344
Variabilité (%)	27,614	14,433	13,061	10,945	8,963
% cumulé	27,614	42,047	55,108	66,054	75,017

## 2.1. Représentation des variables sur les axes de l'A.C.P

### 2.1.1. Représentation des variables sur le plan ( $F1^*F2$ )

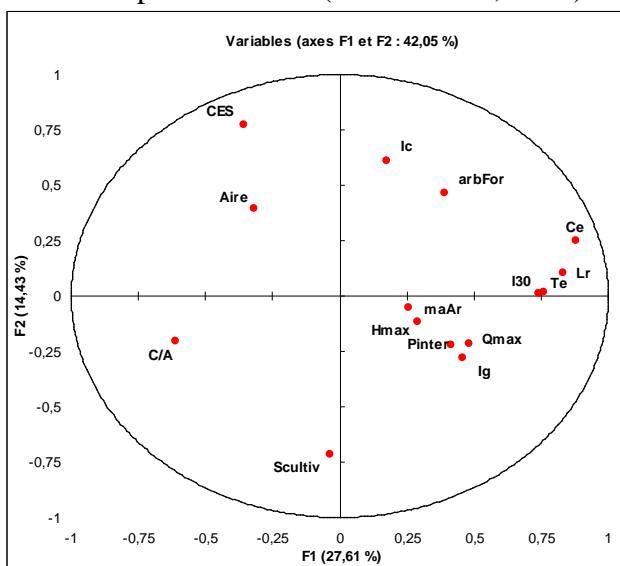
La figure 2, illustre la distribution des variables sur le premier plan factoriel formé par les axes F1 et F2. Cette figure montre que le premier axe F1, qui présente 28% de la variance totale, met en évidence une opposition entre les variables relatives à la superficie des bassins versants (S) et les travaux de conservation des eaux et des sols (CES) d'une part, et les paramètres de l'envasement (Te) et les paramètres hydrologiques (Ce, Lr et I30) ainsi que la couverture végétale (ar-for), d'autre part. En effet, le taux d'envasement est plus faible au niveau d'un bassin versant avec une surface importante et concernée par les travaux de CES. En fait, plus la pente est élevée, moins l'espace est occupé et ménagé. En outre, la présence d'arbres ou de forêt et des interventions CES, tend à réduire le potentiel érosif de l'écoulement et par conséquent la quantité de sédiments délivrés.

Cette représentation, montre aussi que les paramètres hydrologiques (I30, et Lr), le relief (Ig, Hmax) et la structure du sol (% ma-ar) sont bien corrélés au taux d'envasement (Te). Ceci implique que les précipitations intensives aggravent le processus d'alluvionnement dans un bassin à relief accentué et des sols très marneux. Par conséquent, le taux d'envasement au niveau des retenues collinaires est très important. Le comportement du paramètre caractérisant l'occupation du sol (% arb-for) vis-à-vis le taux d'envasement (Te) confirme que l'érosion est très importante sur un sol moins occupé et moins.

Cet axe se matérialise par l'effet de la lithologie du sol (ma-ar) qui évolue inversement à la dégradation spécifique. Cet axe caractérise ainsi l'impact de l'érodabilité des sols. Ce résultat suggère que la lithologie, définie par une proportion importante en marne et argile, a un effet remarquable sur la variabilité de l'envasement dans la zone d'étude et délivre les taux d'ablation les plus élevés. Ce constat s'accorde avec de nombreuses études antérieures élaborées dans les régions méditerranéennes semi-arides (Lahlou, 1990; Phippen et al., 2003; Verstraeten et al., 2003; Romero-Díaz et al., 2007). En effet, les bassins versants formés de roches meubles et peu résistantes sont généralement des sols peu profonds et mal développés. Par conséquent, le relief géologique récent couplé au taux d'érosion, réduit la maturité de ces sols. Par la suite, il s'avère que c'est la dégradation des sols qui dépeint la Dorsale où elle entraîne de sérieux problèmes d'érosion hydrique (Jebbari, 2008). En fait, ces sols dégradés ont souvent un couvert végétal peu épais et irrégulier. Les mécanismes érosifs et les dépôts sédimentaires y sont spectaculaires, surtout lors des crues exceptionnelles.

L'axe F1 individualise l'intensité de pluie maximale enregistrée en 30 minutes (I30) et la profondeur de la lame écoulée (Lr) ainsi que le coefficient d'écoulement (Ce) qui sont étroitement liés entre eux et qui s'opposent au rapport de la capacité initiale du barrage à l'apport d'eau interannuel (C/A). Cet axe caractérise alors l'impact de l'agressivité des pluies et sa conséquence sur l'effet et le taux d'envasement des lacs collinaires. En fait, en Tunisie Centrale semi-aride, et bien que les intensités de pluie exceptionnelles de 15 minutes de durées paraissent être, récemment, plus homogènes (Jebbari, 2008), les intensités de 30

minutes ont été souvent prétendues être la cause essentielle de l'érosion (Zahar, 2008 ; Berguaoui et al., 1998). Ces intensités torrentielles, se produisent essentiellement en automne et au printemps, se localisent sur les hauteurs et vers la région centrale, là où la pluviosité se trouve encore relativement forte et se double sous l'effet de la continentalité (Ayadi, 2011). Le ruissellement généré par les averses sporadiques, communément connues par les "crues éclairis", caractéristiques des régions semi-arides (Kawamura et al., 2008), assure le transfert et la décantation des matières fines en suspension au fur et à mesure que l'on se dirige vers l'aval d'un versant, engendrant dès lors l'amputation des infrastructures hydrauliques et la minimisation de leurs longévités. Dans ce contexte, de nombreuses retenues ont été totalement colmatées dans moins de 10 ans après leur construction. C'est particulièrement le cas du lac Saadine (n°22), au cœur de la Dorsale, qui s'est totalement envasé suite à deux averses enregistrées en août et septembre 1995 (Camus et al., 1995).



**Figure 2 : Représentation des variables sur les axes 1 et 2 de l'ACP.**

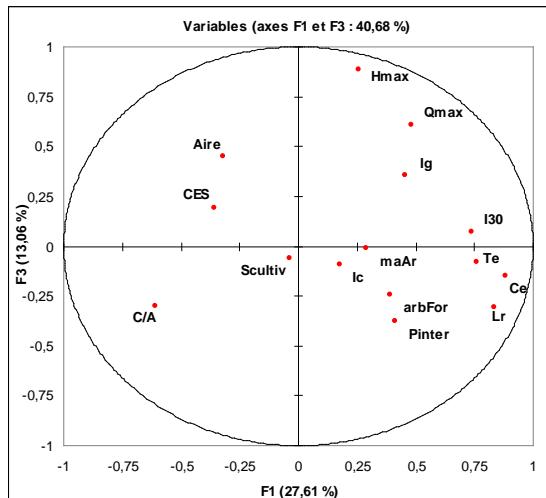
L'axe F2 individualise également l'indice de compacité de Gravilus (Ic) qui est bien prononcé, présentant alors l'effet de la forme des bassins. En effet, outre la topographie et la couverture végétale, la forme du bassin versant se révèle parmi les principaux facteurs qui contrôlent l'érosion spécifique annuelle (Suresh, 2002; Verstraeten et al, 2003; Haregeweyn et al, 2008). En fait, plus les bassins sont allongés, plus leurs temps de concentration sont compensés par des pentes plus escarpées, moins l'effet réducteur de la sédimentation est observé.

De plus, l'axe F2 individualise l'effet de la couverture végétale et forestière ainsi que la présence des interventions CES (Tab. 3). Alors, plus est aménagé et bien occupé, le bassin versant, plus l'effet érosif est faible. D'après Roose (1991) l'absence d'un couvert végétal permanent, au lieu de stagner et de s'infiltrer, les eaux se sont mises à ruisseler et à entraîner avec elles la terre et ses fertilisants naturels, en particulier le limon, l'argile et les matières organiques qui sont également des liants des sols fragiles.

### 2.1.2. Représentation des variables sur le plan (F1\*F3)

L'axe F3 est principalement associé aux caractéristiques hydromorphologiques du bassin versant (Ig et Hmax) ainsi que l'intensité maximale de pluie en 30 minutes (I30) et le débit de pointe (Qmax). Cet axe caractérise l'impact de l'agressivité des pluies engendrant des crues exceptionnelles (Tab. 4). L'axe oppose les altitudes maxima (Hmax) au taux d'envasement (Te) tandis que la pluie interannuelle (Pinter), la lame ruisselée (Lr) et le coefficient d'écoulement (Ce) évoluent selon le gradient du taux d'envasement. Les fortes

intensités de courtes durées sont le propre du début d'orages violents et courts, des régions les plus arides (région de Thala) et les plus hautes où l'érosion reste faible par rapport à des régions plus arrosées. En effet les bassins d'altitudes sont aussi ceux qui ont le moins de sol et où les affleurements rocheux délivrent le moins de matériaux. A l'inverse les pluies de fortes intensités et de longues durées engendrent de fortes crues lesquelles produisent beaucoup de particules à l'exutoire d'un bassin versant. De plus cette aptitude à l'érosion peut être accentuée, lorsque le bassin présente un fort relief. L'axe F3 oppose les variables d'occupation du sol (Arb-For) au débit de pointe, ces deux paramètres exercent deux rôles antagonistes sur l'érosion. Tandis que la présence d'arbres ou de forêt à tendance à freiner l'érosion (fig. 3).



**Figure 3 : Représentation des variables sur les axes 1 et 3 de l'ACP.**

Les répartitions des variables sur les axes de l'ACP à savoir que l'indice de pente, le coefficient d'écoulement et le taux d'envasement sont étroitement liée et évoluent dans le même sens. Ces résultats montre qu' hors mis la forme du relief du bassin et l'écoulement, la superficie tient un rôle important dans la variabilité du taux d'envasement des lacs collinaires étudiés. Il serait donc judicieux de tenir compte de ce paramètre morphologique dans la régionalisation et l'estimation du taux d'envasement des lacs collinaires de notre zone d'étude.

**Tableau 4: Contributions des variables retenues pour la construction des axes de l'ACP**

	F1	F2	F3
Aire	2,458	7,217	<b>10,363</b>
Hmax	1,605	0,114	<b>40,365</b>
Pinter	4,109	2,210	<b>7,289</b>
Qmax	5,567	2,154	<b>19,049</b>
Lr	<b>16,742</b>	0,533	4,769
Ce	<b>18,713</b>	2,924	1,094
C/A	<b>9,051</b>	1,951	4,588
I30	<b>13,189</b>	0,006	0,255
Ic	0,733	<b>17,308</b>	0,400
Ig	5,032	3,626	<b>6,508</b>
Scultiv	0,029	<b>23,564</b>	0,176
Arb-For	3,697	<b>10,000</b>	2,976

<b>ma-Ar</b>	<b>2,028</b>	0,655	0,005
<b>CES</b>	3,091	<b>27,724</b>	1,849
<b>Te</b>	<b>13,957</b>	0,014	0,313

## 2.2. Représentation des individus sur les axes de l'ACP (F1\*F2)

### 2.2.1. Représentation des individus sur le plan (F1\*F2)

La figure 4 montre la représentation des individus sur le plan factoriel formé par les deux axes F1 et F2 de l'ACP. Cette figure nous permet de distinguer entre 3 principaux groupes. La différenciation entre ces trois groupes est basée sur l'effet de la fluctuation des facteurs naturels (couverture végétale, nature du sol) et anthropiques (CES) qui individualise l'axe F2.

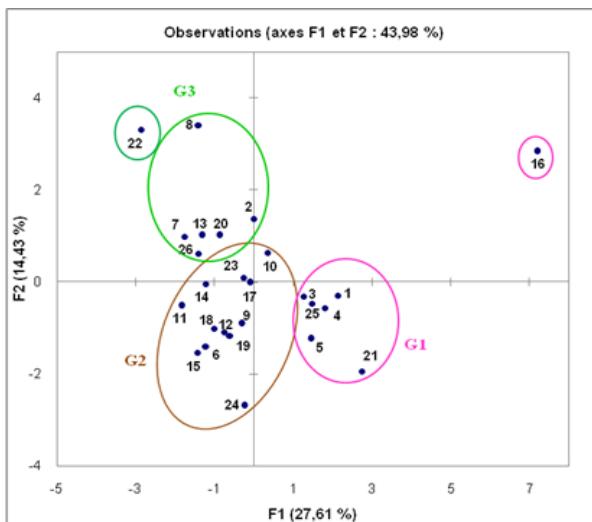


Figure 4 : Représentation des individus sur les axes de l'ACP (F1\*F2).

**Groupe I :** Le premier groupe montrant des faibles taux d'envasement ( $Ta < 9$  tonnes/ha/an) réunit les lacs suivants: Abdeladim (n°1), Mrira (n°3), Echar (n°4), Bouajer (n°5), el Gouazine (n°16), Zayet (n°21) et Ességhir (n°25).

Le bassin versant El Gouazine appartenant aussi à ce premier groupe, mais il se place plus éloigné que les autres bassins, dans la représentation graphique. Ce bassin se caractérise par un relief modéré ( $Ds = 75$  m), sols marneux (% ma-ar = 56) et une importante couverture végétale et forestière. En plus, il montre une faible valeur d'Integral Hypsométrique ( $IH = 0,15$ ) indiquant la densité de son réseau hydrographique. Malgré qu'il soit exposé à des précipitations relativement intenses ( $I30 = 60$  mm/h) ce bassin montre, comme tous les autres bassins de groupe I, un faible taux d'envasement. Ceci peut être dû à des pratiques de conservations des sols qui occupent environ 70% de la superficie du bassin versant El Gouazine.

Les bassins versants Abdeladhim (n°1), Mrira (n°3), Echar (n°4) et Bouajer (n°5) se localisent au Sud-Ouest de la Dorsale tunisienne. Ces bassins se caractérisent par des superficies importantes, des précipitations rares érosives, des réseaux hydrographiques relativement longs et hiérarchisés. Ce qui conduit à un faible effet de l'érosion au niveau de ces sites. Les deux bassins versants Zayet (n°21), à l'extrême Sud-Est de la Dorsale, et Es Séghir (n°25), situé à l'Est du Cap Bon, sont aussi classifiés au niveau de ce premier groupe. Malgré qu'ils soient spatialement plus éloignés ces deux bassins ont les mêmes caractéristiques que les autres bassins du groupe (surface importante et faible taux d'envasement). Le bassin versant Zayet (n°21) se caractérise par un plus faible Integral Hypsométrique ( $IH = 0,08$ ) conduisant à une faible intensité d'érosion. Strahler (1952) a montré que HI est corrélé négativement avec la

densité de drainage du bassin versant. Lorsque HI est faible, le réseau hydrographique est bien développé et les pentes sont douces, d'où l'effet érosif devient plus faible.

Ce premier groupe correspond à des bassins versants circonscrits généralement en bordure des synclinaux ou bien au niveau des plaines, ayant des superficies relativement importantes et des formations géologiques moyennement dures ou tendres (40 % <marnes et argiles<60%) moyennement perméables à imperméables (à l'exception du bassin Ességhir, dont les roches sont meubles et perméables) réduisant considérablement l'effet de l'écoulement et du ruissellement ( $Ce_{moy}< 5\%$ ,  $Lr_{moy}< 15$  mm,  $I30_{moy}>25$  mm/h). En effet, l'érosion par ravinement et celle en nappe, relatives à ces bassins versants, sont considérées faibles. Le comportement est expliqué par des reliefs faibles à modérés ( $25<Ig<50$  m/km), des forêts dominantes (El Gouazine, Es Séghir et Abdeladhim, Baouejer) ou des terres très cultivés (M'Rira, Abdeladhim, Essghir) ainsi que par un écoulement faible avec peu de crues exceptionnelles. Ce groupe concerne essentiellement les bassins les plus protégés contre les pluies érosives de diverses manières surtout par les pratiques d'aménagement CES (taux d'aménagement entre 25 et 75%). Dans ce contexte, le bassin versant d'El Gouazine montre l'efficacité des aménagements anti-érosifs mécaniques, et ce depuis 1996 (Baccari et al, 2008).

**Groupe II :** Ce groupe, définie par un envasement modéré à fort ( $9 < Ta < 23.7$  tonnes/ha/an), comporte les bassins versants El Amdi (n°6), Es Sénéga (n°9), Brahim Zaher (n°10), Abdessadok (n°11), Hadada (n°12), Jannet (n°13), El Hnach (n°14), Mrichet el Anze (n°15), Dékékira (n°17), Fidh Ali (n°18), Fidh ben Nasr (n°19), Sbaihia (n°23) et El Maleh (n°24). Tous ces bassins se localisent dans la partie la plus occidentale des montagnes de la Dorsale tunisienne, sauf le bassin Sbaihia (n°23) se situent au Cap Bon. En global, les bassins versants de ce groupe se caractérisent par un relief fort ( $138 < Ds < 248$  m), des fréquentes précipitations érosifs ( $38 \text{ mm/h} < I30 < 252 \text{ mm/h}$ ) et une couverture végétale et forestière clairsemée. Ceci explique les forts taux d'envasement (allant jusqu'au 23 t/ha/an) montrés par ces bassins. En outre, les deux facteurs pourcentage des surfaces occupées par des parcours et pourcentage des marnes-argiles dans les sols ( $50 < \% \text{ ma-ar} < 95$ ) aggravent la situation. Malgré le bon degré d'aménagement de ces bassins mais ces caractéristiques conduisent à un état érosif très alarmante. Les valeurs plus élevées d'IH pour les bassins versants de ce groupe (0,31 à 0,86) conduisent aussi à un état très érodables.

Les bassins (Sbahia (n°23), Abdessadok (n°11), El Hanach (n°14) et Fidh ben Nasr (n°19)), sis sur les contreforts des massifs montagneux de la Dorsale, se dépeignent surtout par leur relief très accidenté à pentes abruptes ( $75 < Ig < 100$  m/km) et un paysage très morcelé. Ce comportement engendre un effet d'écoulement modéré ( $Ce_{moy} > 10\%$ ,  $Lr_{moy} > 30$  mm,  $I30_{moy} > 90$  mm/h), suite au rôle joué par les sols jeunes évolués sur des matériaux encore en formation alluvionnaire. En fait, ces bassins de forme peu allongée se caractérisent par un réseau hydrographique peu développé qui entaille des formations géologiques moyennement dures ou tendres peu perméables à quasi imperméables ( $40\% < \text{marnes ou argiles} < 60\%$ ) et ( $40\% < \text{calcaires ou grés} < 60\%$ ). Ces conditions favorisent l'amplitude de l'érosion ravinante et en nappe qui est prononcée surtout au niveau des bassins sur marnes gypseuses fortement défrichés.

**Groupe III :** Le troisième groupe, définie par un envasement modéré ( $9 < Ta < 16.3$  tonnes/ha/an), dépassant la limite permissible de pertes en terres, correspond aux lacs Sadine 1 (n°7) et Saadine (22). Ce groupe comporte les bassins versants suivants : Arara (n°2), Sadine 1 (n°7), Sadine 2 (n°8), Janet (n°13), El Moudhi (n°20), Sadine (n°22) et Kamech (n°26).

Les bassins de ce groupe sont caractérisés par un relief modéré ( $33m < Ds < 92m$ ), une couverture végétale et forestière moins importante avec un faible degré d'aménagement. En plus, les bassins de ce groupe sont formés par des sols moyennement à fortement marneux

(30<%ma-ar<90). En plus, des taux d'envasement modérés engendrés par la prédominance des évènements pluvieux intensifs et irréguliers. Ces bassins montrent aussi des valeurs d'IH relativement fortes, ce qui indique leur sensibilité à l'érosion.

Le bassin versant Arara (n°2), se localise au SW de la Dorsale, présente un taux d'envasement relativement faible par rapport aux autres bassins de ce groupe. En outre, par l'effet de relief et l'effet du pourcentage des marnes-argiles dans les sols, ce faible taux de colmatage peut être dû à des pratiques de conservations des sols qu'occupent environ 56% de la superficie du bassin versant Arara.

Cependant le bassin Saadine (n°22), se situe au Cap Bon, présente un taux d'envasement fort par rapport aux autres bassins de ce groupe. Le lac Saadine a été entièrement comblé avec un volume de sédiments de 44 500 m<sup>3</sup> provenant de deux inondations en Août et Septembre 1995.

### **2.2.2. Représentation des individus sur le plan (F1\*F3)**

La représentation des individus sur le plan factoriel formé par les axes F1 et F3 permet de distinguer entre trois groupes de caractéristiques différentes (Fig. 5). La différenciation entre ces trois groupes est basée sur l'impact de l'agressivité des pluies engendrant des crues exceptionnelles qu'individualise l'axe F3. On analyse alors :

**Groupe I :** Ce clan coïncide au premier groupe traité dans la représentation précédente. Ce groupe comporte les bassins versants qui montrent un taux d'envasement plus faible indiquant une faible intensité érosive. Ces bassins se caractérisent par des sols marneux. Mais, la présence d'une couverture végétale et forestière assez dense ainsi qu'une intervention CES assez importante conduisent à une faible intensité d'érosion ;

**Groupe II :** Ce groupe comporte les bassins versants souvent classifiés dans le troisième groupe, caractérisé par une forte érosion, au niveau de la première représentation graphique sur le plan (F1\*F2). Cette inversion d'emplacement s'explique par le fait que la représentation (F1\*F2) se base sur l'effet des facteurs naturels et anthropiques. Ce groupe renferme donc les bassins versants caractérisées par une couverture forestière clairsemée, une intervention d'aménagement faible à moyenne et des sols assez marneux.

Ce clan issu de la représentation des individus sur les axes de l'ACP (F1\*F3) dont le taux d'envasement est le plus fort ( $Ta > 23.7$  tonnes/ha/an) regroupe les lacs collinaires suivants : El Amdi (n°6), Sadine 2 (n°8), Janet (n°13), Mrichet el Anze (n°15), Dékékira (n°17), Fidh Ali (n°18), Fidh ben Nasr (n°19), El Moudhi (n°20), Sadine (n°22), El Maleh (n°24) et Kamech (n°26), tenant place au niveau des anticlinaux des jebels. Le comportement de ces bassins versants s'explique par le rôle joué par l'écoulement ( $Ce_{moy}>15\%$ ) et le ruissellement important des crues ( $Lr_{moy}>80$  mm) favorisés par l'intensité érosive des précipitations enregistrées en 30 minutes ( $I30_{moy}>200$  mm/h). Ce comportement dépend aussi d'un relief fort ( $50<Ig<100$  m/km), d'une assise géologique tendre et imperméable très vulnérable à l'érosion, de la forme allongée de leurs bassins et d'un chevelu hydrographique plus ou moins dense. En effet, l'érosion en nappe observée au niveau de ces bassins est généralement moyenne et parfois très prononcée. Elle s'explique en partie par la présence de sols d'érosion squelettique dont la macroporosité, la cohésion et la consistance sont très faibles et vraisemblablement dues à la présence d'argiles gonflantes, des pourcentages de marnes supérieures à plus de 80% et des encroûtements calcaires où affleurent des matériaux indurés.

Ce groupe est marqué par un taux d'aménagement CES inférieur à 25 %: ce qui amplifie d'avantage l'aptitude érosive et affaiblit le rôle joué par l'occupation du sol. En fait, les bassins versants sont soit très cultivés (terres agricoles > 60 %) en pente et leur dégradation rend très difficile la régénération de la végétation naturelle défrichée (pour Kamech et Janet); soit peu

cultivés où les reliques de végétations naturelles sont riches lorsqu'elles sont épargnées par le surpâturage et surtout les labours en pente, pour Fidh Ali, Dékékira et Arara.

**Groupe III :** Ce groupe renferme les bassins versants classifiés dans le deuxième groupe selon la première représentation (Fig.5). Ces bassins versants se caractérisent par une érosion moyenne une couverture relativement dense, des sols très marneux et une intervention CES moyenne.

Ces bassins constituant le pôle moyenement pluvieux de la zone d'étude (l'occurrence des crues est très rare), génèrent un taux de remplissage fort à moyen ( $Ce_{moy} > 10\%$ ,  $Lr_{moy} > 25 \text{ mm}$ ,  $I30_{moy} > 80 \text{ mm/h}$ ). Ces bassins se dépeignent aussi, d'une topographie formée des collines modérées peu accentuées, par une surface de drainage moyenne (de l'ordre de 3 km<sup>2</sup>), un réseau hydrographique bien hiérarchisé drainant des roches tendres et imperméables et ayant une faible couverture végétale (inférieure à 11 %) à l'exception du lac Brahim Zaher qui présente une partie forestière importante.

Du fait de la continentalité, la quasi-totalité des bassins faisant partie de ce groupe présente un couvert végétal variable très précaire et constamment menacé par l'érosion provoquée par le défrichement et les labours (soit terres à vocation forestière ou bien des espaces moyenement cultivés et sous parcours (comme c'est le cas des lacs Sbaihia (n°23) et El Hnach (n°14), respectivement)), et un pourcentage d'aménagement moyen ou inexistant engendrant l'augmentation du phénomène abrasif des retenues des lacs collinaires.

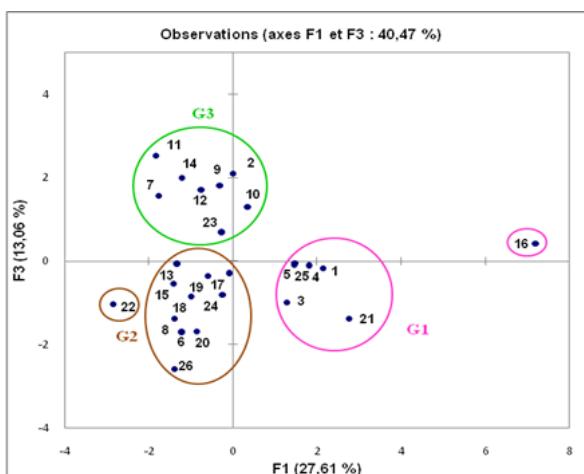


Figure 5 : Représentation des individus sur les axes de l'ACP (F1\*F3).

La comparaison entre les deux représentations, visualisant la projection des valeurs propres des individus sur les axes de l'ACP (F1\*F2) et (F1\*F3) qu'ils prennent en fonction de la variable filtre, met en relief la mobilité de quelques bassins versants de part et d'autre du deuxième et du troisième groupe. Ce nouveau clan est bradé par le lac collinaire Sadine (n°22) qui se caractérise, en plus de sa pente raide ( $Ig > 100 \text{ m/km}$ ), par le taux d'envasement le plus alarmant dans la zone d'étude ((Te) dépassant 31 tonnes/ha/an). L'aptitude abrasive du lac Sadine est d'autant plus accrue par la susceptibilité des sols marneux à l'érosion. En effet, ces sols subissent les événements pluvieux paroxysmiques les plus importants ayant les intensités des pluies de 30 minutes les plus élevées (un maximum enregistré lors de la période 1994-2006 égale à 250 mm/h). Ces averses torrentielles fortement érosives, ruissentent sur un bassin versant fortement cultivé et non aménagé générant, par conséquent, des quantités éminentes de sédiments se déposant au fond de la retenue du lac et conduisant à son colmatage anticipé.

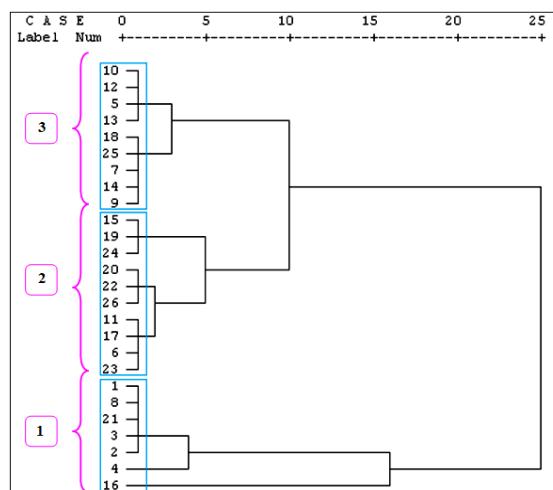
### 3. Caractérisation de l'envasement basé sur l'arbre hiérarchique

La procédure de l'arbre hiérarchique (dendrogramme de la figure 6) est un outil approprié pour montrer les résultats obtenus par une classification ascendante hiérarchique (Mosley, 1981). Ce dendrogramme permet de décrire de façon explicite la structure finale de la classification obtenue: «plus les individus se regroupent dans l'arbre, plus ils se ressemblent». L'objectif fondamental consiste à définir des groupements stables et homogènes de lacs collinaires suivis tout en associant les éléments semblables.

Chaque niveau de hiérarchie représente une classe (Saporta, 1990). Il s'agit, en fait, d'un arbre dont les éléments terminaux sont les éléments classifiés. Chaque intersection de cet arbre est un nœud. Ce nœud représente une classe qui se décompose elle-même en 2 sous classes, l'aînée et la benjamine, d'après les distances euclidiennes qui les séparent.

La classification hiérarchique est appliquée sur 26 lacs collinaires de la Tunisie Centrale en fonction des 7 variables hydro-morphométriques suivantes relevant de la physiographie des bassins versants: l'indice de pente global (Ig), l'indice de compacité (Ic), la longueur du talweg (Ltw), la nature de ruissellement et d'écoulement (Ce, Lr) et d'érosivité des pluies (I30) ainsi que le taux d'abrasion (Ta) en tant que variable dépendante.

De première vue, il ressort de la figure ci-après que la taxinomie développée est pratiquement compatible avec celle éditée par l'analyse des différentes méthodes (matrice de corrélation et ACP). Par ailleurs, une aptitude croissante et contradictoire de la dynamique de l'envasement des retenues des lacs collinaires est observée allant de la classe (1) à (3), du faible au fort potentiel d'abrasion. La typologie ainsi dévoilée plaide en faveur de l'identification de trois classes de lacs collinaires. En effet, le lac collinaire El Gouazine (n°16) qui dépeigne de la plus grande surface de drainage et le plus faible taux d'abrasion. Contrairement le lac collinaire Dékikira (n°17) se caractérisant par un bassin versant dont la forme est la plus allongée qui permet la coalescence des filets d'eau et la formation de rigoles accentuant l'ablation de terre. De plus le lac collinaire Sadine (n°22) peut désigner le cœur ou le noyau central duquel est régie la variabilité spatiale du phénomène de l'envasement dans la zone d'étude.



**Figure 6: Dendrogramme résultant de la classification hiérarchique des lacs collinaires suivis**

- La classe I, qui englobe les lacs collinaires suivants (1, 8, 21, 3, 2, 4 et 16) se caractérise par un faible taux d'envasement, un relief faible et un ruissellement peu intense.
- La classe II, réunissant les lacs collinaires suivants (15, 19, 24, 20, 22, 26, 11, 17, 6 et 23) dont le taux de sédimentation est fort, est relative aux bassins versants à potentiel abrasif alarmant qui est dû aux coefficients d'écoulement élevés liés surtout aux plus

fortes intensités pluviométriques érosives couplées à une topographie modérée ou forte.

- La classe III comporte les lacs collinaires suivants (10, 12, 5, 13, 18, 25, 7, 14 et 9) dont le taux de sédimentation est modéré à fort. Ce caractère est régi par une hydrodynamique intense aggravée surtout par les pentes escarpées des bassins versants.

#### **4. Elaboration d'une cartographie des zones à risques alluvionnaires**

La superposition des résultats issus de la CH et de l'ACP a dévoilé la possibilité d'élaborer une carte de vulnérabilité spatiale de la dynamique de l'envasement, et ce à grande échelle. La répercussion d'une telle approche est la perception des zones ayant un faible ou fort risque face au fléau de colmatage des retenues sises dans la Tunisie Centrale (voir figure 7). Cette carte de la vulnérabilité multifactorielle à l'envasement sera un outil indispensable dans une démarche de lutte contre l'érosion. Elle permet de disposer d'une vue d'ensemble des zones menacées et de localiser les secteurs nécessitant une intervention prioritaire dans une perspective de gestion durable des sols.

Les représentations graphiques issues de l'analyse en composantes principales et la classification hiérarchique ont permis de subdiviser les bassins étudiés en trois groupes (voir fig. 7) :

\* un premier groupe le moins vulnérable au risque d'envasement se localise sur les confins méridionaux et orientaux Ouest de la Dorsale et aussi sur les plaines côtières. Ce groupe comporte les bassins versants suivants (1, 3, 4, 5, 21, 25 et 16), correspond aux bassins versants caractérisés par un faible taux d'envasement, une surface de drainage importante, un relief faible, réseau hydrographique relativement hiérarchisé et un effet de précipitation et de ruissellement peu intense. Cette classe est aussi faiblement affectée par les diverses formes d'érosion, en raison de la multiplication des travaux de conservation des eaux et des sols en association avec le couvert végétal continu qui contribuent à rabattre considérablement le taux d'abrasion de ces lacs.

Quant aux autres bassins moyennement aménagés, l'aptitude des sols à résister à l'érosion serait due à la présence sur les versants de bancs de roches calcaires dures sur des pentes plus ou moins prononcées, jouant ainsi un rôle anti-érosif.

\* un deuxième groupe comporte les milieux les plus dégradés couvrent presque la totalité de la zone semi-aride de la Tunisie Centrale. Ce groupe comprend les bassins versants suivants (6, 8, 13, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 24 et 26), relative aux bassins versants à potentiel abrasif très important, expliqué par des coefficients d'écoulement élevés liés surtout aux plus fortes intensités pluviométriques érosives associées avec une topographie modérée ou forte, une structure de sol plus marneuses et une surface de drainage non occupée et non aménagée. On en déduit, donc, que c'est cette classe qui déclenche la dynamique érosive et sédimentaire, et ce, en cédant d'importantes quantités de particules de sol pour se concentrer au niveau d'un noyau central spécifique de la Dorsale.

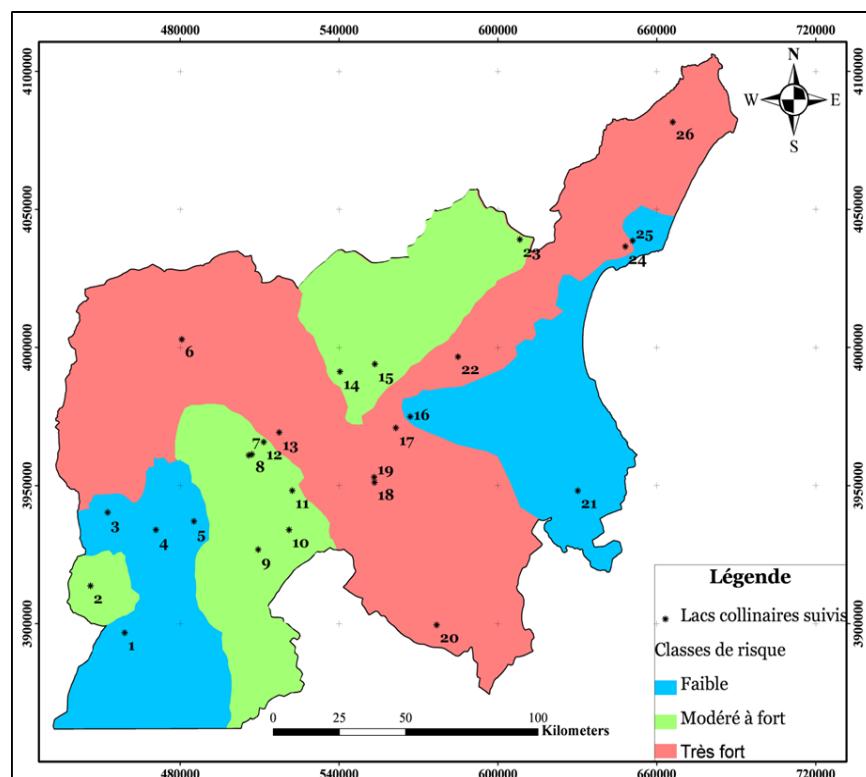
Le risque d'érosion des sols est également lié à un climat sub-humide et aux caractéristiques pluviométriques locales, avec des épisodes pluvieux exceptionnels ayant des intensités maximales en 30 minutes très élevées et érosives qui accentuent l'indice de vulnérabilité à l'érosion. Il s'agit, en fait, du mécanisme de l'érosion par ravinement dominant dans cette région qui est crucial pour l'envasement du réservoir.

\* un troisième groupe s'étend de part et d'autre des flancs Nord et Sud de la Dorsale, comporte les bassins versants suivants (2, 7, 9, 10, 11, 12, 14 et 23), représentant les bassins versants caractérisés par un taux de sédimentation modéré à fort. Ce taux de sédimentation est gouverné par une structure plus ou moins marneuses des sols et une hydrodynamique intense aggravé par les pentes abruptes de ces bassins. D'autre part, l'évolution des états de surface soumise à l'action conjuguée des pratiques culturelles traditionnelles, des changements

d'occupation du sol (culture mécanisée), des efforts d'entretien et de réhabilitation CES quasi-absents et d'un climat marqué par une forte variabilité du nord au sud (le Nord pour le rôle joué par la pluie et le Sud pour le rôle joué par l'évaporation), peuvent conditionner vigoureusement l'écoulement, l'infiltration, l'érosion et, par conséquent, la sédimentation.

En outre, les mécanismes érosifs et les dépôts sédimentaires sont spectaculaires dans ces régions surtout lors des crues exceptionnelles. En effet, ce sont les processus de ravinement généralisés qui se situent dans les secteurs de roches tendres, des formations superficielles non encroûtées et les sols dégradés peu développés avec une végétation peu épaisse et irrégulière. On en déduit, donc, que c'est cette classe qui déclenche la dynamique érosive et sédimentaire, et ce, en cédant d'importantes quantités de particules de sol pour se concentrer au niveau d'un noyau central spécifique de la Dorsale. Dès lors, cette classe doit être prise comme zone prioritaire d'intervention pour lutter contre le fléau de colmatage (Ayadi, 2011).

La figure 7 dévoile que la région d'étude est divisée en trois groupes reflétant différentes caractéristiques hydro-climatiques et physiographiques. Les frontières des zones délimitées sont ajustées en tenant compte des caractéristiques géographiques et des isohyètes de la répartition spatiale des précipitations.



## CONCLUSION

La cartographie des zones à la vulnérabilité multifactorielle à l'envasement de la Tunisie Centrale a permis de distinguer trois classes : les zones à faible vulnérabilité (49,6 %) ; les zones à vulnérabilité moyenne (27,6 %) et les zones fortement vulnérables (22,8 %). A la lumière de ces analyses, il ressort que la zone d'étude s'est scindée en trois zones à différentes

aptitudes au risque d'envasement. En effet, il s'est avéré que les milieux les plus dégradés couvrent presque la totalité de la zone semi-aride de la Tunisie Centrale et ce du fait de l'altitude des massifs montagneux, de la continentalité croissante vers l'Ouest, de l'augmentation de l'aridité vers le Sud et enfin de l'opposition de versants. Le milieu semi-aride est loin d'être un ensemble bioclimatique et géomorphologique homogène. C'est pour ces raisons que ces milieux présentent une aptitude érosive et abrasive plus prononcée.

L'approche cartographique décrite ci-dessus présente un outil puissant pour la connaissance spatiale de la vulnérabilité à l'envasement dans la zone d'étude. En fait, les constats précités sont cruciaux pour le développement d'une stratégie d'aménagement et de gestion des régions les plus frêles qui nécessitent une intervention diligente afin de réduire la vitesse érosive sévère, de minimiser le risque de la sédimentation des réservoirs, et par conséquent de renforcer leur longévité. Toutefois, la nature et la densité de ces aménagements doivent concilier la réduction du transport solide sans pour autant priver le lac de ces apports en eau par ruissellement.

## REFERENCES

- Albergel J., Nasri S. et Lamachère J. M. (2004) : « Programme de recherche sur les lacs collinaires dans les zones semi-arides du pourtour méditerranéen » Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 17, n° 2, 2004, p. 133-151.
- Ayadi, 2011. Caractérisation et modélisation de l'alluvionnement des retenues des lacs collinaires de la Dorsale Tunisienne et du Cap Bon : Approches statistiques et des réseaux de neurones. Thèse de doctorat en Sciences Géologiques de la faculté des sciences de Sfax. 214 p+annexes.
- Boufaroua M., Lamachère J.-M., Débabria A. et Ksibi F. 2006. Prédétermination de l'envasement des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne. 14th International Soil Conservation Organization Conference. Water Management and Soil Conservation in Semi-Arid Environments. Marrakech Morocco. ISCO publications. 13 p.
- Camus H., Guiguen N. & Ben Younes M., 1995. Note sur l'envasement de lacs collinaires en zone semi-aride Tunisienne. Rapport publié par la Direction de la Conservation des Eaux et du Sol & l'Institut de Recherche pour le Développement en Coopération (ORSTOM).
- Hajji O., Abidi S., Habaieb H. et Mahjoub MR 2014. Regionalization and contribution to the study of reservoirs sedimentation: Lakes of Cape Bon and the Tunisia Central, 11th International Conference on Hydroscience & Engineering "Hydro-Engineering for Environmental Challenges", 28 September to 2 October 2014, Humbourg, Germany. Proceeding pp. 575, 582.
- Haregeweyn N., Poesen J., Nyssen J., Govers G., Verstraeten G., de Vente J., Deckers J., Moeyersons J., & Haile M. (2008): Sediment yield variability in Northern Ethiopia: A quantitative analysis of its controlling factors. Catena. 75. p 65–76.
- Jebari S., Berndetsson R. et Boufaroua M. Bahri A. 2008. Exceptional Rainfall Characteristics Related to Erosion Risk in Semiarid Tunisia. The Open Hydrology Journal, 2008. p 25-33.
- Kawamura1 A., Hentati. A. & Amaguchi. H (2008): Geomorphological Characterization of Small Hillside River Basins in Semiarid Region of Tunisia for Reducing Uncertainties in Water Resources Management. International conference "Uncertainties in water resource management: causes; technologies and consequences" Mongolia. p 63-69.
- Lahhou A. (1990): Modèles de prédition de la sédimentation des retenues de barrages des pays du Grand Maghreb. Atelier International UNESCO-AISH-ENIT sur l'application des modèles mathématiques à l'évaluation des modifications de la qualité des eaux. Tunis. p 312-324.
- Mosley M.R. (1981): Delimitation of New Zealand hydrology regions. Journal of Hydrology. 49. p 173-192.
- Phippen S., Wohl E. (2003): An assessment of land use and other factors affecting sediment loads in the Rio Puerco watershed. New Mexico. Geomorphology 52. p 269– 287.
- Poesen J., Nachtergaelle J., Verstraeten G., Valentin C. (2003): Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena. 50. p 91–133.
- Roose E. 1991. Conservation des sols en zones méditerranéennes. Synthèse et proposition d'une nouvelle stratégie de lutte antiérosive : la GCES. Cahiers de l'ORSTOM Série Pédol. XXVI-2. p 145-181.

## CARTOGRAPHIE DES RISQUES D'ENVASEMENT DES LACS COLLINAIRES DE LA TUNISIE CENTRALE

Olfa Hajji<sup>1</sup>, Sahar Abidi<sup>1</sup>, Hamadi Habaieb<sup>2</sup>, Mohamed Raouf Mahjoub<sup>3</sup>

Romero Díaz A., Ruiz Sinoga JD. et Belmonte Serrato F. Hydric erosion rates in the region of Murcia. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.<sup>o</sup> 56 - 2011, p 425-430.

Saporta G. (1990): Probabilités Analyse des données et Statistique. Editions TECHNIP. SPSS for Windows, Ref. 11.0.1. (2001): SPSS Inc 1989-2001. LEAD Technologies, Inc, LEADTOOLS © 1991-2000.

Suresh R. (2002): Soil and Water Conservation Engineering. Standard Publishers Distributors. Text book.

Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology", Geological Society of America Bulletin 63 (11): 1117–1142.

Verstraeten G., Poesen J., de Vente J. & Koninckx, X. (2003): Sediment yield variability in Spain: a quantitative and semi qualitative analysis using reservoir sedimentation rates. Geomorphology. 50. p 327–348.

Zahar Y. (1997): Eléments d'hydrologie pour l'aménagement. Modélisation spatiale et temporelle des précipitations extrêmes et érosives en Tunisie Centrale en vue de l'aménagement des petits bassins versants hydrologiques. Université de Tunis I. Faculté des Lettres de la Manouba. 287 p.

Zahar Y., Ghorbel A. & Albergel, J. (2008): Impact of large dams on downstream flow conditions of rivers: Aggradation and reduction of the Medjerda channel capacity downstream of the Sidi Salem dam (Tunisia). Journal Hydrology. 326. p 318-330.

## مشكلة التصحر في الوطن العربي : أسبابها - آثارها - جهود مكافحتها

إعداد : د . مصطفى منصور جهان

### المقدمة :

تُعدّ الدول العربية بحكم موقعها الجغرافي، من ضمن المناطق الجافة ذات الأنظمة البيئية الهشة؛ إذ يلعب المناخ دوراً هاماً في تركيبتها، وقد عملت هشاشة النظم البيئية، وسيادة المناخ الجاف، وقلة المياه، على زيادة اتساع رقعة التصحر في هذه البلدان، إلا أن الآثار السلبية لهذه الظاهرة تزداد انتشاراً بمعدلات متزايدة؛ نظراً لارتفاع درجة الحرارة الناتج عن ظاهرة الاحتباس الحراري.

ويحتاج التصحر الأرضي العربية في وقت أصبحت فيه زيادة نسبة الإنتاج الزراعي والحيواني لمواجهة النمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة حاجة ملحة وضرورة لابد منها، مما دعا الدول العربية إلى السعي لإيجاد حلول تحد من تفاقم مشكلة التصحر، ونکثيف الجهد للحد من آثارها السلبية على كافة الأصعدة، البيئية، الاجتماعية ،الاقتصادية ، خاصة مع الزيادة الكبيرة لعدد السكان، وزيادة الطلب على الغذاء، والتوجه العماني على حساب الأرضي الزراعية، والتوجه الكثيف غير المرشد في استثمار الأرضي، وإلى غير ذلك من جوانب الضغط على موارد الأرضي.

**مشكلة الدراسة :** التصحر ظاهرة انتشرت وزادت خطورتها نتيجة تكاثف مجموعة عوامل بعضها طبيعي والآخر بشري مما تسبب في إنتاج آثار بيئية واقتصادية خطيرة تزداد وضوحاً في البيئات الجافة وشبه الجافة والتي تمثل مساحة كبيرة من وطننا العربي والسؤال هنا إلى أي مدى تغلغلت ظاهرة التصحر في الرقعة الجغرافية للوطن العربي؟ وما هي الآثار التي ترتب على انتشارها؟ وإلى أي مدى وصلت جهود مكافحتها؟

**هدف الدراسة :** سيحاول الباحث من خلال هذه الورقة التعريف بمشكلة التصحر في الوطن العربي وبيان أسبابها وآثارها وسبل مكافحتها .

قسمت الورقة إلى مبحثين :

المبحث الأول خصص للتعريف بالتصحر وبيان أسبابه

المبحث الثاني : افردت صفحاته لدراسة التصحر في الوطن العربي

## المبحث الأول

### التصحر المفهوم والأسباب

ظهر مصطلح التصحر في أربعينيات القرن العشرين وشاع استعماله في أواخر سبعينياته (صلاح داود سلمان ، حسن علي نجم ، 2012 م، ص1621 ).

استمر تعريف التصحر لفترة طويلة موضع نقاش وجدل بين الدارسين من مختلف التخصصات أكثر من مائة تعريف للتصحر ( علي غليس ناهي السعدي' 2009 ،ص169) واستمرت هيئات الأمم المتحدة المعنية في محاولاتها المتعددة لإيجاد تعريف يعبر عن ظاهرة التصحر إلى أن توصل مؤتمر الأمم المتحدة المعنى بالبيئة والتنمية الذي عقد في ريو دي جانيرو بالبرازيل سنة 1992 إلى تعريف ظاهرة التصحر بأنها : عبارة عن: ( تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وشبه الرطبة الجافة نتيجة لعوامل مختلفة من بينها التقلبات المناخية <sup>(1)</sup> والنماضط البشرية ) وقد أقر التعريف كما هو في الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر. وذلك عام 1996 (UNCCD) ( علي غليس ناهي السعدي' 2009 ،ص169)

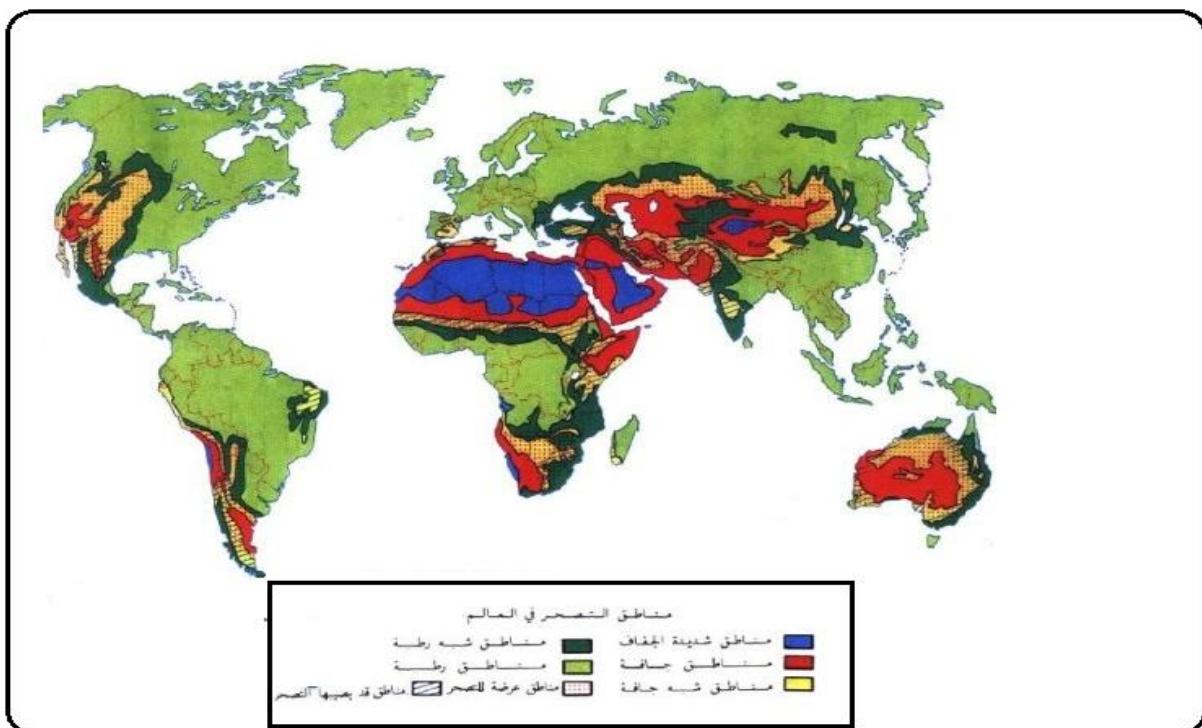
إذا فالتصحر ظاهرة ناتجة عن عملية هدم أو تدمير موارد المياه ، والتربة التي تعتبر من الموارد الطبيعية الهامة، وتدهورها يؤثر بشكل مباشر في الزراعة والنبات الطبيعي ، والتي يمكن أن تؤدي في النهاية إلى ظروف تشبه ظروف الصحراء ، هذا التدهور الواسع للأنظمة البيئية يؤدي إلى تقلص الطاقة الحيوية للأرض المتمثلة في الإنتاج النباتي والحيواني مما يؤثر سلباً على صحة الحيوان والإنسان، ويحرمهما من فرص الحياة . وبعد الزحف الصحراوي الذي يحتاج الأحزمة الخضراء في العالم، من المشاكل الكبرى خاصة مع التهامه مساحات شاسعة من الأراضي الزراعية وتهديه لحياة أكثر من مليار نسمة من سكان العالم (عبد المنعم بلبع ، ماهر نسيم ، 1990 ، ص79).

من خلال الخريطة (1) التي توضح التوزيع الجغرافي لمناطق التصحر في العالم نلاحظ ان قارات العالم الست قد طالها التصحر ، والاختلاف بينها في حدة واتساع المناطق المتصرحة في كل قارة ، قارة افريقيا وحدها تضم 37 % من المناطق القاحلة في العالم . وتدرج نسبة تقارب 66 % من اراضيها ضمن الصحاري أو الأراضي الجافة ، وتحوي قارة آسيا على نسبة 33 % من الأراضي القاحلة في العالم. (الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، 2010 ، ص 4 ) الخريطة (1)

(1) عرفت الهيئة الحكومية الدولية ( IPCC ) التغيرات المناخية بأنها: " حدوث أي تغير في المناخ عبر الزمن سواء كان هذا التغير ناجماً عن اـ عوامل الطبيعية أو النماضط البشرية المصادر : (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC ) 2001 ،ص 3) ويشمل تغير المناخ حسب وجهة نظر (PCCI) التغير الحالى في جميع القطاعات الزمنية والمكانية التي تتراوح بين عواصف شديدة لفترات وجيزه ، وظواهر النينو الموسمية ، وحالات الجفاف ، كما يشمل التغير المستمر والبطيء في المتوسط العالمي لدرجات الحرارة و الغطاءات الجليدية : المصدر (الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC ) 2001 ،ص 48)

وتعتبر الأمم المتحدة أن التصحر من أكبر التحديات التي تواجه العالم، فقد قُدرت المساحات التي تعرضت للتصحر في العام 2000 م بنحو (4800) مليون هكتار، أي ما يعادل 45% من إجمالي مساحة الأراضي الصالحة للزراعة، وبلغت خسائر التصحر بحدود (42) مليار دولار. (صاحب الربيعي ، 2009 ، ص 4)

#### خريطة (1) التوزيع الجغرافي لمناطق التصحر في العالم



[المصدر : http://www.4geography.com](http://www.4geography.com)

وتاريخياً فقد أشارت الدراسات إلى أن البدايات الفعلية للتصحر تعود إلى الفترة الواقعة بين 3000 - 500 ق.م (عبد القادر المحيسني ، عبد الرزاق البطحي ، 1999 ، ص 133).

كما اشارت الدلائل التاريخية إلى أن التصحر ظاهرة جغرافية قديمة ارتبط ظهورها بعاملين هما :

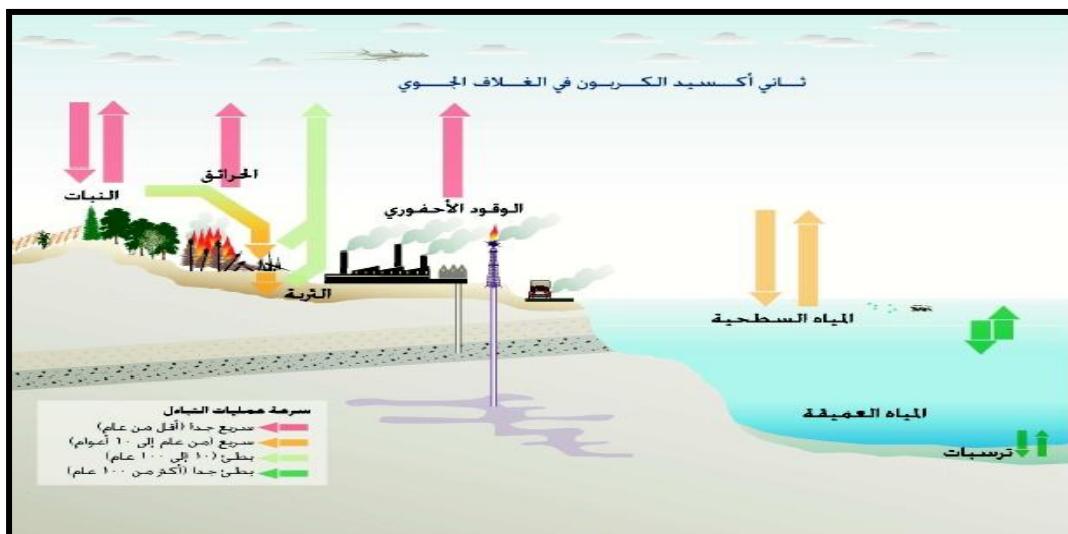
1 - كثافة استغلال الأرض كما هو الحال بالنسبة للحضارة العراقية ، فنتيجة لكثافة استغلال الأرض في بلاد الرافدين أصبحت تلك الأرض مغطاة بالملح الذي تراكم بكثافة على سطحها حتى لتبعد الأرض بيضاء من شدة لمعان الملح المترافق.

2 - عامل المناخ وحركة الكثبان الرملية اللذين كان لهما دوراً بارزاً في تدهور التربة وتصحرها كما هو الحال بالنسبة للحضارة المصرية. (علي غليس ناهي السعدي ، 2012 ، ص 167):

ورغم قدم هذه الظاهرة إلا أنها لم تشكل في السابق خطرًا يهدد حياة الناس؛ نظراً لتوفر التوازن البيئي الطبيعي آنذاك، إلا أن التغيرات التي طرأت على التوازن البيئي الطبيعي بسبب مجموعة من العوامل من بينها سوء استثمار الموارد الطبيعية، أيضاً التغيرات الطبيعية التي طرأت على الظروف المناخية (حسن حبيب ، 2001 ، ص 3) خلال العقود الأخيرين من القرن العشرين، كانت لها تأثيراتها السلبية على مجمل عناصر المناخ، فقد سجلت المقاييس المناخية ارتفاعاً بدرجة حرارة الأرض يتراوح بين (1 - 1.5) درجة مئوية، خلال المائة سنة الأخيرة من القرن العشرين، (صاحب الربيعي ، 2009 ، ص 4)، و كنتيجة لتلوث الغلاف الجوي للأرض؛ بسبب انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون شكل (1) وغيره من غازات الدفيئة في العقود القادمة سيؤدي إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري<sup>(2)</sup> وما يتبعها من آثار، كارتفاع درجة الحرارة ، التي من المرجح أن ترتفع إلى (3° م) في الطبقة السفلية للغلاف الجوي للأرض بحلول منتصف هذا القرن ، وذلك في حال ارتفعت نسبة ثاني أكسيد الكربون من (360) إلى (700) جزء من المليون من حيث الحجم وسينتج عن ذلك :

- 1 - ارتفاع معدل البخر-نتح المحتمل السنوي بحوالي 210 ملم، أي 70 ملم/ لكل درجة مئوية سنوياً.
- 2 - انخفاض حاصل التهطال/البخر-نتح المحتمل بحوالي 10-20%.

شكل (1) العمليات السريعة والبطيئة في دورة الكربون



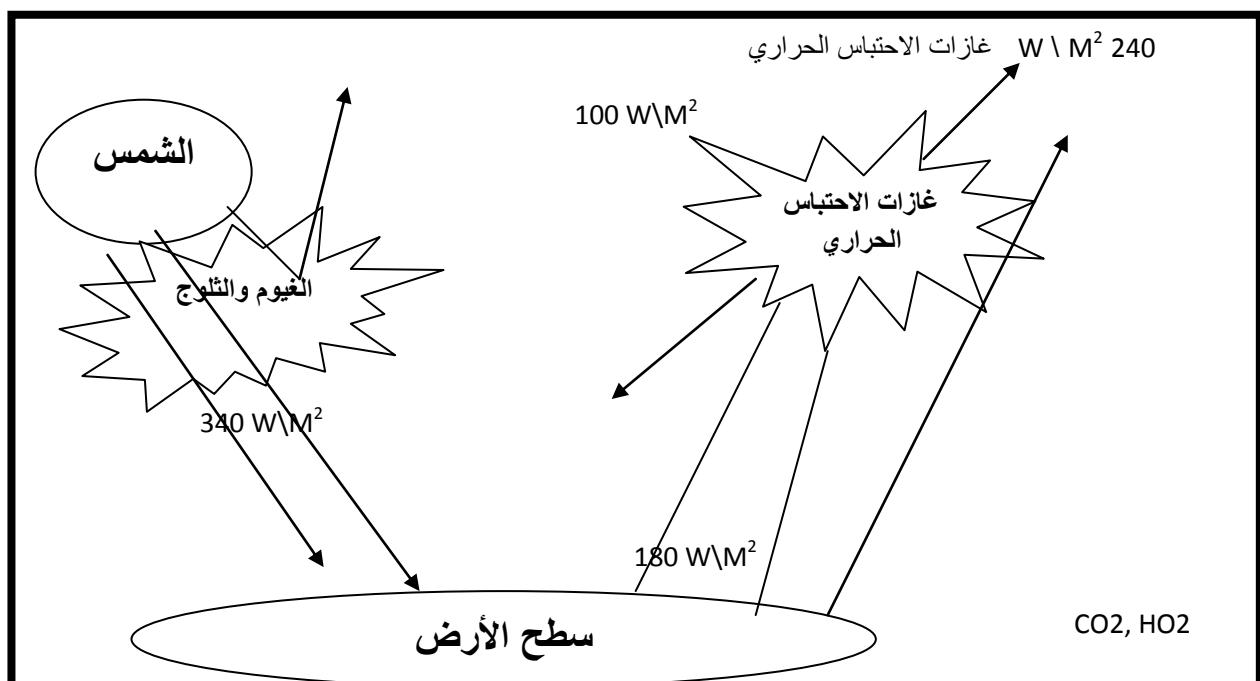
<sup>(2)</sup> ظاهرة الاحتباس الحراري : هي ظاهرة طبيعية بذاتها قد تصل درجة حرارة سطح الأرض إلى ما بين 19 و 15 م تحت الصفر؛ حيث تقوم الغازات التي تؤدي إلى وجود هذه الظاهرة (غازات الصوبة الخضراء) الموجودة في الغلاف الجوي للكره الأرضية بامتصاص الأشعة تحت الحمراء التي تتبع من سطح الأرض كانعكاس للأشعة الساقطة على سطح الأرض من الشمس وتجسيسها في الغلاف الجوي الأرضي، وبالتالي تعمل تلك الأشعة المحبطة على تدفئة سطح الأرض ورفع درجة حرارته، ومن أهم تلك الغازات بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز بخلاف الغازات المخلفة كيميائياً، والتي تتضمن الكلوروفلور وكربونات CFCs ، وحيث إن تلك الغازات تنتج عن العديد من الأنشطة الإنسانية خاصة نتيجة حرق الوقود الحفري مثل البترول والفحم) سواء في الصناعة أو في وسائل النقل؛ لذلك أدى هذا إلى زيادة نسب تواجد مثل هذه الغازات في الغلاف الجوي عن النسب الطبيعية.

المصدر : الهيئة الدولية الحكومية المعنية بتغير المناخ ، IPCC ، تغير المناخ ( التأثيرات ، التكيف ، سرعة التأثير ) ، المنظمة العلمية للأرصاد الجوية ، برنامج الأمم المتحدة للبيئة ، 2001م.

3 - تحرك مناطق المناخ الإيكولوجي من حيث خطوط العرض والطول مع زحف المناطق الشديدة الجفاف إلى المناطق الجافة، وزحف المناطق شبه الجافة إلى المناطق شبه الجافة، وزحف المناطق شبه الرطبة بسبب انخفاض حاصل التهطل/البخر- نتج المحتمل.

4 - زيادة حدة التصحر بسبب انخفاض حاصل التهطل/البخر- نتج السنوي المحتمل، وأيضاً بسبب انتشار هذه الظواهر جغرافياً نتيجة لحركة المناطق المناخية المذكورة أعلاه. (ريتشارد آلي ، 2004 ، ص 58 ، ص 59) ويمكن الإشارة هنا إلى أن ظواهر مثل ظاهرة الدفيئة، والاحترار العالمي شكل (2)، وتآكل طبقة الأوزون، رغم خطورتها إلا أنها تعتبر أقل حدة في تأثيرها المباشر من ظاهرة التصحر التي تؤثر مباشرة في حياة السكان. ويرى أهل الاختصاص في مجالى الأرصاد الجوية وعلم المناخ أن مساهمة المناطق الجافة في الاحترار الجوى وابعاث غاز الدفيئة ضعيفة ولا تتجاوز نسبة 5%.

شكل ( 2 ) كمية الحرارة الداخلة للأرض والخارجة منها



المصدر : عامر عيسى الياس ، عبد الحكيم الكوني ، زيادة ثاني أكسيد الكربون وسخونة الأرض ، مجلة البيئة ، السنة الرابعة ، العدد 24 ، أي النار ، 2006 ف ، ص 35

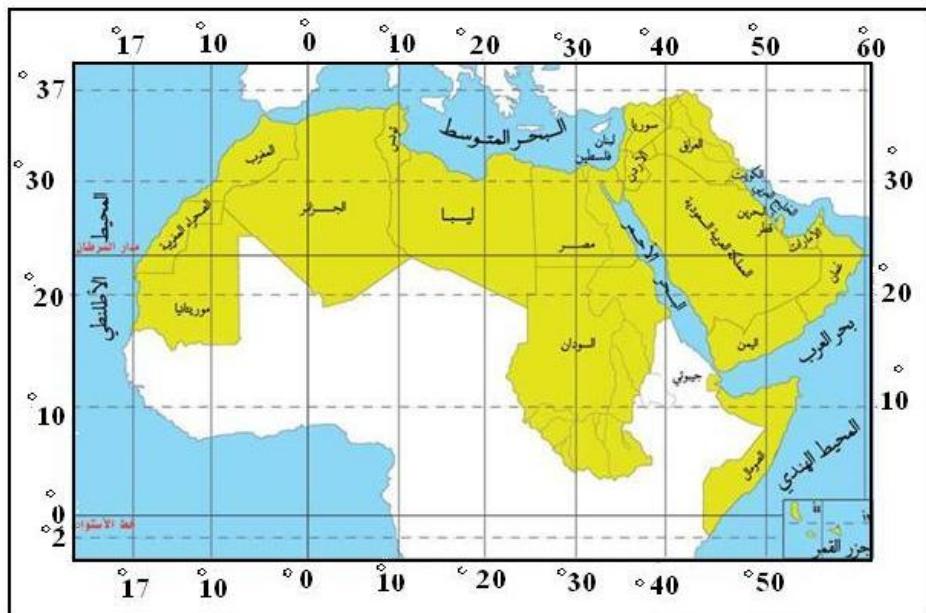
## المبحث الثاني

### التصحر في الوطن العربي

#### أولاً - واقع التصحر في عالمنا العربي:

عند إلقاء نظرة على تطور وانتشار ظاهرة التصحر يلاحظ أن الكثير من الأراضي المتصرحة أو المهددة بالتصحر تقع في أرجاء عالمنا العربي ، الذي تبين الخريطة (2) انه يقع في النطاق المداري الحار، بين خطى طول 17° غرباً و60° شرقاً ودائرة عرض 2° جنوباً و37° شمالاً، مما جعل معظم أراضيه تقع ضمن النطاق الصحراوي ، حيث يقع حوالي 80% من المساحة الكلية للوطن العربي في المناطق المناخية الجافة وبشبة الجافة ، التي تتسم بسقوط متذبذب للأمطار على مدار السنة، وبالتغير في كمياتها من سنة إلى أخرى. ( صندوق النقد الدولي ، 2002 ، ص 8 )

#### خريطة ( 2 ) موقع الوطن العربي



المصدر : موقع [www.eg-manhg.com](http://www.eg-manhg.com)، بتصرف من الباحث ، زيارة بتاريخ 31/12/2010

وقد تضافرت عوامل الموقع والمناخ مع عوامل أخرى لتجعل من الوطن العربي من بين المناطق التي التهم التصحر أجزاءً كبيرة من أراضيها ، ويهدد بالتهم المزيد ، انظر الخريطة ( 1 ) التي تبين التوزيع الجغرافي للتصحر في العالم والتي يتضح من خلالها مدى اتساع رقعة الصحراء العربية ، التي تشغّل ما يقرب من 80% من مساحة الوطن العربي ، كما توضح الخريطة المساحات المهددة بالتصحر والتي تمثل في النطاق الشبه صحراوي.

ولعل في بيانات الجدول ( 1 ) ما يؤكد ما ذهبت إليه الخريطة ( 1 ) من التنبية إلى خطورة ما يتهدّد الوطن العربي من جراء استفحال ظاهرة التصحر، فهو يبيّن أن التصحر يغطي نحو ( 8.845.9 ) مليون كيلو متر مربع من المساحة الكلية للوطن العربي البالغة ( 14.260.8 ) مليون كم<sup>2</sup>، أي نحو 68% من المساحة الإجمالية للدول العربية ، بالإضافة إلى ( 2.834.33 ) مليون هكتار من الأراضي يتهدّدها التصحر أي 19.8% من مساحة الوطن العربي .

ومن الجدول نلاحظ أيضاً أن المساحات المتصرّحة والمهدّدة بالتصحر تختلف من قطر إلى آخر وذلك على النحو التالي :

جدول ( 1 ) المساحات المتصرّحة والمهدّدة بالتصحر في الوطن العربي (ألف كم<sup>2</sup>)

القطر	المساحة الكلية	المساحة المتصرّحة	المساحة المهدّدة بالتصحر	نسبة المساحة المهدّدة %
الأردن	89	75	15.23	16
الإمارات	82	82	—	—
البحرين	0.7	0.7	—	—
تونس	165	69	59	32.06
الجزائر	2381.7	1970	230	9.66
جيبوتي	21.7	20.9	1	4
السعودية	2250	2080	17	7.56
السودان	2500	725.2	650	25.94
سوريا	175.2	17.5	109	58.87
الصومال	637	87	534	83.70
العراق	450	166.7	237.5	54.3
عمان	314	267	23	7.56
فلسطين	27	8.5	4.4	20
الكويت	18	18	—	—
لبنان	10.5	—	—	—
ليبيا	1760	1625	380	21
مصر	1100	160	36	3.27
المغرب	711	455	195	27.43
موريطانيا	1030	618.4	343.2	33
اليمن	538	400	—	—
الإجمالي	14260.8	8.845.9	2.834.33	19.8

المصدر : حسن عبد القادر صالح ، التوجيه الجغرافي للتنمية الوطنية والإقليمية دراسة تطبيقية على الوطن العربي ، عمان ، دار وائل ، 2002 ، ص 95 .

1 - يأتي السودان على رأس الدول العربية من حيث حجم مساحة الأراضي المهدّدة بالتصحر في الوطن العربي، إذ تبلغ تلك المساحة ( 650 ) ألف كم<sup>2</sup>، وهو ما يمثل 26% من المساحة الكلية لها ارتفعت إلى ( 1.260.000 ) كم<sup>2</sup> سنة 2008م. جدول (

( 2 )

2 - الصومال تلي السودان في حجم الأراضي المهددة بالتصحر والتي بلغت ( 534 ) ألف كم<sup>2</sup>، أي ما نسبته 83% من إجمالي مساحة البلاد .

3 - تحتل ليبيا المرتبة الثالثة من حيث حجم الأرضي المهددة بالتصحر، حيث بلغت المساحة الإجمالية المهددة بالتصحر ( 380 ) ألف كم<sup>2</sup>، أي ما نسبته 21% من جملة مساحة الدولة ، ارتفعت المساحة المهددة بالتصحر في ليبيا سنة 2008 م إلى ( 386.586 ) كم<sup>2</sup>.

4 - تأتي موريتانيا في المرتبة الرابعة بعد ليبيا من حيث حجم المساحة الأرضية المهددة بالتصحر والتي بلغت ( 343 ) ألف كم<sup>2</sup>. أي ما نسبته 33% من إجمالي مساحة البلاد ، ارتفعت سنة 2008 إلى ( 344 ) ألف كم<sup>2</sup>.

5 - في المرتبة الخامسة تأتي العراق حيث تتعرض 54% من مساحته للتتصحر أي ما يعادل ( 237 ) ألف كم<sup>2</sup> من المساحة الإجمالية للبلاد .

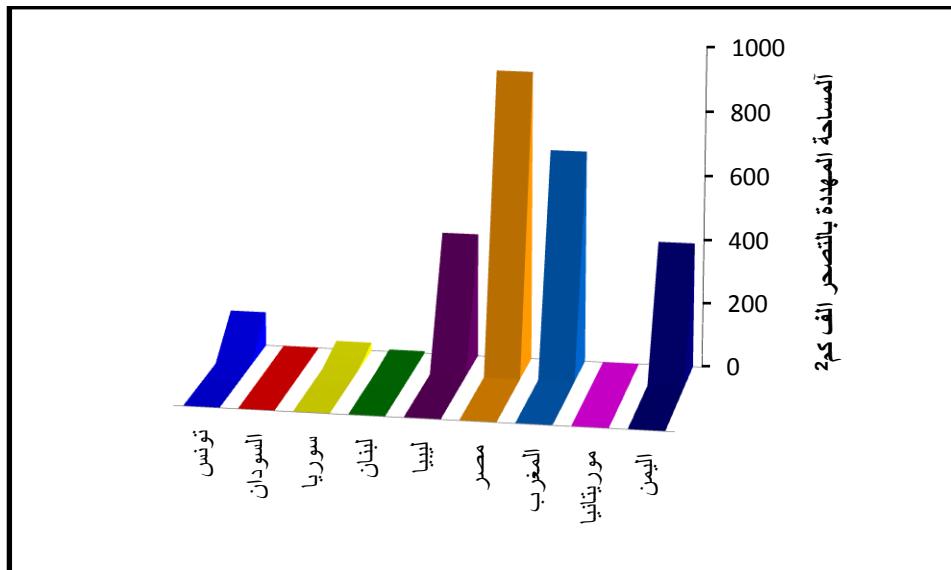
جدول ( 2 ) واقع التصحر في بعض الدول العربية سنة 2008.

رقم	الدولة	مساحة الأرضي المهددة بالتصحر (كم 2).	الأراضي المهددة بالتصحر (كم 2)
1	تونس	32927	106200
2	السودان	414000	1260
3	سوريا	34130	25243
4	لبنان	—	6271.2
5	ليبيا	—	386586.37
6	مصر	166332	901800
7	المغرب	—	661,090
8	موريتانيا	656	344
9	اليمن	—	389179.85
	الإجمالي	648045	2477974

المصدر : موقع المنظمة العربية للتنمية الزراعية [www.aoad.org](http://www.aoad.org)

ويمكن أن نورد هنا بعض الأمثلة على فداحة التصحر في وطننا العربي ،من بينها ما يحدث في المناطق الواقعة على أطراف الصحراء الكبرى ،في كل من مصر ولibia وتونس والجزائر والمغرب وموريتانيا والأقطار المجاورة التي شهدت تحول ( 50 ) سنة . وفي العراق يقدر أن 61% من الأراضي الزراعية مهددة بالتلخح حيث يبلغ معدله 8%. وهذا يعني أن كل الترب ستتلخح بعد ( 12 ) سنة إذا لم يستخدم نظام التصريف الملائم . وفي سوريا بلغت نسبة الأرضي المتخلحة ما يقارب 50% من الأرضي الزراعية الشكل ( 3 ) يبين المساحات المهددة بالتصحر في بعض أقطار الوطن العربي .

شكل ( 3 ) مساحات الأرضي المهددة بالتصحر في بعض الأقطار العربية 2008



المصدر : الباحث استنادا إلى بيانات الجدول(2)

### ثانيا. عوامل التصحر في الوطن العربي :-

تختلف عوامل التصحر المؤثرة في بيئه الوطن العربي، كما تختلف درجة خطورته من منطقة لأخرى، تبعا لاختلاف نوعية العلاقة بين البيئية الطبيعية من ناحية وبين الإنسان من ناحية أخرى ، ومن بين عوامل التصحر في الوطن العربي :

#### 1 - تكرار نوبات الجفاف :

كنتيجة لتنوع البحوث والدراسات والصيغ الرياضية للجفاف فقد ظهرت عدة تعريفات لتحديد مفهوم الجفاف ومن أكثر الصيغ الرياضية استخداما صيغة تورنويت وامبر غر وكوبن وتعرف درجة الجفاف على أنها نسبة ( P/PE ) حيث أن ( P ) هي معدل هطول الأمطار السنوي ( PE ) (وزارة البيئة الأردنية ، 2006 ، ص 15) معدل التبخر- نتج - الكامن السنوي وتبعا لذلك تصنف درجات الجفاف إلى :

جدول ( 3 ) درجات الجفاف

المناخ	النسبة
جاف جدا ( الصحاري )	$0,05 >$
جاف	$0,20 - 0,05$
شبه جاف	$0,50 - 0,21$
جاف - شبه رطب	$0,65 - 0,51$
رطب	$0,65 <$

المصدر : وزارة البيئة الأردنية ، الاستراتيجية الوطنية وخطة العمل لمكافحة التصحر ، 2006 ، ص 15

يعطي المناخ الجاف أو شبه الجاف نحو 90 % من مساحة الوطن العربي، و تبلغ المساحة التي يقل فيها معدل الهطول المطري السنوي عن ( 100 ) ملم 52 % من المساحة الكلية، أما المساحة التي يصل فيها معدل الأمطار ( 100 - 300 ) ملم

سنويًاً فهي قرابة ، 30% ، أما المساحة المتبقية فيزيد فيها معدل الأمطار عن ( 300 ) ملم سنويًاً (مجلة الزراعة والمياه في

الوطن العربي ، المركز العربي اكساد 2010، ص 53)

توالت على بعض بلدان العربية كال المغرب وتونس نوبات من الجفاف، حيث أصابت المغرب نوبات من الجفاف في فترتي 1980-1985 و 1990-1995م، بينما أصاب الجفاف تونس في 1982-1983 م ، ثم أصابها مرة أخرى في الفترة 1993-1995م (منظمة الأغذية والزراعة ، 2002 ، ص 3) .

كما تكررت حالات الجفاف في العراق في العقود الأخيرة، فقد انخفضت كميات الأمطار بنسبة 30% عن المتوسط وبطء منسوب المياه في الأنهر الرئيسية بأكثر من 50% عام 1999 م ، ونجم عن ذلك تراجع إنتاج المحاصيل الزراعية المعتمدة على الأمطار بنسبة 70% ، وانخفض إنتاج القمح والشعير بنسبة 37% ، في المنطقة الوسطى و 63% في المنطقة الجنوبية. ( هاشم نعمة ، www.geosyr.com ، 2011)

وتزداد المشكلة تعقيداً إذا ما عرفنا أن المناخ الصحراوي يسود 70% من الأراضي العراقية ، خاصة في السهل الرسوبي والهضبة الغربية ، حيث تتراوح كمية الأمطار السنوية ما بين 50-200 ملم.

وكان من نتائج الخل في التوازن البيئي خلال فترة ما بعد الثمانينات ؛ أن بدأت ظاهرة التصحر في الاستشراء على نطاق أوسع مما كانت عليه سابقاً .

## 2 - إزالة الغابات :deforestation

تحدد المعايير الدولية مؤشرات الغابات بنسبة 20% من المساحة الإجمالية لكل دولة، بينما لا تتجاوز نسبة الغابات في الوطن العربي 6.8% من المساحة الإجمالية للدول العربية سنة 2011 ، ( المنظمة العربية للتنمية الزراعية 2011 ، ص 9) وهي

نسبة متدنية بالمقارنة مع المعايير الدولية ، يتركز أكثر من 95% من مساحة الغابات العربية في خمس دول عربية هي: السودان 69% والمغرب 9.7% ، الصومال 9.6% والجزائر 4.5% السعودية 2.9% (منظمة الأغذية والزراعة FAO 2002 ، ص 3) ، وتعرض الغابات إلى الكثير من الانتهاكات والتعديات كالإزالة والاستغلال تجاري، والرعى الجائر

و التحطيب والحرائق والأمراض، وقد تراجعت مساحة الغابات خلال العقود الثلاثة الماضية بما يقارب 39 مليون هكتار أي بخسارة سنوية تقدر (بنحو 1.3) مليون هكتار نتيجة للرعى الجائر والحرائق والاحتطاب غير المرشد، كما هو الحال في الجزائر

و تونس ولبنان والمغرب ، التي بلغ معدل تراجع الغطاء النباتي فيها ( 31,000 ) هكتار، كما تراجع الغطاء النباتي في العراق نتيجة الرعي الجائر والحرق والعمليات العسكرية خلال حرب الخليج الأولى والثانية ، وقد أدى تراجع الغطاء النباتي في الأقطار

العربية إلى زيادة التعرية المائية ، وسبب في اختفاء الطبقة الخصبة من التربة، أيضاً أثر تراجع الغطاء النباتي سلباً على طاقة التخزين في السود وكفاءة الري. (فلاح أبو نقطة ، 1996 ، ص 3)

### 3 - سوء استعمال الموارد المائية:

يتحدد الاستثمار الزراعي العربي، لشكل اساسي بمقدار ما يتتوفر من الموارد المائية ،، و تعتبر (مياه الأمطار، والمياه السطحية والمياه الجوفية)، هي مصادر المياه الرئيسية في الوطن العربي حيث تقدر مياه الأمطار الهاطلة على الوطن العربي بنحو ( 2576 ) مليار م<sup>3</sup> في السنة، أما المياه السطحية فتقدر بنحو ( 225 ) مليار م<sup>3</sup> و تقدر المياه الجوفية بنحو ( 40 ) مليار م<sup>3</sup>،) (مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي، 2010، ص 53)

تنتصف الموارد المائية في المنطقة العربية بالندرة مقارنة بالمناطق الأخرى من العالم . وتزداد هذه الندرة بمرور الزمن، فهو لا يحتوي على أكثر من 0.7 % فقط من إجمالي المياه السطحية الجارية في العالم، ويتألق 2.1 % فقط من إجمالي أمطار اليابسة . والجدول ( 3 ) يبين كميات المياه المتاحة ونسبة توزيعها بين إقاليم الوطن العربي سنة 2011 م.

جدول ( 4 ) كميات المياه المتاحة ونسبة توزيعها بين إقاليم الوطن العربي (مليون متر<sup>3</sup>)

المياه غير التقليدية		المياه الجوفية		المياه السطحية		الإقليم	ت
%	الكمية	%	الكمية	%	الكمية		
5.0	595	12	4370	20	41845	المغرب العربي	1
0.4	48	0.3	109	32	66951	المشرق العربي	2
64.6	7689	83.0	30224	43	89966	الأوسط	3
30.0	3571	4.7	1712	5	10461	الخليج والجزيرة	4
100	11903	100	36415	100	209223	اجمالي المياه المتاحة	

المصدر : المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، أوضاع الأمن الغذائي في الوطن العربي، 2011 ، ص10

تقدر الموارد المائية المتاحة في الوطن العربي من جميع المصادر بنحو ( 257.541 ) مليار متر<sup>3</sup> في السنة . يتم استخدام حوالي ( 160 ) مليار متر<sup>3</sup> منها لجميع الأغراض يشكل نحو 62.1 % من إجمالي المدح . الذي يستغل حوالي ( 90 % ) منها في الزراعة والمتبقي في الصناعة والاستعمالات المنزلية.

إجمالي الموارد المائية التي تذهب هدراً جراء استخدام الري التقليدي بحوالي ( 91 ) مليار م<sup>3</sup> سنوياً، أي أن كفاءة الري السطحي الشائع في الدول العربية، والذي يمثل حوالي 76% من إجمالي المساحة الزراعية المروية، لا تتعدي 38% من إجمالي كميات الموارد المائية المستخدمة في الري السطحي (التقرير الاقتصادي العربي الموحد ، 2001 ، ص.5.5)، وساهم استخدام المفطر وغير المرشد للموارد المائية الجوفية في المناطق القاحلة إلى نضوب تلك الموارد ، خاصة تلك المخزونة في الطبقات الأقرب إلى سطح الأرض، كما أدى تكرار نوبات الجفاف إلى انخفاض مستوى الماء الجوفي ؛ بسبب انخفاض معدلات تغذية المياه الجوفية، وازداد تركيز الأملاح فيها. واتجهت الجهود إلى استثمار المياه الجوفية العميقه الحبيسة غير المتعددة في الزراعة، وهذه الممارسة عاوقب خطيرة على استقرار التجمعات السكنية في تلك المناطق، والشواهد متعددة على هجر الفلاحين لقراهم وأراضيهم التي تعرضت لتدهور واضح في العقود القليلة الماضية (التقرير الاقتصادي العربي الموحد، 2001، ص.5.5).

ثالثا - أشكال التصحر : يتخذ التصحر في الوطن العربي أشكالاً متعددة من بينها :

**1 - تدهور التربة :** إلى جانب المناخ الجاف الذي يسود أغلب الوطن العربي وترابط الأملاح وزحف الرمال هناك مجموعة

من العوامل المسؤولة لتدور التربة في الوطن. بينها الجدول (5)

جدول (5) أسباب تدهور الأراضي العربية والمساحات المتدورة

السلسل	أسباب التدهور	المساحة (مليون هكتار)
1	الرعى الجائر	288
2	فقد التربة نتيجة التعرية الريحية	103
3	فقد التربة نتيجة التعرية المائية	43
4	تراجع الإنتاجية الزراعية نتيجة تزايد الملوحة و القلوية و التغمر	82
5	فقد خصوبة التربة وتلوثها	12.7
6	تهادم البناء الأرضي وتصلب سطوح التربة	2.4
	الإجمالي	531.1

المصدر: أكاساد، "قضايا التصحر وتدهور الأراضي في المنطقة العربية" ، 2010

ومن مظاهر تدهور التربة في الوطن العربي : جدول (6)

**أ - الانجراف soil erosion :** الانجراف ظاهرة سائدة في أغلب الدول العربية وقد تسببت في تصحر نسب تتراوح بين 5-

15% من مساحة الأرض المتصرحة في العراق ومصر وتونس والجزائر، وتصل النسبة في سوريا إلى 64%

الأراضي المتصرحة ؛ وسبب هذه الظاهرة يعود إلى الظروف المناخية خاصة (الأمطار الغزيرة وسرعة الرياح) وشكل

التضاريس وانحدارها، ونوعية الصخور وخصائص التربة ونوعية الغطاء النباتي ودرجة كثافته على انجراف التربة المائي

**water erosion والريحي wind erosion** ، ويكون الانجراف سببا في فقدان أجزاء من الطبقة السطحية للتربة أو فقدانها

بشكل كامل ، تحت تأثير المياه والرياح ( عدنان رشيد الجنديل ، 1978 ، ص 225 ) فتتصبح التربة ضحلة قليلة الخصوبة.

وتترسب المواد المنجرفة في البحيرات والسدود مؤدية إلى زيادة كميات الطمي وتقليل سعتها التخزينية من جهة وإلى عرقلة

عمليات توليد الطاقة من جهة أخرى، كما قد تتركز المواد المنجرفة في الحقول المزروعة مما قد يتسبب في تدمير المحاصيل

الزراعية والطرقات وغيرها من المنشآت، أيضاً يساهم انتقال الغبار وزحف الرمال على طرق المواصلات أو المناطق السكنية

في عرقلة حركة السير بالإضافة إلى تأثيراتها الضارة في الصحة العامة وبخاصة أمراض التنفس والعيون ( هاشم نعمة ،

( 3 ، ص 2011 ، www.geosyr.com )

**ب - تملح التربة :** تنتج مشكلة الملوحة عن عوامل عديدة ، أهمها العوامل الطبيعية ، و يأتي المناخ في مقدمة العوامل المؤثرة

في درجة الملوحة إذ تؤدي زيادة كمية الإشعاع الشمسي وارتفاع الحرارة وقلة الغيم والرطوبة النسبية ونوع الرياح السائدة إلى

زيادة شدة التبخّر وبالتالي زيادة نسبة الأملاح. وتزداد خطورة

جدول (6) أشكال التصحر ودرجة انتشاره في بعض الدول العربية سنة 2009

رقم	الدولة	أشكال التصحر	درجة التصحر و معدل انتشاره
1	تونس	الانجراف ، زحف رمال ، التملح ، التغدق ، تدهور الغطاء النباتي	تصحر خفيف (23 %)، تصرح متوسط(32 %) تصرح حاد (17 %) تصرح حاد جدا(22 %)
2	الجزائر	الانجراف و الانجراد ، زحف الرمال ، التملح ، تدهور الغطاء النباتي	تصحر خفيف 2379170 هكتار ، تصرح متوسط 3677035 هكتار ، تصرح حاد 7276423 هكتار تصحر حاد جدا 4879021 هكتار.
3	السودان	عمليات التصحر للمناطق الواقعة بين خطى 18-10 درجة شمالا	الصحراء 307000 كم <sup>2</sup> ، تصرح شديد جدا (شبه صحراء) 414000 كم <sup>2</sup> ، تصرح متوسط 513000 كم <sup>2</sup> ، تصرح خفيف جدا (المناطق الجبلية)، السافانا الممطرة 825 كم <sup>2</sup>
4	سوريا	الانجراف الريحي 64 %، تراكم الرمال 5 %، التملح 6 %، الانجراف المائي 25 %	ريحي خفيف: 1210 هكتار ، متوسط : 380 هكتار ، حاد : 30 هكتار ، حاد جدا : 8 هكتار تراكم رمال خفيف: 11 هكتار ، متوسط : 267 هكتار ، حاد : 130 هكتار ، حاد جدا : 50 هكتار. تملح خفيف: 15 هكتار ، متوسط : 25 هكتار ، حاد : 60 هكتار ، حاد جدا : 40 هكتار انجراف مائي خفيف: 9 هكتار ، متوسط : 127 هكتار ، (حاد : 29 هكتار ، حاد جدا : 16 هكتار .
5	العراق	الانجراف الريحي 4.8 %، تصلب التربة 58.5 %، التملح 18.4 %، الانجراف المائي 10.8 %	هواني خفيف : 1431000 هكتار - حاد : 635000 هكتار، مائي خفيف : 4691000 هكتار ، تملح التربة خفيف : 1322000 هكتار - حاد : 6679000 هكتار، تصلب التربة خفيف : 16771000 هكتار - حاد : 8600000 هكتار
6	عمان	إزالة الأعشاب ( إزالة الغطاء النباتي) ، تعرية التربة ، الممارسات الزراعية الخاطئة ، الرعي الجائر ، الإفراط في ضخ المياه مما يؤدي إلى تملح المياه الجوفية.	لا تتوفر بيانات حول معدلات انتشار التصحر في الوقت الراهن. لكن بحكم موقع السلطنة صنفت حسب التعريف العالمي ( برنامج الأمم المتحدة للبيئة 1992م) على أنها من المناطق الجافة حيث أن (95.8%) من مساحتها تتاثر بالتصحر بدرجة فوق المتوسط.
7	لبنان	المناخ (تساقط الأمطار ، التبخّر النتحي) التربة (بنية التربة ، بنية استقرار التربة، تركيبة التربة العضوية) النبات (خطير الحرائق ، حماية التعرية ، مقاومة الفيضانات) كثافة استخدام الأرض (استخدام الأرض ، كثافة رعي القطيع) الضغط الديمغرافي .	المناخ متوسط، التربة متوسط وبقي العمليات حاد
9	ليبيا	ت تكون كثافة رملية ، انخفاض كمية و نوعية المياه الجوفية و السطحية ملح التربة و تدهورها .	درجة التصحر لكل العمليات حاد جدا ومعدل انتشارها 10 %
10	مصر	الانجراف المائي 5 %، الانجراف الهواني 15 % ، الملوحة 30 %، التلوث %20، الرعي الجائر %20	تتراوح درجة التصحر بين الخفيف والحاد جدا في الانجراف المائي والهواني ، والخفيف والحاد في الملوحة والتلوث والرعي الجائر.
11	المغرب	تراجع الغطاء النباتي الحث المائي، تصاعد المياه الجوفية	معدل الانتشار تراجع الغطاء النباتي 31,000 هكتار / السنة، الحث المائي 2,000 كم <sup>2</sup> / السنة، تصاعد الماء الجوفي 350 ألف هكتار ، درجة التصحر حاد في كل العمليات

المصدر : موقع المنظمة العربية للتنمية الزراعية www.aoad.org ، التصحر في الوطن العربي ، قاعدة بيانات البيئة الزراعية العربية ، جامعة الدول العربية ، آخر تحديث 2009،

العوامل الطبيعية بتدخلها مع عوامل أخرى كالإفراط في عمليات الري خاصة إذا كانت المياه المستخدمة تحتوي بدورها على نسب مختلفة من الأملاح ،أيضا إتباع أنظمة زراعية خاطئة قد يكون سببا في ارتفاع نسب الملوحة في التربة وتعاني أغلب الدول العربية من مشكلة الملوحة الزائدة وان كانت نسبها متباعدة من دولة إلى أخرى، ففي مشروع الري في وادي الأردن، أصيب 12% من مساحة المشروع بالتلخ في أقل من عشر سنوات من بداية المشروع عام 1960 بسبب سوء الري والصرف. كذلك الحال في العراق التي يتأملح 1% سنوياً من مساحة اراضيها المروية بسبب سوء الري والصرف. ايضا في سوريا التي وصلت نسبة الأراضي المتلخة في اراضيها المروية فيها إلى 45%. وتصل نسبة الأرضي المصرية التي تصحرت بسبب الملوحة إلى 30% من جملة الأرضي التي تعرضت للتصحر، (مجلة البيئة والتنمية، 1999، ص 4).

**2 - زحف الرمال :** كما هو الحال في تونس ، والجزائر وفي المغرب التي ادى زحف الرمال بسبب التصحر الى طمر عشرات الخزانات الصغيرة ومئات قنوات الري بعد 15 سنة من استعمالها في منطقة ورزازات. وتعرض ( 8000 ) هكتار للتغطية بالرمال خلال هذه الفترة . ونتيجة تحليل الصور الجوية لمدة (13) سنة في منطقة أم سعيد، تبين أن الكثبان الرملية تتحرك مسافة ثمانية أمتار في السنة. ( مجلة البيئة والتنمية ، 1999 ، ص 4 ) .

#### رابعا - آثار التصحر:

ترتبط آثار التصحر بالمرحلة التي وصلتها درجة تدهور الأرضي ، وهناك أربع درجات أو فئات لحالات التصحر في الوطن العربي بينها الجدول ( 6 ) وهي :

- أ- تصحر خفيف :- وهو حدوث تلف أو تدمير طفيف جدا في الغطاء النباتي والتربة لا يؤثر على القدرة البيولوجية للبيئة ، أو بحيث يمكن إهماله ، كما هو حال الصحراء الكبرى وصحراء شبه الجزيرة العربية .
- ب- تصحر معتدل :- وهو تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي وتكوين كثبان رملية صغيرة أو أخاديد صغيرة في التربة وكذلك تملح للتربة مما يقلل الإنتاج بنسبة تتراوح بين 10-15 % ، وقد تصل إلى 25% كما هو الحال في مصر .
- ج- تصحر شديد : ويحصل هذا النوع من التصحر عندما تنتشر الحشائش والشجيرات غير المرغوبية في المراعي على حساب الأنواع المرغوبة والمستحبة ،كذلك فإن هذه الدرجة من التصحر تنتشر عند زيادة نشاط التعرية مما يؤثر على الغطاء النباتي ويقلل من الإنتاج بنسبة تصل إلى 50% ، كما هو حال الأرضي الواقعة في شرق و شمال غرب الدلتا في مصر.
- د- تصحر شديد جدا: وهو اشد درجات التصحر ويحدث عندما تكون كثبان رملية كبيرة عارية ونشطة، وتكون العديد من الأخداد والأودية ، وتتملح التربة وتتدهور ويعتبر هذا النوع من أخطر أنواع التصحر ، وأمثلته كثيرة كما في العراق و سوريا و الأردن و مصر و ليبيا و تونس والجزائر والمغرب والصومال.

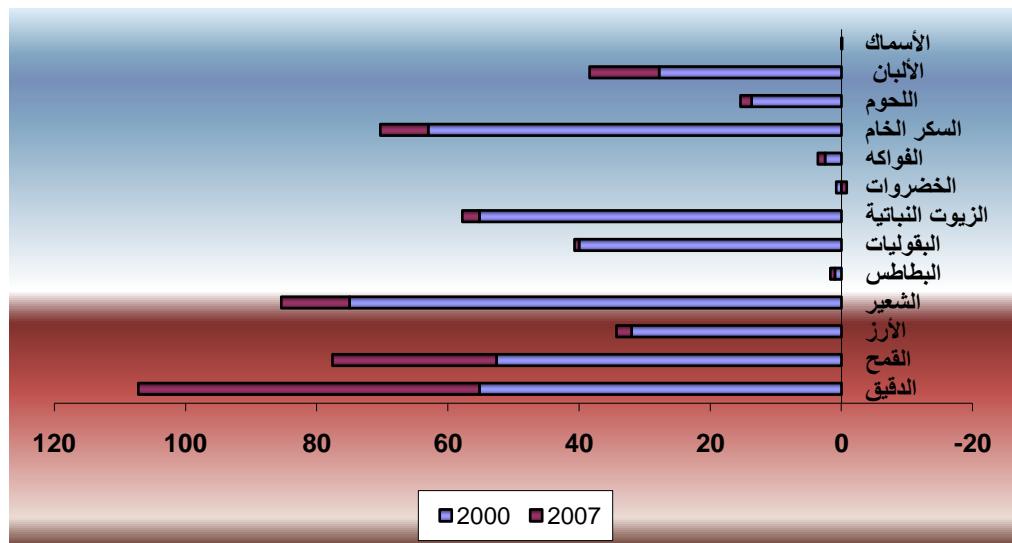
هناك آثار متبادلة بين عناصر النظام البيئي الطبيعي والتصحر ، فقد أوج التصحر ظروفاً تهدد وجود الكثير من عناصر الأنظمة البيئية المتأثرة بما فيها الإنسان؛ ومن بين هذه الآثار:

**1- نقص الغذاء:** ولإيضاح حجم المشكلة الغذائية في البلدان العربية نقبس فقرات من دراسة أجراها مركز زايد العالمي للتنسيق والمتابعة بعنوان "استهلاك الغذاء في الوطن العربي" أبانت هذه الدراسة أن العالم العربي يستورد الآن ما قيمته ( 20 ) مليار دولار سنوياً من السلع الغذائية فيما يمثل حجم الصادرات العربية حوالي 5% فقط من حجم الصادرات الكلية ، كما تمثل الواردات الزراعية نحو 16% من الواردات العربية . وما يؤثر بالسلب على مشكلة الأمن الغذائي ظهور مشكلة عجز مائي ، حيث يتوقع أن تصبح ( 13 ) دولة عربية سنة 2025 تحت خط الفقر المائي مما سيزيد من الفجوة الغذائية خلال تلك السنة لتصل إلى 50% ، وهي نسبة كبيرة يمكن أن تشكل تحدياً حقيقياً للحكومات العربية في ظل النمو المطرد للسكان، ومن بين التحديات التي تواجه الوطن العربي وجود اختلال في التوازن بين القطاعات الاقتصادية ، فقد انخفضت مساهمة القطاع الزراعي في تكوين الناتج المحلي الإجمالي في البلدان العربية، ولا تزيد مساحة الأرض الصالحة للزراعة في هذه البلدان على 5% من مساحة الوطن العربي ، كما أن اليد العاملة توزعت بشكل غير متزن فقد تراوحت نسبة من يعملون بالزراعة بين 30% إلى 60% في معظم البلدان العربية بينما تراوحت نسبة من يعملون في الصناعة بين 10% وأقل من 20% ، وأصاب الترهل قطاع التجارة والخدمات وهو القطاع الذي تزيد نسبة من يعملون به عن ثلث مجموع القوة العاملة . والجدول ( 4 ) يوضح الفجوة الغذائية التي يعاني منها سكان الوطن العربي ، من الجدول يتضح أن الوطن العربي يعاني من فجوة غذائية<sup>(3)</sup> في السلع الغذائية الأساسية من الحبوب ، والفواكه والخضروات والألبان واللحوم ، مردها إلى عدم وجود تناسب بين الكميات المنتجة من السلع الغذائية الرئيسية والكميات اللازمة لسد حاجات الاستهلاك المتزايدة ، و الشكل ( 4 ) يبين نسب هذه الفجوة خلال سنتي 2000 - 2007 م ، ومنه يتضح أن الفجوة الغذائية بدأت تضيق سنة 2007 م مقارنة بسنة 2000 م . وقدرت الفجوة الغذائية في الوطن العربي في العام 2008 بنحو ( 18 ) مليار دولاراً . (مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي، 2010، ص 40).

خلال سبع سنوات تمكنت الأقطار العربية من تحقيق زيادة في الإنتاج لأغلب السلع الغذائية الأساسية، فعلى سبيل المثال ارتفع إنتاج القمح من ( 16.8 ) مليون طن سنة 2000 م ليصل إلى ( 22.9 ) مليون طن سنة 2008، ورغم هذا الارتفاع في الإنتاج إلا أن الكميات المطلوبة للاستهلاك لازالت أكبر من الكميات المنتجة، مما يخلق مشكلة غذائية سيعجز الوطن العربي عن التغلب عليها في ظل الظروف الحالية من شح في الأمطار وتدهور التربة . والجدول ( 4 ) يبين قيمة العجز من مجموع السلع الغذائية في الوطن العربي خلال الفترة من 2009 إلى 2011 .

<sup>(3)</sup> تعرف الفجوة الغذائية بأنها صافي الواردات من السلع الغذائية الرئيسية، وبعبارة أخرى إن الفجوة تمثل الفرق بين الكميات المنتجة محلياً ومجمل الكميات اللازمة للاستهلاك المحلي.

شكل ( 4 ) مقارنة بين الفجوة الغذائية للسلع الأساسية في الوطن العربي 2000-2007



المصدر : الباحث اعتمد على بيانات التقرير العربي الموحد ، الأمن الغذائي العربي، صندوق النقد العربي، ص 177

جدول (7) قيمة العجز من مجموع السلع الغذائية في الوطن العربي

(*) 2011		2010		2009		السلعة
% من إجمالي قيمة العجز	القيمة	% من إجمالي قيمة العجز	القيمة	% من إجمالي قيمة العجز	القيمة	
53.1	19538.0	51.8	18696.2	49	15853.9	مجموعة الحبوب
26.0	9560.2	25.2	9077.1	29.9	8061.2	القمح والدقيق
11.1	4077.2	10.6	3838.6	9.3	3000.0	الذرة الشامية
8.7	3211.6	8.8	3174.0	9.1	2937.0	الأرز
6.7	2450.6	6.5	2361.1	5.5	.01772	الشعير
0.5	193.5	0.5	196.8	0.6	200.0	البطاطس
1.5	549.4	1.7	616.6	2.1	683.8	البقوليات
وجود فائض	1180.2	وجود فائض	1068.0	وجود فائض	1114.2	الخضر
وجود فائض	410.3	وجود فائض	54.9	وجود فائض	408.8	الفاكهة
6.8	2500.0	7.5	2720.6	8.8	2836.9	السكر
13.5	4980.0	13.4	4828.7	12.6	4083.3	الزيوت النباتية
16.3	6000.0	16.1	5823.1	15.5	5012.4	جملة اللحوم
8.6	3160.0	8.5	3073.3	8.1	2623.3	لحوم حمراء
7.7	2840.0	7.6	2749.8	7.4	2389.1	لحوم بيضاء
وجود فائض	810.0	وجود فائض	618.2	وجود فائض	742.8	أسماك
وجود فائض	50.0	0.3	111.1	وجود فائض	68.4	البيض
8.2	3000.7	8.6	3093.5	11.4	3683.8	الألبان ومنتجاتها
100.0	34311.1	100.0	34345.4	100.0	30019.8	اجمالي القيمة

المصدر: جامعة الدول العربية ، المنظمة العربية للتنمية الغذائية، اوضاع الأمن الغذائي العربي ، 2011 ، ص49

(\*) تقديرات المنظمة العربية للتنمية الزراعية .

من خلال الجدول (4) يتضح أن العجز في السلع الغذائية استمر بعد سنة 2007 الموضحة في الشكل (4) فباستثناء بعض السلع الغذائية كالخضروات والفاكهة والأسماك والبيض فإن الوطن العربي لازال يعاني عجزاً واضحاً في السلع الغذائية خاصة مجموعة الحبوب التي ارتفعت نسبة العجز فيها من 49% سنة 2009 إلى 53.1% سنة 2011.

2 - الآثار الحيوية : ينبع عن التصحر خسارة للتوع البيولوجي فقد أكد علماء البيولوجيا أن حوالي (10) ألف نوع من الكائنات الحية يفقد كل عام مع اختفاء أجزاء من الغابة الاستوائية على نطاق واسع ، كما أن من النتائج الحيوية للتصحر مساهمته في تدهور التربة ، فمن المتوقع أن يقضي التصحر على ثلثي الأراضي الزراعية في المناطق الجافة ويهدد حياة ( 900 ) مليون شخص بسبب تردي التربة (مجلة العلوم الاجتماعية الالكترونية . www.swmsa.com). من الأمثلة الصارخة التي نتجت عن تجفيف اهوار العراق تراجع أعداد حيوان الجاموس المعطاء الذي يعيش قرب الأنهر والاهوار من ( 148,000 ) رأس في 1990 إلى (65,000) رأس في 2001 م.

وتراجع صيد الأسماك من (31,500) طن متري في 1990 إلى ( 22,500 ) طن متري في 1996 علماً أن هذه الإحصاءات رسمية .

ومثال آخر على آثر التصحر على البيئة العربية (السودان) التي كانت الأراضي التي التهمها التصحر ذات يوم أراض منتجة وغنية بالتنوع البيولوجي الزراعي، ولكن التصحر الذي أصاب مناطق شاسعة من البلاد تسبب في تعریض أنواع المحاصيل وأصناف النباتات التقليدية والمحلية التي تشكل الغذاء الأساسي للسكان في المناطق الجافة من السودان للخطر . كما عانت أنواع الذرة الرفيعة، وأصناف المحلية من القول السوداني، والكركديه، واللوبيا نتيجة للتغيرات المناخية في المناطق المتأثرة من البلد، أيضاً هناك قائمة طويلة من أنواع الشجر الهامة التي يتهددها خطر الانقراض بسبب تكرار موجات الجفاف المسببة للتصحر في مناطق عديدة من السودان، مما سيزيد من تفاقم المشكلة خاصة ولا يتي كردفان ودارفور. كما أثر الجفاف تأثيراً مباشراً على إنتاج الصمغ من أشجار الصمغ العربي (الهشاب). (رونيون، 1996، ص 46).

2 - الآثر البيئي للتصحر : إن درجة الجفاف تعد من أهم العوامل التي تؤدي إلى وجود ظاهرة الزحف الصحراوي التي تتسع بتضليل عاملين:

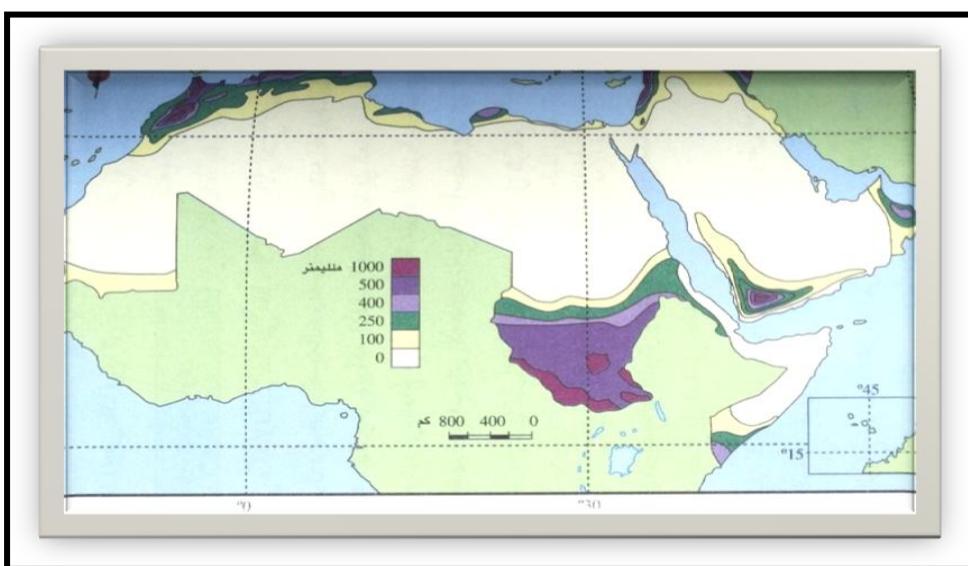
أ - عامل الجفاف كعامل طبيعي .

ب أنشطة الإنسان واستغلاله المفرط للغطاء النباتي والأراضي.

نتيجة لهذين العاملين تتسع ظاهرة الزحف الصحراوي لتشمل مناطق جافة على نحو لا يمكن إزالتها (حسن عبد القادر ، منصور حمدي أبو علي ، 1989 ، ص 58).

والجفاف إلى جانب كونه عامل يساهم في اتساع رقعة الصحراء فإنه يهدد بتدور النظم الإيكولوجية ، فتدور النظم الإيكولوجية في الوطن العربي سببه الرئيس النقص الشديد في معدلات سقوط الأمطار في كل المنطقة . خريطة ( 3 ) توضح توزيع الأمطار في الوطن العربي ، ومنها نلاحظ مدى تدني معدلاتها ، ففي رقعة شاسعة

خريطة ( 3 ) متوسط المطر السنوي في الوطن العربي



الصديق محمد

المصدر :

العاقل ، الجغرافية الطبيعية للوطن العربي ، عمان ، المطبعة الوطنية ، 2002 ، ص 87.

من الوطن العربي يقل الامطار السنوي عن 100 ملم ، وهذا المعدل لا يصلح للزراعة المطرية فيما عدا بعض المنخفضات والواديان التي تجمع فيها المياه .

وفي الفترة الواقعة بين سنتي 1968 و 1973 ؛ أدى الجفاف إلى نقص الإنتاج الغذائي ، فالجفاف الذي ضرب أفريقيا عدة مرات جعل دول القارة تتنافس في أسواق الحبوب العالمية لشراء ما يكفيها من الحبوب ، فعلى سبيل المثال أجبرت الجزائر سنة 1975 و بعد سنوات من التدني البيئي المصحوب بالجفاف ، على شراء حوالي مليوني طن من القمح لسد حاجة السكان ( محمد عبد النبي بقي، 1991، ص 37 )

إضافة إلى ما سبق يؤدي الجفاف إلى تعريض بعض الأنواع من النباتات والحيوانات لخطر الانقراض ، وينبغي أن يكون هناك إدراك واضح بأن انقراض التنوع البيولوجي لا يمكن استرجاعه ، كما تؤدي فترات الجفاف المتعددة إلى تدهور الموارد ، ويتجلى ذلك بشكل واضح في نقص المياه الشديد وهبوط الإنتاجية في الأراضي المزروعة ، وزيادة استنزاف المخزون الجوفي . ( منظمة الأغذية والزراعة FAO ، ص 30 ) .

والتصحر أحد العوامل الرئيسية التي تعيق التنمية الاجتماعية والاقتصادية في البلدان العربية ويزيد بدوره من المشاكل الاقتصادية التي تواجه هذه البلدان وهذه المشاكل تعمل بدورها على تفاقم التدهور البيئي وهكذا تواجه هذه البلدان حلقة مفرغة، فحالة البيئة لا يمكن فصلها عن حالة الاقتصاد. ومن هنا يتبيّن لنا أن التخلف الاقتصادي والتدهور البيئي يعزز كل منهما الآخر لتكريس التخلف في كثير من الأقطار العربية . ( منظمة الأغذية والزراعة FAO ، ص 30 ) .

### 3- الآثار الاجتماعية للتصحر:

تتمثل النتائج الاجتماعية للتصحر في تزايد نزوح سكان الريف والرعاية نحو المدن طلباً للعمل ولحياة أفضل، فالتدحرج في النظام البيئي يعمل على عرقلة استغلال الموارد بل قد يؤدي إلى تعريضها للشلل التام ، مما يضع سكان المناطق المتضررة من التصحر أمام خيارات صعبة قد يكون أحلاهما مر ، فإما أن يبقوا في مناطقهم ويتحملوا الجوع واحتمالية الموت في كل لحظة وحين ، أو يقرروا النزوح إلى مناطق أخرى للتخلص من أوضاعهم المعيشية الصعبة وهذا في الغالب الأعم ما يفعله سكان تلك المناطق، وسيشكّل هذا النزوح ضغطاً متزايداً على الإمكانيات المحدودة للمدن التي سيختارها النازحون مفراً لهم ، ويولد ضغط النزوح الكبير من المشاكل الاجتماعية في المدن مثل: انخفاض المستوى المعيشي ، البطالة قلة الخدمات الصحية والتعليمية، قلة السكن، التوترات والنزاعات الاجتماعية، الإخلال بالأمن... الخ، ثم إن إفراغ الريف من سكانه وترك الأرض يساهم هو الآخر في استمرار التصحر. ففي العراق تدهور الزراعة ترافقاً مع تسارع هذه الهجرة التي نتج عنها استنزاف ثابت للقوى العاملة الزراعية في 5 سنوات فقط ( 1970-1975 ) انخفضت هذه النسبة 10% . ( محمد عبد النبي بقي، 1991، ص 37 )

### خامساً : الجهود العربية في مكافحة التصحر

إن إدراكاً من الدول العربية لخطورة التصحر وللحذر من آثاره السلبية فقد عملت بالتعاون مع المنظمات الدولية المتخصصة على اتخاذ الخطوات اللازمة لمكافحة هذه الظاهرة وتمثلت جهود المكافحة في إنشاء عدد من المشاريع نستعرض بعضها كأمثلة على الجهود المبذولة لمكافحة التصحر في الوطن العربي : (موقع المنظمة العربية للتنمية الزراعية [www.aoad.org](http://www.aoad.org) )

#### أولاً - ليبيا :

عملت ليبيا جاهدة على محاولة القضاء على ظاهرة التصحر وسبباتها ، والحد من آثارها التي شملت مساحات واسعة من أراضيها وذلك عن طريق إنشاء مجموعة من المشاريع من بينها :

#### 1- مشروع النهر الصناعي :

يعتبر هذا المشروع أحد أكبر المشاريع المائية في العالم والذي وضع حجر الأساس له يوم الثامن والعشرين من شهر أغسطس عام 1984 م، ارتكز تنفيذ هذا المشروع أساساً على عدة مراحل خريطة ( 4 ). تمثل المرحلتان الأساسيةان منها، نهرين يشقان الصحراء من جنوبها إلى شمالها ليلتقيا بالمرحلة الثالثة المتكونة من ثلاثة أجزاء تربط الآبار الواقعة بشمال الكفرة بأنابيب نقل

مياه المرحلة الأولى بتازربو ومد خط من الأنابيب لنقل المياه ليربط خزان التجمع والموارنة في أجدابيا بمدينة طبرق، وربط المرحلة الأولى بالمرحلة الثانية عن طريق ربط خزان الفرضائية بسرت مع منظومة المرحلة الثانية بمنطقة القداحية، وتبلغ كميات المياه من منظومتي المرحلة الأولى والثانية للنهر الصناعي العظيم، أكثر من مليوني متر مكعب من المياه يومياً خصص منها ما يساوي 65% للزراعة، وحوالي 30% للشرب و 5% للصناعة والجدول ( 8 ) يبين المسافات التي يقطعها النهر بمراحله المختلفة. قد توالٍت مراحل المشروع للحد من مشكلة نقص المياه بوصال مياهه إلى مختلف مناطق ليبيا على النحو التالي:

#### خريطة ( 4 ) مراحل مشروع النهر الصناعي



المصدر : الإدارية الفنية لخزان الفرضائية (سرت) ، زيارة ميدانية صحبة طلاب قسم الجغرافيا كلية التربية جامعة مصراتة . 2010

- في الثامن عشر من شهر اغسطس 2007 موصلت مياه النهر إلى ، خزان أبو زيان ؛ بالجبل الغربي، وتدفقت

#### جدول ( 8 ) مسار وأطوال خطوط أنابيب النهر الصناعي

رقم	المسار والمسافة	رقم	المسار والمسافة
1	الكفرة - تازربو 350 كلم	5	تازربو - أجدابيا 650 كلم
2	السرير - أجدابيا 380 كلم	6	أجدابيا - طبرق 400 كلم
3	أجدابيا - بنغازي 150 كلم	7	أجدابيا - سرت 400 كلم
4	سرت - طرابلس 400 كلم	8	شرق فزان - طرابلس 650 كلم

المصدر موقع: [www.alansar](http://www.alansar): زيارة بتاريخ 7/1/2011

في هذا الخزان المقام بالوادي الذي كان لشدة قحط الطبيعة يسمى " وادي الغولة" .

وفي التاسع عشر من شهر أغسطس 2007 م ، التقت في( القرضابية - السادة ) منظومة (السرير / سرت / تازربو/بنغازى)،  
بمنظومة (الحساونة/ سهل الجفارة).

وفي الثاني والعشرين من شهر أغسطس 2007 م، افتتحت محطة ضخ المياه من خزان عمر المختار بسلوق إلى خزان عمر  
المختار الكبير البالغة سعته 24 مليون متر مكعب .

وفي السادس والعشرين من شهر أغسطس من العام نفسه 2007 وصلت مياه النهر إلى مشروع أبو عائشة الزراعي، التابع  
لجهاز استثمار منظومة جبل الحساونة الجفارة والذي تبلغ مساحته الإجمالية 4700 هكتار.

ويغذي هذا المشروع بالمياه من المسار الأوسط لمنظومة النهر الصناعي العظيم، بتدفق يصل إلى 20 ألف متر مكعب من المياه  
يومياً لري مزارعه البالغ عددها 664 مزرعة مساحة كل منها خمس هكتارات.

- وفي الثالث والعشرين من شهر أكتوبر 2008 م، وصلت مياه النهر الصناعي إلى مدينة الخمس.

- وانتهت في بداية شهر يونيو من العام الحالي 2010 م، الأعمال بمشروع خط نقل تفريعة (طرابلس - بئر ترفاش ) لنقل مياه  
النهر الصناعي من مدينة طرابلس إلى منطقة بئر ترفاش، مروراً بمناطق سيدى السايج، السبيعة، العزيزية، بطول 62 كيلومتر،  
بلغت قيمة هذا المشروع الذي نفذته شركة النهر لتصنيع الأنابيب والإنشاء وأشرف عليه جهاز تنفيذ وإدارة مشروع النهر  
الصناعي ( 222,917,450 ) ديناراً، ويشتمل المشروع على 9 خزانات زراعية على امتداد الخط، وثلاث فتحات تغذية رئيسية  
لتغذية المناطق الواقعة على مساره، وبهذا يكون النهر الصناعي قد ساهم في الحد من مشكلة نقص المياه الذي كانت تعاني منه  
المناطق الساحلية في ليبيا .

2 - مشروع تثبيت الرمال في مناطق فم اللغاوة وأبو نجيم على مساحة تقدر بـ 10 هكتارات .

3 - مشروع تطبيق تقنية الري الجاف في كامل ليبيا

4 - مشروع مراقبة التصحر والإذار المبكر للجفاف في كامل أراضي ليبيا.

5 - مشروع التشجير متعدد الأغراض على مساحة تقدر 7700 هكتار في منطقتي رأس هلال ، سلومة.

ثانياً : دولة الإمارات : وتمثلت جهود المكافحة في إنشاء عدد من المشاريع من بينها:

1- التشجير : تستهدف برامج التشجير استزراع ( 200 ) ألف هكتار موزعة على: المنطقة الشرقية من إمارة أبو ظبي ( 80 ) ألف  
هكتار وفي العين ( 30 ) ألف هكتار وفي دبي ( 8 ) ألف هكتار.

2 - الإكثار من الأحزمة الخضراء .

3 - مكافحة الرعي الجائر

4 - تشجيع استخدام التقنيات الحديثة في الري كالري بالتنقيط

**ثالثاً : الأردن :** حدت الأردن حذو بقية الدول العربية في التصدي لظاهرة التصحر ومكافحتها وتمثلت جهود المكافحة في إنشاء عدد من المشاريع من بينها:

1- مشروع التحرير للمناطق التي تصلح للزراعة.

2- مشروع صيانة وتطوير الأراضي في المناطق الجبلية.

3- مشروع تطوير المراعي واستصلاح الأراضي.

4- إنشاء شبكة صرف زراعي تخدم ( 2500 ) هكتار.

**رابعاً : الإمارات العربية :** وتمثلت جهود مكافحة في دولة الإمارات في إنشاء عدد من المشاريع من بينها:

1- التشجير: تستهدف برامج التشجير استزراع ( 200 ) ألف هكتار موزعة على: المنطقة الشرقية من إمارة أبو ظبي ( 80 ) ألف هكتار وفي العين 30 ألف هكتار وفي دبي 8 آلاف هكتار.

2 - الإكثار من الأحزمة الخضراء.

3 - مكافحة الرعي الجائر .

4 - تشجيع استخدام تقنيات الري الحديثة

**خامساً: قطر :** وتمثلت جهود مكافحة في قطر في إنشاء عدد من المشاريع من بينها:

1 إنشاء مجموعة من المشاريع مثل مشروع مزرعة وادي العريق. ومشروع الأغنام، -مشروع زارعة النخيل

2- إقامة محمية طبيعية في منطقة تمباك شمال الدوحة.

3- مشروعات تثبيت الكثبان الرملية.

## النتائج

- ترتب عن التصحر الذي شمل مساحات شاسعة من أراضي الوطن العربي مجموعة من النتائج أوجزها في النقاط التالية :
- 1 - لموقع الوطن العربي وظروفه المناخية السائدة اثر في زيادة رقعة الأرض المتضررة والمهددة بالتصحر.
  - 2 - التصحر ظاهرة تطلق على عملية هدم أو تدمير موارد المياه ، والتربة التي تعتبر من الموارد الطبيعية الهامة وتدهورها يؤثر بشكل مباشر في الزراعة والنبات الطبيعي ، والتي يمكن أن تؤدي في النهاية إلى ظروف تشبه ظروف الصحراء .
  - 3 - من الملاحظ عند إلقاء نظرة على تطور وانتشار ظاهرة التصحر هو أن الكثير من هذه الأراضي المتضررة أو المهددة بالتصحر تقع في أرجاء عالمنا العربي .
  - 4 - أن مساحة 1% من الأراضي المروية في العراق يتملأ سنويًا أي تصبح في نطاق الأراضي المتضررة وفي سوريا، فإن نسبة الأرضي المتملحة تقارب 50% من الأراضي الزراعية.
  - 5 - تختلف حالات التصحر في الوطن العربي كما تختلف درجة خطورته من منطقة لأخرى تبعاً لاختلاف نوعية العلاقة بين البيئة الطبيعية من ناحية وبين الإنسان من ناحية أخرى.
  - 6 - يأتي السودان على رأس الدول العربية من حيث حجم مساحة الأراضي المهددة بالتصحر في الوطن العربي إذ تبلغ تلك المساحة 650 ألف كم² وهو ما يمثل 26% من المساحة الكلية للسودان.
  - 7 - تتمثل النتائج الاجتماعية للتصحر في تزايد نزوح سكان الريف والرعاية نحو المدن طلباً للعمل ولحياة أفضل، فالتدحرج في النظام البيئي يعمل على عرقلة استغلال الموارد بل قد يؤدي إلى تعريضها للشلل التام.
  - 8 - يعود السبب الرئيس في تدهور النظم الإيكولوجية في الوطن العربي إلى الفحص الشديد في معدلات سقوط الأمطار في كل المنطقة.
  - 9 - تبذل الدول العربية جهوداً مضنية في مكافحة التصحر وذلك للحد من آثاره وللحد من انتشاره .
  - 10 - يمثل مشروع النهر الصناعي العظيم محاولة جادة لمكافحة التصحر والحد من آثاره السلبية .

## المراجع

**أولاً : الكتب :**

- 1 - الجنديل ، عدنان رشيد ، الزراعة ومقوماتها في ليبيا ، الدار العربية للكتاب ، تونس ، 1978 .
- 2 - العاقل ، الصديق محمد ، 2002 ، الجغرافية الطبيعية للوطن العربي المطبعة الوطنية ، عمان .
- 3 - المحishi ، عبد القادر مصطفى ، عبد الرزاق البطيحي 1999 ، التصحر ، مفهومه ، انتشاره المكاني ، أسبابه ، نتائجه ، سبل مكافحته ، الجامعة المفتوحة ، طرابلس .
- 4 - بقى ، محمد عبد النبي ، 1991 ، التصحر في شمال أفريقيا الأسباب والعلاج ، ترجمة : عبد القادر المحishi المركزي العربي لأبحاث الصحراء ، مرزق .
- 5 - حبيب ، حسن ، 2001 ، التصحر والدور المنشود للأفراد والمنظمات الأهلية ، ورقة مقدمة إلى الندوة الثامنة لجمعيات المكتبات في بلاد الشام .
- 6 - عبد القادر ، حسن ، منصور حمدي أبو علي ، 1989 ، الأساس الجغرافي لمشكلة التصحر ، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان .
- 7 - عبد القادر صالح ، حسن ، 2002 ، التوجيه الجغرافي للتنمية الوطنية والإقليمية دراسة تطبيقية على الوطن العربي ، دار وائل ، عمان .

**ثانياً : الدوريات :**

- 1 - رونيون ، 1996 ، مقاومة التصحر ، مجلة العلوم ، المجلد 12 ، العددان 5،6 .
- 2 - ريتشارد آلي ، التغير المفاجئ في المناخ ، مجلة العلوم ، المجلد 20 ، العددان 10/11 أكتوبر / نوفمبر ، 2004 ، ص 58 مص ، 59 .
- 3 - الياس ، عامر عيسى ، عبد الحكيم الكوني ، 2006 ، زيادة ثاني أكسيد الكربون وسخونة الأرض ، مجلة البيئة ، السنة الرابعة ، العدد 24 .
- 4 - نعمة ، هاشم ، 2003 ، ظاهرة التصحر وأبعادها البيئية والاقتصادية والاجتماعية في العالم العربي ، مجلة الحوار المتمدن ، العدد 629 .
- 5 - علي غليس ناهي السعدي ، بنابر ، 2009 ، المفهوم والمنظومة الجغرافية لظاهرة التصحر ، مجلة ميسان للدراسات الأكاديمية ، المجلد الثامن ، العدد ، 15 .

6 - مجلة الزراعة والمياه في الوطن العربي، 2010 ، الارشاد الزراعي في الوطن العربي تحديات قديمة وادوار جديدة العدد 26 .

**ثالثاً : الهيئات الدولية :**

- 1 - الأمم المتحدة ، اللجنة الاقتصادية لأفريقيا، مكتب شمال أفريقيا، 2003 ، مكافحة الجفاف والتصحر في شمال أفريقيا ، طنجة، المغرب .
- 2 - الهيئة الدولية الحكومية المعنية بتغير المناخ ، IPCC، 2001 ، تغير المناخ (التأثيرات ، التكيف ، سرعة التأثير ) ، المنظمة العلمية للأرصاد الجوية ، برنامج الأمم المتحدة للبيئة .
- 3 - منظمة الأغذية والزراعة FAO ، 9-13 مارس ، 2002 ، الخطط طويلة الأجل بشأن إدارة ظاهرة الجفاف وتخفيف آثارها في الشرق الأدنى ، المؤتمر الإقليمي السادس والعشرون للشرق الأدنى ، طهران .
- 4 - صندوق النقد العربي، 2002 ، التقرير الاقتصادي الموحد .
- 5 - الصندوق الدولي للتنمية الزراعية، 2010 التصحر .
- 6 - جامعة الدول العربية ، المنظمة العربية للتنمية الغذائية، اوضاع الأمن الغذائي العربي ، 2011.
- 7 - وزارة البيئة الأردنية ، الاستراتيجية الوطنية وخطة العمل لمكافحة التصحر، 2006 .

**رابعاً : الواقع الالكترونية :**

- 1 - مجلة ضاد الالكترونية ، 2006/12/2 ، التصحر ظاهرة لها أسبابها، .
- 2 - مجلة العلوم الاجتماعية الالكترونية www.swmsa.com .
- 3 - مجلة البيئة والتنمية الالكترونية ، التصحر في العالم العربي ، العدد 17 ، 1999 . http://www.afedmag.com .
- 4 - موقع المنظمة العربية للتنمية الزراعية www.aoad.org .
- 5 - موقع الموسوعة الحرة ويكيبيديا ar.wikipedia.orgar.
- 6 - موقع المنظمة العربية للتنمية الزراعية www.aoad.org .

## تقدير العسرة الكلية وبعض الخصائص الكيميائية في عينات من مياه الشرب المعبأة المنتجة محلياً في مدينة مصراته - ليبيا

Determination of Total Hardness and some Chemical Properties in some Bottled water samples Manufactured in Misurata City – Libya

إبراهيم محمد العصاوي<sup>1</sup>, فاطمة الصادق الضراط<sup>1</sup> و رمضان نصر الهلوبي<sup>2</sup>

قسم الكيمياء - كلية العلوم / جامعة مصراته 2 الأكاديمية الليبية / فرع مصراته

### الملخص

مع الازدياد المضطرد لأعداد السكان في العالم والاعتماد على النمط الاستهلاكي للحياة العصرية يزداد الطلب على المياه الصالحة للشرب والتي تتوفر فيها الضمانات الصحية كل ذلك أدى إلى ظهور صناعة تعبئة المياه في عبوات تتراوح من 0.25 لتر إلى 18 لتر وتعرف المياه المعبأة Bottled water بأنها تلك المياه التي تعبأ في قنينات لغرض الاستهلاك البشري

الهدف من هذه الدراسة هو تقدير العسرة الكلية وبعض الخصائص parameters في عينات من مياه الشرب المعبأة بمدينة مصراته. تم تجميع ثلاثون عينة من السوق المحلي وتقدير العسرة الكلية بالإضافة إلى مجموعة الأملاح الكلية الذائبة، الصوديوم، البوتاسيوم، الكربونات، البيكرbonates، القلوية الكلية، عسرة الكالسيوم وعسرة الماغنيسيوم. النتائج المتحصل عليها تمت مقارنتها مع المعايير الموصى بها في المعايير العالمية (WHO) وأبحاث سابقة.

من خلال التحليل الاحصائي (Correlation ( $R^2$ ) and Stepwise method) تم ربط النتائج المتحصل عليها للعسرة مع نتائج الخصائص (Parameters) الأساسية التي تم تقديرها حيث لوحظ أن الخصائص التي تؤثر على تركيز العسرة الكلية في العينات المدروسة هي تركيز عسرة الكالسيوم وعسرة الماغنيسيوم.

**الكلمات الدالة :** المياه المعبأة ، العسرة الكلية ، عسرة الكالسيوم والماغنيسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الأملاح الكلية الذائبة ، مدينة مصراته ، ليبيا.

الراسل: د إبراهيم محمد العصاوي E-mail: assawii68@gmail.com.

### -1- مقدمة

إن توفر مياه الشرب النقية والصالحة في قارورات مختلفة الاحجام صغيرة ومتوسطة وكبيرة سهل النقل والحفظ وزاد من الاستهلاك حيث أصبح الماء موجوداً وسهل الحصول عليه وإحضاره لمكان العمل والسكن والإقامة وأنشاء السفر والترحال. لقد نما قطاع المياه المعبأة بسرعة فاقت سرعة نمو صناعة المشروبات الأخرى بجميع اشكالها الغازية وغير الغازية فيقدر ما تتوفر المياه المعبأة في الأسواق بقدر ما يتزايد الإقبال عليها وتناولها ويفضل الكثيرون من الناس شرب المياه المعبأة عن مياه الحنفية وذلك لأسباب عديدة منها خلو

المياه المعبأة من الطعم الكيماوي من الكلور ومن تم إعتقد المستهلك بالفوائد الصحية لأن المياه المعبأة معالجة طبياً وصناعياً ومعدة أصلاً للشرب وعادة يتم إقتناها من أقرب مكان وفي أسرع وقت حتى وإن كانت باهظة التكاليف أحياناً قياساً على مياه الشرب المنزلية.

في أغلب الدول الأوربية لا يشرب الكثيرون من السكان مياه الحنفية ويزداد استهلاك المياه المعبأة عالمياً بمعدل 7% سنوياً حتى في البلدان الصناعية التي يحصل فيها السكان على مياه منزلية عالية الجودة. في بعض الأحيان تكون المياه المعبأة هي المياه المعدنية الطبيعية ومياه الينابيع والمياه المكررة وتستوفي المياه المعدنية معايير محددة وتابته فهي مياه جوفية نقية وخالية من الميكروبات كما أنها خالية من التلوث ويتم سحبها بطرق فنية وتحتوي على نسب تابته من المعادن والعناصر النادرة ، وهي مياه طبيعية لا تعالج ولا تضاف إليها أي عناصر أخرى خارجية أما النوع الثاني فهي مياه الينابيع المعبأة وهي أيضاً مياه جوفية محمية من التلوث محدودة المعالجة عند الضرورة مثل التهوية الكافية بعد سحبها من الينابيع ، أما النوع الثالث فهي المياه التي تعالج طبيعياً و كيميائياً لإزالة بعض العناصر والمواد العالقة والزائدة و تعالج بطرق مثل التقطير والتناضح العكسي وازالة التأين وتحمّل هذه المياه من الانهار أو البhips(عمر ، 2010). هناك دراسات عديدة تم إجراؤها على المياه المعبأة

[1 ، 2 ، 4 ، 6 ، 7 ، [ 17 – 20 ] ، 24 ، 25 ].

تهدف هذه الدراسة إلى تقدير العسرة الكلية وبعض الخصائص parameters في عينات من مياه الشرب المعبأة بمدينة مصراته. كمجموع الأملاح الكلية الذائبة ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكربونات ، البيكربونات ، القلوية الكلية ، عسرة الكالسيوم وعسرة المغنيسيوم ومقارنة النتائج المتحصل عليها مع الموصفات العالمية (WHO) والمحليّة وأبحاث سابقة. كما تم ربط النتائج المتحصل عليها للعسرة مع نتائج المتغيرات الأخرى التي تم تقديرها ومعرفة مدى تأثير (تغير) تركيز العسرة في المياه بتراكيز هذه العناصر من خلال التحليل الإحصائي.

## 2 - المواد وطرق البحث

في هذه الدراسة تم إجراء التحاليل الكيميائية على مياه 30 عينة تجارية ( مصنع أو وحدات تحلية ) لمياه شرب معبأة داخل مدينة مصراته ، وقد جمعت عينات المياه من مصانع إنتاجها مباشرة والبعض الآخر من بعض المحلات التجارية الخاصة بتحلية وبيع المياه مع الأخذ في الإعتبار عند جمع العينات حداثة إنتاج العبوات لنفادي إمكانية تغير بعض خصائص المياه مع إقتراب إنتهاء الصلاحية وكذلك سلامية العبوات من حيث عدم وجود أي ثقوب والغطاء المحكم الجيد ، وأن تشمل عملية أخذ العينات من مصانع موزعة قدر الإمكان على مختلف مناطق مدينة مصراته ، أسماء العينات موضحة بالجدول رقم (1).

تم تقدير كلاً من مجموع الأملاح الكلية الذائبة ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكربونات ، القلوية الكلية ، عسرة الكالسيوم وعسرة المغنيسيوم إضافة للعسرة الكلية. الجانب العملي تم بمركز البحث والإستشارات ( قسم البحوث الحيوية ) في جامعة مصراته وذلك حسب الطرق القياسية (APHA) 1975,1975. تم استخدام الإرتباط ( Correlation R<sup>2</sup> ) لدراسة فيما إذا كان هناك علاقة ارتباط بين تركيز العسرة الكلية (TH) للمياه وتركيز المكونات الأخرى محل الدراسة (بمعنى هل تراكيز هذه المكونات تحت الدراسة تؤثر على تركيز العسرة بالنقص أو الزيادة )

جدول (1) عينات المياه المعبأة

رقم العينة	الاسم التجاري	حجم العينة	رقم العينة	الاسم التجاري	حجم العينة	حجم العينة
1	الواحة	10 لتر	16	الرويان	7 لتر	7 لتر
2	الجرة	7 لتر	17	أنهار صافية	1.5 لتر	1.5 لتر
3	شيماء	1.5 لتر	18	نبع الحياة	7 لتر	7 لتر
4	أروه	7 لتر	19	نبع صافية	1.5 لتر	1.5 لتر
5	المزن	1.5 لتر	20	الهنا	0.5 لتر	7 لتر
6	الضيافة	0.5 لتر	21	النيل	7 لتر	7 لتر
7	السكت	7 لتر	22	الكأس	7 لتر	7 لتر
8	فكتوريا	7 لتر	23	سما	330 ملل	1.5 لتر
9	شافية	330 ملل	24	العدق	7 لتر	7 لتر
10	أوجلة	7 لتر	25	المميز	7 لتر	7 لتر
11	اكوا ليبيا	7 لتر	26	فلاجة	7 لتر	7 لتر
12	راوية	7 لتر	27	الفصول الاربعة	7 لتر	7 لتر
13	المدينة	7 لتر	28	الفرات	7 لتر	1.5 لتر
14	المنهل	7 لتر	29	منعشة	7 لتر	7 لتر
15	العذبة	1.5 لتر	30	زمزم	1.5 لتر	7 لتر

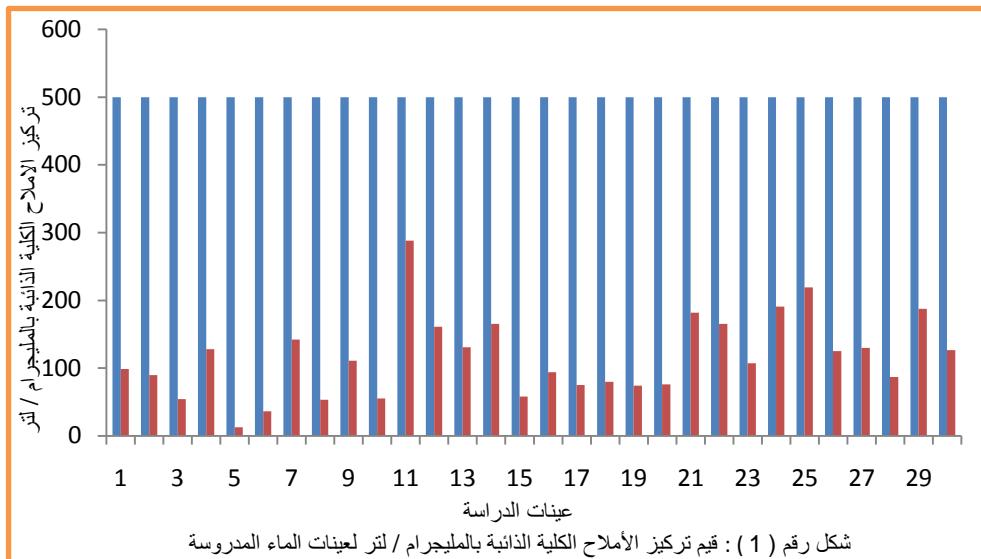
### 3 – النتائج والمناقشة

#### الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S.)

نتائج مجموع الأملاح الكلية الذائبة والموضحة في الجدول (2) والشكل (1) تقع دون 300 ملigram / لتر وهو أقل من المستوى الموصي به كحد أقصى ( 500 ملigram / لتر ) بالمواصفة الليبية رقم 10 لسنة 2008 لمياه الشرب المعيبة ، حيث سجلت مياه اكوا ليبيا (العينة 11) أعلى قيمة 288 ملigram / لتر وأقل من الحد الأقصى المسموح به بينما سجلت العينة رقم 5 وهي مياه المزن أقل قيمة لمجموع الأملاح الكلية الذائبة ( 12.78 ملigram / لتر ) ، عينتان تمثل

(المزن ، الضيافة) من 30 عينة ( 6.66 % ) محتوى TDS فيما أقل من 50 ملigram / لتر ( 12.78 ، 36.60 ملigram / لتر ) على الترتيب . عينتان ( اكوا ليبيا ، المميز ) من 30 عينة وتمثل ( 6.66 % ) محتوى TDS فيما أكثر من 200 ملigram / لتر ( 288 ، 219 ملigram / لتر ) على الترتيب ، عدد 12 عينة تراوحت TDS لها من 50 – 150 ملigram / لتر وتمثل ( 40 % ) من مجموع العينات وعدد 8 عينات تراوحت TDS لها من 150–200 ملigram / لتر وتمثل ( 26.66 % ) من مجموع العينات . أما باقي العينات وعددها 06 عينات ( 20 % ) تراوحت TDS لها بين 150–200 .

بمقارنة نتائج الأملاح الكلية الذائبة لعينات الدراسة مع نتائج ( زاهد ، 2002 ) لقيم TDS نجد إن القيم تراوحت بين 47 و 117 ملigram / لتر في المياه المحلية ، وبين 25 و 154 ملigram / لتر في المياه المستوردة بينما تراوحت نتائجنا من 12.87 إلى 288 ملigram / لتر .



### العسر الكلي Total Hardness

نلاحظ من الجدول (2) والشكل رقم (2) أن قيمة العسرة الكلية للكربونات كالسيوم معبراً عنها بوحدات ملجم/لتر تراوحت ما بين 117.29-13.91 ملجم/لتر.

من معايير الحكم على درجة عسر أو يسر الماء بشكل عام أن الماء يعتبر يسرا Soft اذا كانت قيمة العسر الكلي المقدر أقل من 60 مليجرام / لتر ويعتبر غير يسر Unusually Soft اذا تراوح التركيز بين 60 - 180 مليجرام / لتر ويعتبر الماء شديد العسر اذا زادت قيمته عن 180 مليجرام / لتر ( محمد ، 2009 ) ، وبهذا التصنيف يمكن اعتبار العينات ارقام 9 ، 11 ، 12 ، 23 ، 25 ، 29 وتمثل مياه أوجلة ، اكوا ليبيا ، راوية ، سما ، المميز ، ومنعشة هي مياه غير يسرا وبقية العينات وعددها 24 عينة هي مياه يسره. حددت المواصفة الليبية لمياه الشرب المعبأة رقم 10 لسنة 2008 قيمة العسر الكلي المسموح به (الكاربونات كالسيوم) كحد أقصى 200 مليجرام / لتر وبالتالي جميع العينات المدروسة تحت الحدود المسموح بها.

المياه الجوفية أعنصر بوجه عام من المياه السطحية وعادة ما يكون للمياه الجوفية الغنية بحامض الكربوني والأكسجين الذائب قدرة تذويب عالية للتربة أو الصخور التي تحتوي على مقادير ذات شأن من معادن الكلسيت والجبس والدولوميت ، وبالتالي يمكن أن تنتج عسرة تصل إلى العديد من آلاف المليجرامات في اللتر (Sawyer, 1976).

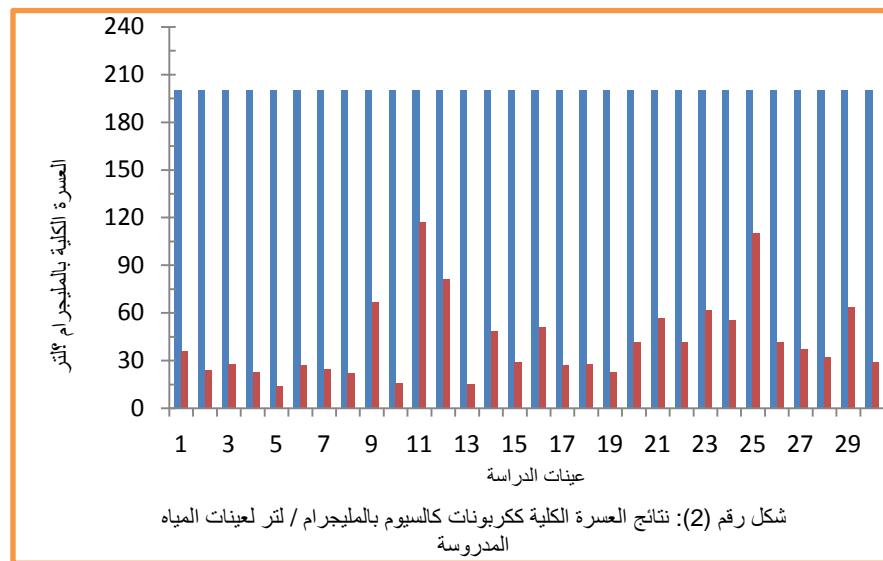
بمقارنة نتائج العسر الكلي للعينات مع نتائج (Dinelli, 2012) نجد أن قيمة العسر الكلي تراوحت من 0.3 - 528.8 مليجرام / لتر، ومع نتائج (زاهد ، 2002) نجد أن أعلى قيمة

جدول رقم (2) يوضح القيم المتحصل عليها لكلاً من مجموع الأملاح الكلية الذائبة والعسرة الكلية في عينات الماء المدروسة.

رقم العينة	الاسم التجاري	مجموع الأملاح الكلية الذائبة TDS(mg/L)	العسر الكلية TH (CaCO <sub>3</sub> mg/L)
------------	---------------	--	--

35.70	98.8	الواحة	1
23.80	89.9	الجرة	2
27.79	54.4	شيماء	3
22.84	128.2	أروه	4
13.91	12.78	المزن	5
26.82	36.6	الضيافة	6
24.86	142.1	السكت	7
21.84	53.5	فكتوريا	8
66.56	111.0	شفافية	9
15.89	55.3	أوجلة	10
117.29	288.0	اكوا ليبما	11
81.44	161.3	راوية	12
14.91	130.8	المدينة	13
48.68	165.5	المنهل	14
28.79	58.0	العذبة	15
50.66	94.2	الروبيان	16
26.87	75.1	انهار صافية	17
27.84	79.9	نبع الحياة	18
22.84	74.1	نبع صافية	19
41.71	76.1	الهباء	20
56.63	182.0	النيل	21
41.71	165.4	الكأس	22
61.61	107.2	سما	23
55.66	191.0	الغدق	24
110.3	219.0	المميز	25
41.71	125.1	فلاجة	26
36.78	130.0	الفصول الأربع	27
31.83	87.0	الفرات	28
63.60	187.5	منعشة	29
28.81	126.7	زمزم	30

للعسر الكلي هي 159 مليграмм / لتر وأقل قيمة 19 مليграмм / لتر للعينات المحلية ، أما العينات المستوردة فترواحت النتائج من 30 – 225 مليграмм / لتر ، ومع نتائج ( الشيخي ، 2008 ) نجد القيم تراوحت من 11.6 – 298.0 مليграмм / لتر في حين تراوحت نتائجنا من (13.91-117.29 مليجم/لتر).



## عسرة الكالسيوم والماغنيسيوم Calcium and Magnesium Hardness

وجود أيون الكالسيوم هو السبب الرئيسي للتكلس وعسر الماء وتعتبر أملاح الكالسيوم من أهم مصادر عسر المياه الطبيعية والمتمثلة في كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم وهي من الأملاح القابلة للترسيب عند تسخينها وتؤثر سلباً على جودة المياه في الإستخدامات المختلفة ومن ناحية أخرى لها تأثيرات على صحة الإنسان ، وتعتبر بلورات كربونات الكالسيوم من البلورات ذات الحجم الكبير والتي تؤدي الى نقص في قطر أنابيب نقل المياه ، كما أنه مع ارتفاع درجة الحرارة تترسب في سخانات وغلايات المياه مما يؤدي الى إنهيارها بسرعة

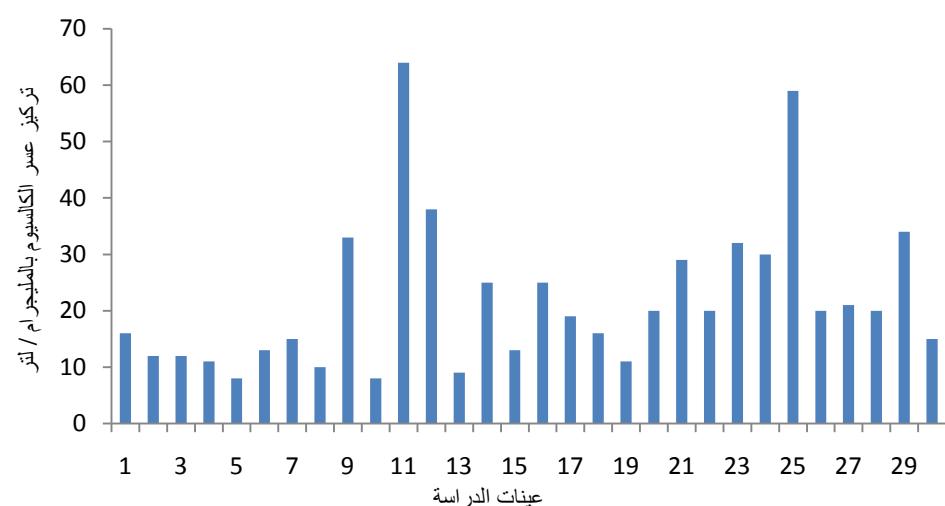
.(Guidelines for Drinking Water Quality, WHO volum 2,1998)

نلاحظ من الجدول رقم (3) والشكل رقم (4) أن قيم عسر الكالسيوم معتبراً عنها بوحدات مليجم/لتر تراوحت ما بين 8 - 64 ككربونات الكالسيوم. بالنسبة للكالسيوم ثلاثة عينات من 30 عينة (10%) سجلت قراءة أقل من 10 مليجرام / لتر ، عدد 16 عينة (53.33 %) سجلت قراءة بين 10 – 20 مليجرام / لتر ، عدد 5 عينات (16.6 %) سجلت قراءة من 21 – 30 مليجرام / لتر عدد 6 عينات (20 %) سجلت قراءة فوق من 30 مليجرام / لتر.

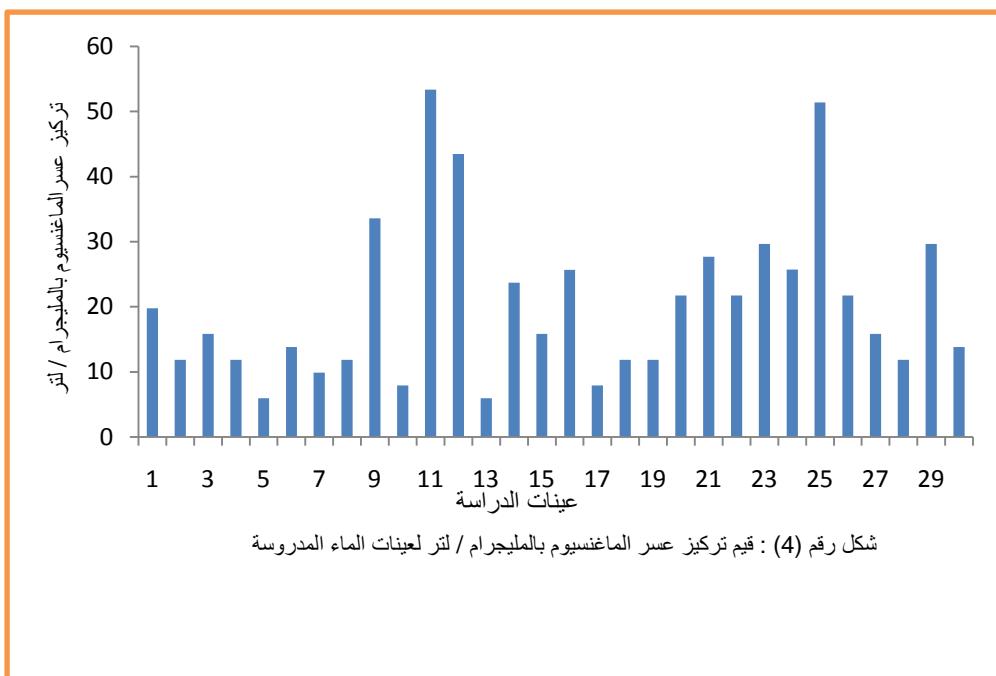
أما قيم عسر الماغنيسيوم لعينات الدراسة فتراوحت النتائج من 5.92 – 53.36 مليجم / لتر. عدد 5 عينات (16.6 %) سجلت قراءة أقل من 10 مليجرام / لتر ، وعدد 12 عينة

(40) سجلت قراءة بين 10 – 20 مليجرام / لتر ، عدد 9 عينات (30 %) سجلت قراءة من 21 – 30 مليجرام / لتر ، عدد 4 عينات (13.33 %) سجلت قراءة أعلى من 30 مليجرام / لتر ولم تأتي المواصفة الليبية رقم 10 لسنة 2008 لمياه الشرب المعبأة علي ذكر قيم للحد المسموح به لتركيز عسر الكالسيوم أو عسر الماغنيسيوم بينما أوضحت الحد الأقصى المسموح به للعسرة الكلية وهو 200 مليجرام / لتر. طبقاً للحد

الأقصى المسماوح به لعسر الكالسيوم والماغنيسيوم الذي أشارت إليه منظمة الصحة العالمية ( 400 ، 100 ) ملليجرام / لتر على التوالي) (عون ، 2002) فإنه يمكن القول أن جميع العينات تقع في الحدود المسماوح بها. بمقارنة عسر الكالسيوم وعسر الماغنيسيوم لنتائج الدراسة مع نتائج (الشيخي ، 2008) نجد أن قيم عسر الكالسيوم للمياه المعبأة التي تحصل عليها الشيخي تراوحت بين 4.2 – 126 ملليجرام / لتر كربونات كالسيوم ولم تأتى الدراسة على ذكر قيم لعسر الماغنيسيوم بينما تراوحت نتائجنا لعسر الكالسيوم من 8 – 64 ملليجرام/لتر. قبول المناطق أو الأفراد للماء العسر متبادر من فرد إلى آخر وحد الطعام الأقصى (Threshold) لأيون الكالسيوم من 100 - 300 ملليجرام اعتماداً على الأيون المرتبط فيما الحد الأقصى Guidelines for Drinking Water Quality, لأيون الماغنيسيوم أقل من المحتمل للكالسيوم .(WHO,2011)



شكل رقم (3) : قيم تركيز عسر الكالسيوم بالملليجرام / لتر لعينات الماء المدروسة



جدول رقم ( 3 ) نتائج عسر الكالسيوم والماغنيسيوم لعينات الماء المدروسة

رقم العينة	الاسم التجاري	عسر الماغنيسيوم (mg/L)	عسر الكالسيوم (mg/L)
1	الواحة	19.76	16
2	الجرة	11.85	12
3	شيماء	15.81	12
4	أروه	11.85	11
5	المزن	5.92	8.0
6	الضيافة	13.83	13
7	السكت	9.88	15
8	فكتوريا	11.85	10
9	شافية	33.60	33
10	أوجلة	7.90	8.0
11	اكوا ليببا	53.36	64
12	راوية	43.48	38
13	المدينة	5.92	9.0
14	المنهل	23.71	25
15	العذبة	15.81	13

25.69	25	الرويان	16
7.90	19	انهار صافية	17
11.86	16	نبع الحياة	18
11.86	11	نبع صافية	19
21.74	20	الهنا	20
27.67	29	النيل	21
21.74	20	الكأس	22
29.65	32	سما	23
25.7	30	الغدق	24
51.39	59	المميز	25
21.74	20	فلاجة	26
15.81	21	الفصول الأربع	27
11.85	20	الفرات	28
29.64	34	منعشة	29
13.83	15	زمزم	30

## الصوديوم والبوتاسيوم Sodium and Potassium

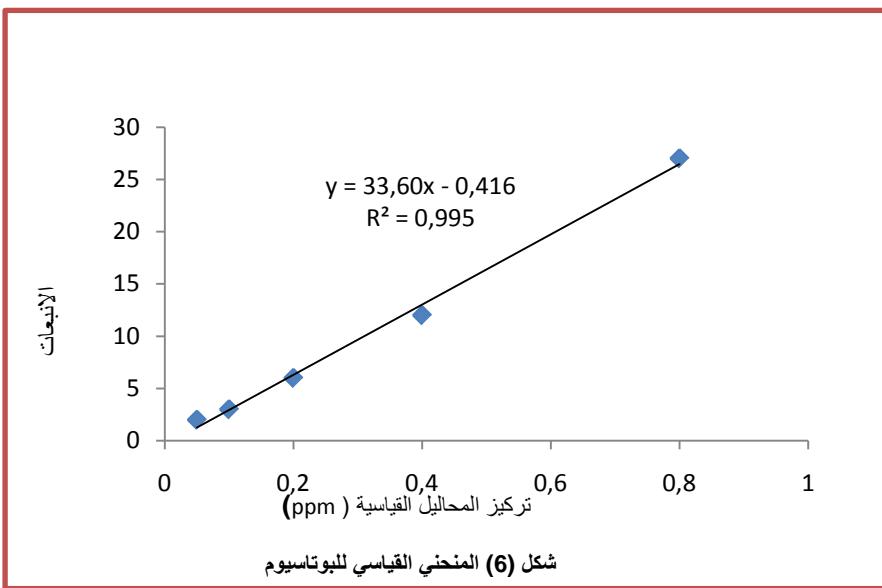
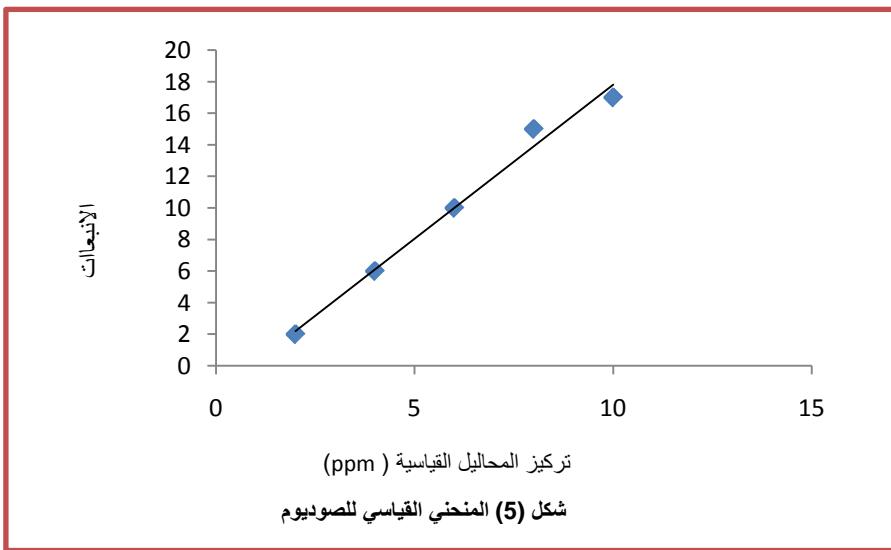
تدل النتائج الموضحة بالجدول (3) وبيانياً بالأشكال أرقام (5) ، (6) إن نسبة الصوديوم تكون عادة أكثر من البوتاسيوم بسبة قليلة وبزيادة المحتوى الكلي لهذين الأيونين فإن تركيز الصوديوم سوف يفوق بمقدار كبير تركيز البوتاسيوم ( الحميم ، 1986 ).

سجلت العينة رقم 5 والتي تمثل مياه (المزن) أقل قيمة من الصوديوم والبوتاسيوم ( 2.92 ، 0.13 ملجم/لتر ) على التوالي بينما سجلت العينة رقم 11 والتي تمثل مياه ( اكوا ليببيا ) أكبر قيمة من الصوديوم والبوتاسيوم ( 54.46 ، 5.50 ملجم/لتر ) على التوالي ، ويمكن ان تزيد معالجة الماء تركيز الصوديوم في إمدادات الماء على نحو مفرط ( Elliott, 1961 ). والحد المسموح به لتركيز الصوديوم في مياه الشرب المعبأة حسب المعايير حسب المواصفة الليبية رقم 10 لسنة 2008 هو 100 مليجرام / لتر ، وبذلك يمكن القول إن مستويات الصوديوم ، لجميع العينات تحت الدراسة تقع ضمن الحد المسموح به . وتنقرن مستويات الصوديوم المرتفعة بشكل استثنائي بالمياه الجوفية في المناطق التي بها وفرة من رواسب معدن الصوديوم أو حيثما كان هناك تلوث من مصادر البحر ومصبات الأنهر أو أشكال أخرى من التلوث ( WHO, 1979 ).

العينتان رقم 5 ، 6 (المزن والضيافة) من 30 عينة تمثل ( 6.66% ) من مجموع العينات كان تركيز الصوديوم لها أقل من 10 مليجرام / ، بينما كان هناك عينة واحدة (اكوا ليببيا) كان تركيز الصوديوم لها أكثر

من 50 مليجرام أما باقي العينات وعدها 27 عينة 90% العينات كان تركيز الصوديوم لهم يتراوح من 10 – 50 مليجرام / لتر.

وقد نتجت عن زيادة تلوث المياه السطحية والجوفية خلال العقود الماضية زيادة ملموسة من محتوى مياه الشرب من الصوديوم في مختلف مناطق العالم (منظمة الصحة العالمية ، 1989) ، وتتراوح تراكيز الصوديوم التي أبلغ عنها في إمدادات المياه العامة من أقل من 1 ملجم/لتر إلى أكثر من 1000 ملجم/لتر .(WHO,1979)



وبمقارنة نتائج الصوديوم لعينات المياه المدروسة مع نتائج (Dinelli, 2012) نجد إن قيم الصوديوم للباحث

تراوحت من 0.4 – 744 مليجرام / لتر للمياه المعبأة ، وللمياه السطحية

256.1 – 0.3 مليجرام / لتر ، بينما (زاده ، 2002) أحتوت مياه الأصناف المحلية على الصوديوم بتركيز

أعلى من مياه الأصناف المستوردة حيث تراوح في الأولى من 14.7 إلى 51.5 مليجرام / لتر بينما التركيز

في الأصناف المستوردة بين 3.3 و 33.8 مليجرام / لتر، وبمقارنة النتائج مع (الشيخي ، 2008) (تقييم جودة

المياه المعبأة في المحلات القائمة على تحلية مياه الشرب بمدينة بنغازي) وقد شملت الدراسة عدد 32 من

المحلات الخاصة بتحلية وتعبئة مياه الشرب ، نجد القيمة للصوديوم تراوحت من 7.5 – 57.5 مليجرام / لتر

في حين تراوحت نتائجنا من 2.92 إلى 54.46 مليجرام / لتر.

بالنسبة للبوتاسيوم العينات أرقام 10 ، 5 ، 6 (أوجلة ، المزن ، الضيافة) من 30 عينة تمثل (10%) من

مجموع العينات كان تركيز البوتاسيوم لهما على التوالي ( 0.45 ، 0.13 ، 0.39) مليجرام / لتر أما باقي

العينات وعددها 27 عينة (90%) كان تركيز البوتاسيوم يتراوح من 0.54 إلى 5.50 مليجرام / لتر والحد

الأقصى المسموح به في المواصفة الليبية لمياه الشرب المعبأة رقم 10 لسنة 2008 لتركيز البوتاسيوم هو 12

مليجرام / لتر .

بمقارنة النتائج المتحصل عليها لتركيز البوتاسيوم لعينات الدراسة مع نتائج (Dinelli, 2012) تراوحت النتائج

التي تحصل عليها الباحث من 0.1 إلى 85.2 مليجرام / لتر ولمياه الحنفية من 0.1 إلى 30.2 مليجرام / لتر

، ومقارنة النتائج (الشيخي ، 2008) نجد القيمة تراوحت من < 0.1 إلى 8.3 مليجرام / لتر بينما تراوحت

نتائجنا من 5.50-0.13 مليجرام/لتر. بشكل عام يكون تركيز الصوديوم دائماً أعلى من تركيز البوتاسيوم ،

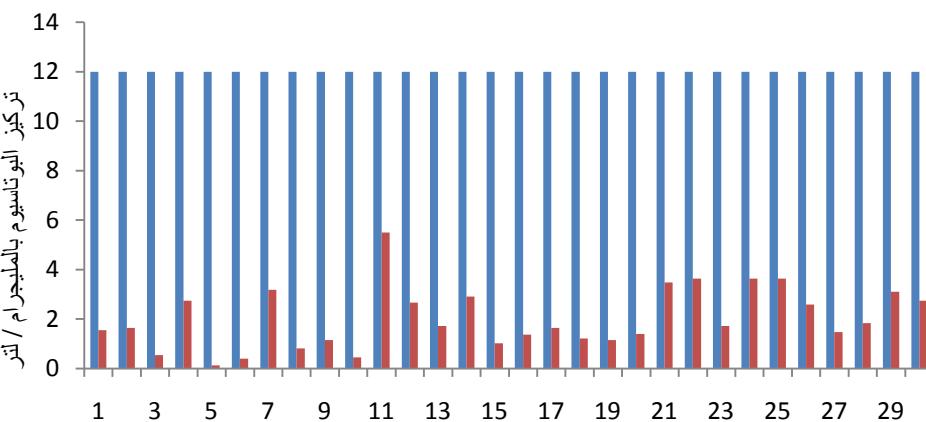
ويمكن أن يعزى السبب إلى أن البوتاسيوم موجود في الصخور الروسية كفلسبارات البوتاسيوم ، وحيث إن هذه

المعادن قليلة الذوبان في الماء فإن تركيز البوتاسيوم في المياه الجوفية يكون أقل من تركيز الصوديوم

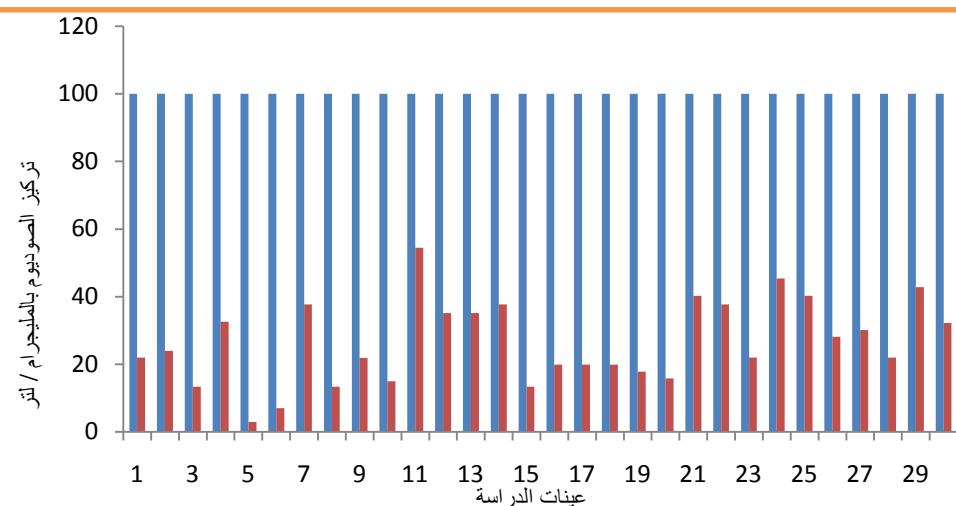
(اسباطة ، 1995).

#### جدول رقم (4) تركيزات الصوديوم والبوتاسيوم لعينات الماء المدروسة

رقم العينة	الاسم التجاري	تركيز الصوديوم $\text{Na}^+$ (mg/L)	تركيز البوتاسيوم $\text{K}^+$ (mg/L)
1	الواحة	21.94	1.55
2	الجرة	24.0	1.64
3	شيماء	13.38	0.54
4	أروة	32.56	2.74
5	المزن	2.92	0.13
6	الضيافة	7.02	0.39
7	السكت	37.69	3.18
8	فكتوريا	13.38	0.81
9	شافية	21.90	1.15
10	أوجلة	14.92	0.45
11	اكوا ليبا	54.46	5.50
12	راوية	35.12	2.66
13	المدينة	35.12	1.71
14	المنهل	37.69	2.90
15	العذبة	13.38	1.02
16	الروبيان	19.89	1.37
17	انهار صافية	19.89	1.64
18	نبع الحياة	19.89	1.21
19	نبع صافية	17.84	1.15
20	الهنا	15.79	1.39
21	النيل	40.25	3.48
22	الكأس	37.69	3.63
23	سما	21.94	1.71
24	الغدق	45.38	3.64
25	المميز	40.25	3.64
26	فلاجة	28.10	2.59
27	الفصول الأربع	30.15	1.47
28	الفرات	21.94	1.83
29	منعشة	42.82	3.10
30	زمزم	32.20	2.74



شكل رقم (8) : قيم تركيز أيون البوتاسيوم بالمليلجرام / لتر لعينات الماء المدروسة



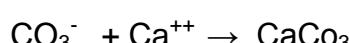
شكل رقم (7) : قيم تراكيز أيون الصوديوم بالمليلجرام / لتر لعينات الماء المدروسة

## الكريبونات والبيكربونات Carbonate and bi carbonate

هناك علاقة تعاون بين ثاني أوكسيد الكربون - البيكربونات - الكريبونات ، الماء ، وتركيز أيون الهيدروجين

و عندما تكون الكريبونات بواسطة تحلل حامض الكاربونيک و اتحاده مع أيونات الكالسيوم أو الماغنيسيوم في

الماء فإن كربونات الكالسيوم تتكون كالتالي:



كربونات الكالسيوم أو المسمة بالجير Lime تتكون كراسب أبيض ويعتمد تكوينها على فقد ثاني أوكسيد الكاربون من نظام ثاني أوكسيد الكاربون - الكاربونات .

إن إضافة ثاني أوكسيد الكاربون سوف يؤدي إلى تكوين حامض الكربوني والذى سوف يتحلل ويختفي الأس الهيدروجيني (يزيد تركيز أيون الهيدروجين ) مؤدياً إلى تكوين ظروف حامضية إن تأثير ازالة ثاني أوكسيد الكاربون من النظام هو لشق  $\text{CO}_2$  من ال  $\text{HCO}_3^-$  والذي سوف يؤدي إلى ترسيب  $\text{CaCO}_3$  (الحميم ، 1986).

يعتبر أيون الكربونات من أهم الايونات السالبة المسبيبة للقلوية في المياه ومصدره من ثاني أكسيد الكربون الجوي ونشاط الكائنات الحية في التربة ، وتحد الكربونات مع الكالسيوم وتترسب على شكل كربونات كالسيوم في المياه (الشيخي 2008 ، خليل 2005).

تركيز الكربونات للعينات المدروسة كان أقل من حساسية الطريقة below Detection limit ( BDL ) وهذا يعني أن تركيز الكربونات في العينات قليل جداً ويمكن أن يعزى السبب إلى أن المحتوى الهيدروجيني للعينات pH أقل من 7.5 حيث هناك علاقة توازن بين المحتوى الهيدروجيني وثاني أكسيد الكربون في الماء.

أيون البيكرbonات أيضاً من أهم الايونات السالبة المسبيبة للقلوية في المياه ومصدره كما في حالة أيون الكربونات من ثاني أكسيد الكربون الجوي ، ونشاط الكائنات الحية في التربة

(محمد ، 2001). عند التسخين تحول البيكرbonات إلى بخار ماء وثاني أكسيد كربون وكربونات ، تحد الأخيرة مع القلوبيات الأرضية وبصفة رئيسية مع عناصر الكالسيوم والماغنيسيوم مكونة راسب يشبه القشرة من كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنيسيوم مما يؤدي إلى خفض التوصيل الحراري خلال جدران أنابيب توصيل المياه ويحد من انسياپ المياه في هذه الانابي ب (APHA, 1992). من النتائج الموضحة بالجدول رقم ( 4 ) والشكل رقم (7) تبين إن قيم تركيز البيكرbonات تراوحت من 8.54 إلى 54.90 مليجرام / لتر حيث نجد أن عينة المزن هي العينة الوحيدة التي لها تركيز أقل من 10 مليجرام / لتر وهي تمثل (3.33%) من مجموع العينات وكذلك وجد أن عدد 13 عينة (43.33%) تراوح تركيزها من 10 - 20 مليجرام / لتر، عدد 11 عينة (36.66%) تراوح التركيز فيها من 21 - 30 مليجرام / لتر ، عدد 5 عينات (16.66%) عينات بلغ التركيز فيها أعلى من 30 مليجرام / لتر. حدّدت المواصفة الليبية لمياه الشرب المعبأة رقم 10 لسنة 2008

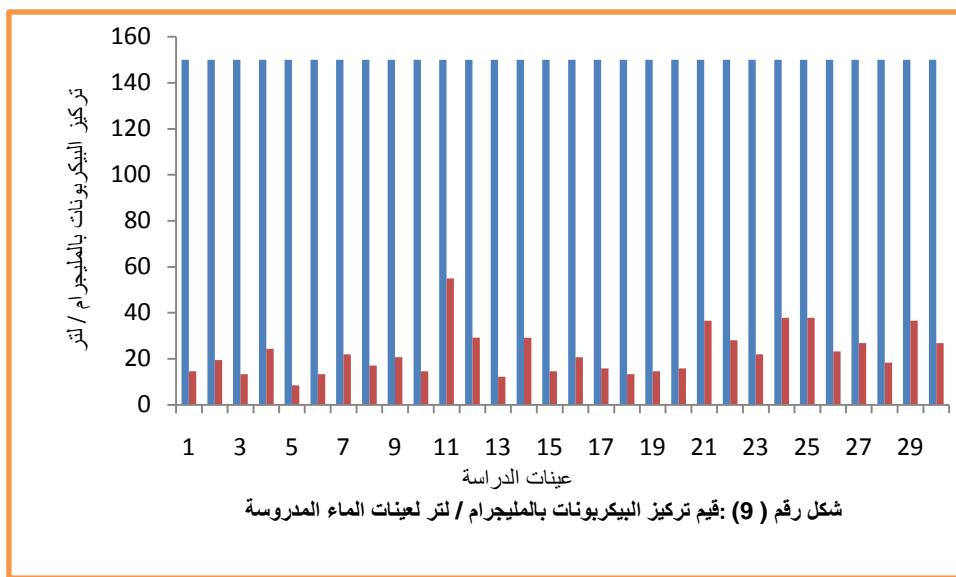
قيمة البيكربونات المسموح بها كحد أقصى 150 مليجرام/لتر وبالتالي يمكن القول أن جميع العينات المدروسة تحت الحد المسموح به.

بمقارنة نتائج قيم تركيز البيكربونات لعينات الماء المدروسة مع نتائج (Dinelli, 2012) نجد أن قيمة أيون البيكربونات بالملليجرام / لتر الذي تحصل عليها Dinelli تراوحت بين 21.1 - 612.0 بـالمليجرام / لتر لعينات مياه الحنفية وبالنسبة للمياه المعيبة تراوحت بين 3.5 - 1875 مليجرام / لتر وبمقارنة النتائج مع دراسة (Kawther,2007) نجد أن قيم تركيز أيون البيكربونات تراوحت بين 7 - 357 مليجرام / لتر بالنسبة للمياه المعيبة ولمياه الحنفية تراوحت القيم بين 36.6 - 80.5 بـالمليجرام / لتر ، وبمقارنة النتائج مع دراسة (الشيخي ، 2008) نجد أن قيم أيون البيكربونات تراوحت بين 6.7 - 172.6 بـالمليجرام / لتر بينما تراوحت نتائجنا من 8.54 - 54.90 بـالمليجرام / لتر.

#### جدول رقم(5) نتائج الكربونات والبيكربونات والقلوية الكلية لعينات الماء المدروسة

رقم العينة	الاسم التجاري	تركيز الكربونات $\text{CO}_3^-$ (mg/L)	تركيز البيكربونات $\text{HCO}_3^-$ (mg/L)	القلوية الكلية (mg/L)
1	الواحة	ND	14.64	23.70
2	الجرة	ND	19.52	31.60
3	شيماء	ND	13.42	21.74
4	أروه	ND	24.40	39.50
5	المزن	ND	8.54	13.83
6	الضيافة	ND	13.42	21.74
7	السكت	ND	21.96	35.57
8	فكتوريا	ND	17.08	27.70
9	شافية	ND	20.74	33.60
10	أوجلة	ND	14.64	23.70
11	اكوا ليببا	ND	54.9	88.90
12	راوية	ND	29.28	47.40
13	المدينة	ND	12.20	19.80
14	المنهل	ND	29.28	47.43
15	العذبة	ND	14.64	23.70
16	الروبيان	ND	20.74	33.60
17	انهار صافية	ND	15.86	25.70
18	نبع الحياة	ND	13.42	21.70
19	نبع صافية	ND	14.64	23.70
20	الهباء	ND	15.86	25.69
21	التيل	ND	36.60	59.30

العينة	القيمة	نوع العينة	النتائج	الكتلة
45.50	28.06	ND	ND	22
35.60	21.96	ND	ND	23
61.30	37.82	ND	ND	24
61.30	37.82	ND	ND	25
37.60	23.18	ND	ND	26
43.50	26.84	ND	ND	27
29.60	18.30	ND	ND	28
59.30	36.60	ND	ND	29
43.50	26.84	ND	ND	30



## القلوية الكلية Total Alkalinity

تعرف القاعدية بأنها قياس سعة الماء على معادلة الحامض القياسي إلى حد pH معينة ، وتعزيز القاعدية في المياه الطبيعية إلى وجود أملاح الحامض الضعيفة وأملاح القواعد الضعيفة والقوية مثل أملاح الكربونات والبيكربونات التي تشكل الجزء الأكبر من القاعدية ، والهيدروكسيدات التي تؤدي إلى زيادة القاعدية في الماء وأملاح الفوسفات ، البورات والسلكات التي تمثل نسبة ضئيلة من القاعدة في الماء.

ويمكن القول بأن المياه التي لها قيمة pH أكثر من (4.6) تحتوي على القاعدية والتي لها قيمة pH أكثر من (9.5) تحتوي على قاعدية الهيدروكسيد. ويوضح الجدول (5) أنواع القاعدية وإحتمال وجودها ضمن حدود قيم pH في المياه ، حيث توجد القاعدية في معظم المياه بثلاث حالات رئيسية وهي قاعدية الكاربونات وقادعية البيكربونات وقادعية الهيدروكسيد. وإن لهذه الأنواع الثلاثة علاقة توازن مع ثانوي أوكسيد الكاربون في الماء

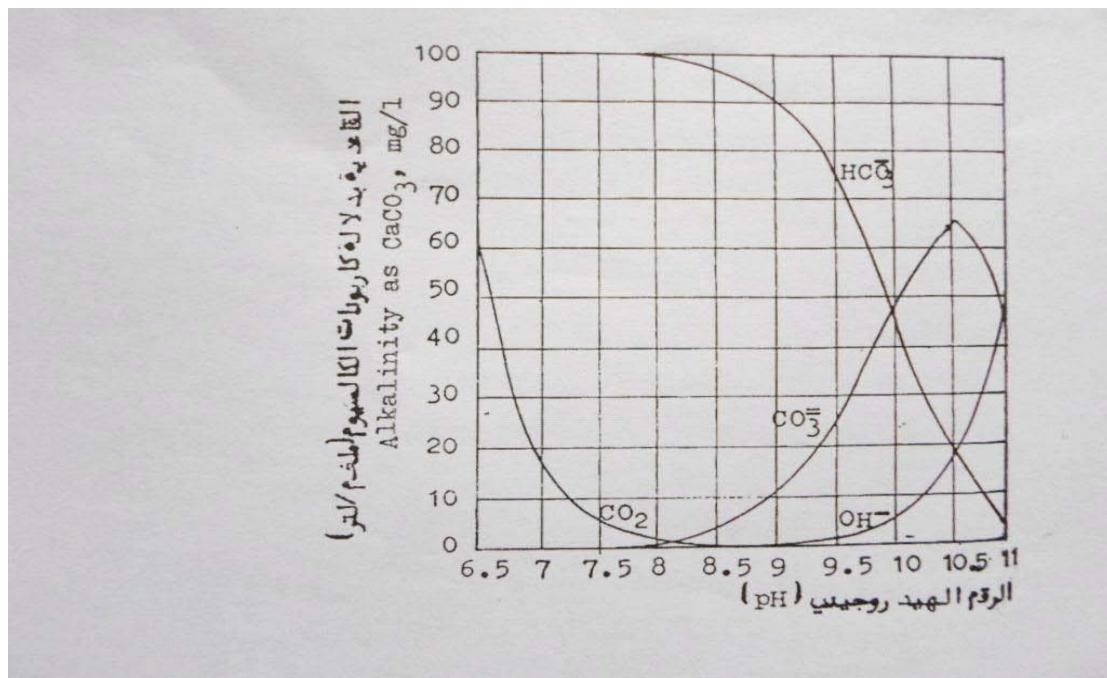
شكل (8) وأن أي تغير في تركيز أحد هم يؤدي إلى تغيير التوازن وينتج عنه تغير في قيمة ال pH (عباوي ،

.(1990)

جدول رقم (6) أنواع القاعدية واحتمال وجودها ضمن حدود قيم ال pH

	القاعدية	pH
قاعدية المياه الطبيعية	قاعدية الهيدروكسيد	
	قاعدية الكاربونات	9.4
تعادل المياه الطبيعية	قاعدية الكاربونات	
	قاعدية البيكربونات	8.2
حامضية المياه الطبيعية	قاعدية البيكربونات	
	ثاني أكسيد الكربون	4.6
	الحامض المعدنية	

المصدر : (عباوي ، 1990).



شكل رقم (10) العلاقة بين  $\text{CO}_2$  وشكل القاعدية الثالثة في مدي قيم ال pH (عباوي ، 1990)

القاعدية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بعسرة الماء وعادة ما تكون قيمة القاعدية قريبة من قيمة العسر. وترجع أهمية قياس القاعدية باعتبارها عاملًا هاماً في تحديد صلاحية مياه الري وتستخدم في حساب معاملات ترسيب

كربونات الكالسيوم وتعتبر مؤشراً عن صلاحية المياه للشرب وتستخدم في تفسير ومراقبة عمليات مياه الشرب (WHO, 1998).

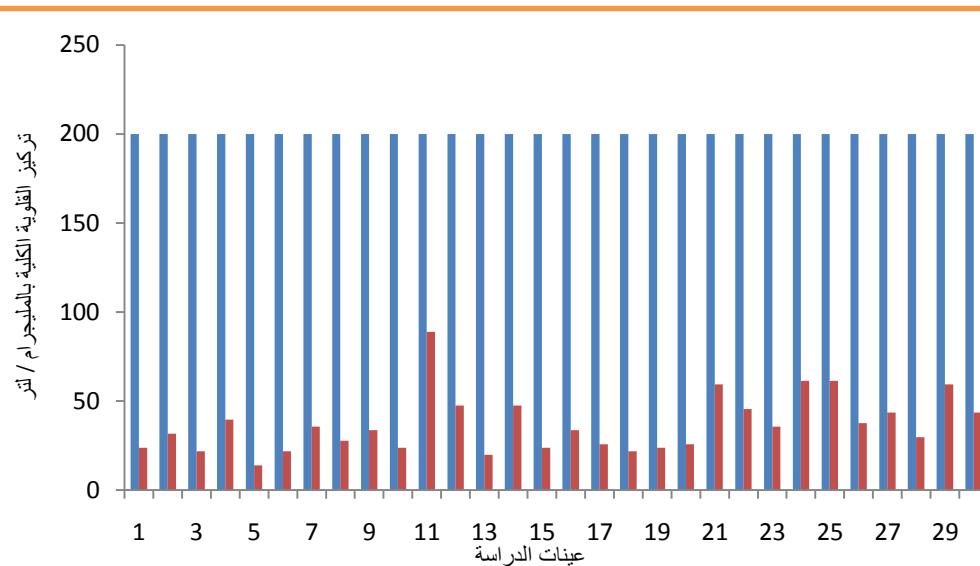
القاعدية الكلية التي تحصلنا عليها تمثل قاعدية البيكربونات ككربونات كالسيوم وكما هو واضح من خلال الجدول رقم (6) الذي يوضح علاقة نتائج المعايرة بأنواع القاعدية يتضح أن القاعدية الكلية التي تحصلنا عليها تمثل قاعدية البيكربونات فقط لأن نتائج المعايرة مع الفينول فيثالين يساوي صفر وهذا يعني أنه لا وجود لقاعدية الكربونات وقاعدية الهيدروكسيد.

جدول رقم (7) علاقة نتائج المعايرة بأنواع القاعدية (APHA, 1975)

نتيجة المعايرة	Hydroxide Alkalinity as CaCO <sub>3</sub> قاعدية الهيدروكسيل	carbonate Alkalinity as CaCO <sub>3</sub> قاعدية الكربونات	carbonate Alkalinity as CaCO <sub>3</sub> قاعدية البيكربونات
P = 0	0	0	T
P < $\frac{1}{2} T$	0	2P	T - 2P
P = $\frac{1}{2} T$	0	2P	0
P > $\frac{1}{2} T$	2P - T	2(T-P)	0
P = T	T	0	0

P – phenol phthalein, T – total alkalinity

من النتائج الموضحة بالجدول رقم (4) والشكل رقم (9) تبين إن قيم تركيز القلوية الكلية معبراً عنها بالمليجرام / لتر تراوحت من 13.83 وهي تمثل عينة مياه المزن إلى 88.9 وهي تمثل عينة مياه اكوا ليبيا حيث نلاحظ أنه لا توجد عينة لها تركيز أقل من 10 مليجرام / لتر من خلال الدراسة وجد أن عدد 2 عينة من مجموع العينات وهي تمثل (6.66%) لها تركيز تراوحت من 10 - 20 مليجرام / لتر وكذلك وجد أن عدد 11 عينة (36.66%) تراوح تركيزها من 21 - 30 مليجرام / لتر ، عدد سبعة عينات (23.33%) تراوح التركيز فيها من 31 - 40 مليجرام / لتر ، عدد 5 (16.66%) عينات بلغ التركيز فيها من 41 - 50 مليجرام / لتر وأخيراً عدد 5 عينات (16.66%) بلغ التركيز فيها أكثر من 50 وأقل من 90 مليجرام / لتر.



شكل رقم ( 11 ) : قيم تراكيز القاعدة الكلية بالمليلجرام / لتر لعينات الماء المدروسة

حددت المواصفة الليبية لمياه الشرب المعبأة رقم 10 لسنة 2008 قيمة القاعدة الكلية المسموح بها كحد أقصى 200 مليجرام / لتر وبالتالي يمكن القول أن جميع العينات المدروسة تحت الحد المسموح به. وبمقارنة النتائج مع دراسة (الشيخي ، 2008) نجد أن قيم القاعدة الكلية للمياه المعبأة التي تحصل عليها الشيخي تراوحت بين 11.7- 177.6 مليجرام / لتر.

### التحليل الإحصائي : Statistical analysis

تم افتراض أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى ثقة 95% بين العسرة الكلية TH والمكونات الأخرى محل الدراسة وتسمى هذه الفرضية بفرضية العدم  $H_0$  والفرض البديل لهذه الفرضية هو إنه توجد علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى ثقة 95% بين العسرة الكلية TH والمكونات الأخرى محل الدراسة. باستخدام الحزمة الإحصائية SPSS حصلنا على النتائج الموضحة في الجدول ( 8 ).

تم استخدام الإرتباط (Correlation) والانحدار (Regression) لدراسة فيما إذا كان هناك علاقة ارتباط بين تراكيز العسرة الكلية ( TH ) للمياه وتركيز المكونات الأخرى محل الدراسة (بمعنى هل تراكيز هذه المكونات تحت الدراسة تؤثر على تراكيز العسرة بالنقص او الزيادة) وهي عسرة الكالسيوم والماغنيسيوم مجموع الأملاح الكلية الذائبة TDS, الصوديوم Na , البوتاسيوم K , البيكربونات , القلوية الكلية. جدول رقم ( 8 ) يوضح القيم المتحصل عليها للمكونات المدروسة مع العسرة الكلية عليها باستخدام الحزمة الإحصائية SPSS

علاقة العسرة الكلية	النسبة المئوية Percent	مستوى الدلالة	معامل التحديد	معامل الارتباط	المتغيرات (المكونات)
---------------------	------------------------	---------------	---------------	----------------	----------------------

بالمتغير			Sig	R <sup>2</sup>	R	
توجد	قوية نسبياً	%62.1	0.000	0.621	0.788	TDS
توجد	جيدة	%39.1	0.000	0.391	0.625	Na
توجد	جيدة	%46.2	0.000	0.462	0.680	K
توجد	قوية	%97.9	0.000	0.979	0.989	Ca Hard
توجد	قوية	%97.4	0.000	0.974	0.984	Mg Hard
توجد	قوية نسبياً	%66.6	0.000	0.666	0.816	HCO <sub>3</sub>
توجد	قوية نسبياً	%66.6	0.000	0.666	0.816	Total alka.

نلاحظ من الجدول رقم (8) علاقة إرتباطية قوية أو جيدة بين العسرة الكلية وجميع المكونات المدروسة وهذا يفسر وجود ارتباط بين المكونات المدروسة ، أي وجود علاقة خطية كاملة او جزئية بين هذه المكونات المستقلة فيما بينها ولذلك تم إستخدام طريقة stepwise للإنحدار الخطى المتعدد لمعرفة المكونات الفعلية المؤثرة على تركيز العسرة الكلية. عند إدخال المتغيرات المستقلة واحداً بعد الآخر بخطوات متسلسلة باستخدام طريقة الانحدار Stepwize تحصلنا على النتائج التالية :

جدول رقم (9) التباين<sup>c</sup> ANOVA

	Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18802.688	1	18802.688	1275.672	.000 <sup>a</sup>
	Residual	412.704	28	14.739		
	Total	19215.392	29			
2	Regression	19215.388	2	9607.694	6.821E7	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.004	27	.000		
	Total	19215.392	29			

- a. Predictors: (Constant), Ca hardness
- b. Predictors: (Constant), Ca hardness, Mg hardness
- c. Dependent Variable: Total hardness

من جدول تحليل التباين ANOVA أعلاه يتضح أن قيمة مستوى المعنوية المحسوب  $Sig = 0.000$  وهذا يدل على أن هذا النموذج جيد للتنبؤ. كما أن معاملات الانحدار كانت على النحو الآتي :

جدول رقم (10) المعاملات<sup>a</sup> Coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
	B	Std. Error			
1	(Constant)	1.363	1.344		.319
	Ca hardness	1.868	.052	.989	35.717 .000
2	(Constant)	-0.008	.004		-1.829 .079
	Ca hardness	1.000	.001	.529	1877.611 .000
	Mg hardness	.999	.001	.483	1711.672 .000

a. Total hardness

إن أول المتغيرات الداخلة في نموذج الانحدار هو المتغير Ca hardness (عسر الكالسيوم) وهو معنوي حيث كان مستوى المعنوية  $Sig = 0.000$  ، وأن المتغير الثاني الداخل في نموذج الانحدار هو المتغير Mg hardness (عسر الماغنيسيوم) ، أما باقي المتغيرات فقد تم استبعادها لوجود ارتباط ذاتي قوي.

جدول رقم (11) يوضح معامل التحديد

Std. Error of the Estimate	Adjusted R Square	R Square	R	Model
3.83920	.978	.979	.989 <sup>a</sup>	1
.01187	1.000	1.000	1.000 <sup>b</sup>	2

من خلال النتائج يتضح أن قيمة معامل التحديد  $R^2$  كانت قيمته في حالة إدخال المتغير المستقل Ca (عسر الكالسيوم) فقط كانت (0.979) ، أما في حالة إدخال المتغيرين المستقلين معاً Ca hardness و Mg hardness (عسر الماغنيسيوم) فقد كانت قيمته (1.00) أي هذين المتغيرين يؤثران بنسبة 100% من التغير الحاصل في المتغير التابع (العسرة الكلية). وبالتالي فإن أفضل معادلة انحدار بوجود ثابت الانحدار كانت على الشكل الآتي :

$$TH = -0.008 + Ca\ hardness + 0.999\ Mg\ hardness$$

أما أفضل معادلة انحدار بعدم وجود ثابت الانحدار (قيمتها صغيرة ويمكن إهماله) كانت على الشكل الآتي :

$$TH = 0.529\ Ca\ hardness + 0.483\ Mg\ hardness$$

كلما تغير عسرة الكالسيوم بمقدار وحدة واحدة تتغير العسرة الكلية بمقدار 0.529 وكلما تغير عسرة الماغنيسيوم بمقدار وحدة واحدة تتغير TH بمقدار 0.483 ، ومن هنا يمكن القول ان المتغيرات (Parameters) التي تؤثر على تركيز العسرة الكلية في العينات المدروسة هي عسرة الكالسيوم وعسرة الماغنيسيوم.

## المراجع العربية

- 1 . الشيخي نوارة فرحت (2008) . "تقييم جودة المياه المعبأة في المحلات القائمة على تحلية مياه الشرب بمدينة بنغازي". رسالة ماجستير . أكاديمية الدراسات العليا ، بنغازي ، ليبيا .
- 2 . ابوحرمه صالح (2007) . "خصائص مياه الشرب لبعض الآبار الجوفية بمنطقة بنى وليد ". رسالة ماجستير . أكاديمية الدراسات العليا ، طرابلس ، ليبيا .
3. الحميم فريال حميم (1986). "علم المياه العذبة". منشورات وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة البصرة. دار الكتب للطباعة والنشر ص 96-94.
4. اسپاطة عبدالحميد (1995)."دراسة تحليلية واقتراح بعض المعالجات علي عينات من بعض مصادر المياه بمصراته". رسالة ماجستير . جامعة التحدي كلية العلوم . مصراته ، ليبيا .
- 5 . خليل ، محمد احمد السيد (2005). "تنمية الموارد المائية في الوطن العربي" (ط1). دار الكتب للنشر والتوزيع . القاهرة ، مصر. ص 3-8.
- 6 . بدوب مروان ، ابراهيم سبا (2012) . "استخدام ثلاثة تحاليل احصائية لدراسة العسرة الكلية في مياه نهر دجلة في مدينة الموصل " . المجلة العراقية للعلوم الاحصائية العدد (22) ص ص 66 - 81 .
- 7 . زاهد وليد ( 2002 ) . "جودة مياه الشرب المعبأة المحلية والمستوردة في المملكة العربية السعودية". مجلة جامعة الملك عبدالعزيز العدد ( 2 ) ص ص 81 - 104 .
- 8 . عمر محمد اسماعيل ( 2010 ) . "معالجة المياه" ( ط 3 ) . القاهرة ، دار الكتب.ص 12-533.
- 9 . عون احمد محمد (2002).الماء من المصدر الى المكتب ( ط 1 ) ، الهيئة العامة للبيئة ، طرابلس ، ليبيا .
- 10 . عباوي سعاد ، حسن محمد ( 1990 ) . "الهندسة العملية للبيئة فحوصات الماء" . الموصل العراق ، دار الحكمـة.
- 11 . منظمة الصحة العالمية ( 1989 ) . "المعايير الصحية ومعلومات مساعدة أخرى" . جنيف سويسرا .
- 12 . محمد محمود عبدالجواد ( 2009 ) . "طرق وتقنيات تحليلات التربة والمياه والنبات والأسمدة" ( ط 1 ) . القاهرة ، مكتبة أوزيريس .
- 13 . محمد ، صباح محمد(2001).نلوث البيئة (ط1).مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع. عمان الاردن. ص 107-119.

## المراجع الأجنبية

14. (APHA) American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation 2005. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 21st ed.
15. (APHA) American Public Health Association, American Water Works Association, and Water pollution control Federatio, 1975 "Standard Methods for the xamination of Water and Wastewater". 14st ed.
16. APHA, AWWA, WEF, "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", Arnoled E. Greenberg, Lenores - Clesceri, and Andrew. D.Eaton,18<sup>th</sup> ed,Washington,1992.
17. Bertoldi , Bontempo,larcher ,Nicolini,Voerkelius,Lorenz, ueckermann, Froeschl,Baxter,Hoogewerff,Brereton( 2011 )." Survey of the Chemical Composition of 571 European bottled mineral waters".
- 18 . Dinelli ,lima,Albanese,Birke,Cicchella,Giaccio,Valera,De vivo (2012). "Comparative study between bottled mineral and tap water in Italy".Journal of Geochemical Exploration .112 (2012).pp.368 -389.
- 19 . Elliott, Alexander(1961)."Sodium from Drinking Water as An Unsuspected Cause of Cardiac Decompensation". Circulation, 23:562
- 20 . Karavoltsos , Sakellari,Mihopoulos,Dassenakis,Scoullos( 2007 ). " Evaluation of the quality of drinking water in regions of Greece" . Science Direct . 224 ( 2008 ) pp. 317 – 329

21. Kawther. F.Abed and Suaad. S. Alwakeel.(2007)" Mineral and Microbial Contents of Bottled and tap Water in Riyadh, Saudi Arabia". Middle-East Journal of Scientific Research 2(3 - 4) : 151 -156.
22. Mohmoud, Ewane,Jones, Wilson( 1999 )." Chemical Evaluation of Commercial Bottled Drinking water from Egypt" . Journal of Food Composition and Analysis.14 ( 2001 ) pp. 127 – 152.
23. Sawyer, McCarty (1976)." Chemistry for Sanitary Engineers", 2 nd. ed. New york, McGraw - Hill, ( series in sanitary science and Water resources engineering).
24. Varrica, Tamburo, Dangarra ( 2013 )." Sicilian bottled natural waters": Major and trace Inorganic Components .Applied Geochemistry. 34 ( 2012 ) pp.102 -113.
25. Virkutyte , Sillanpaa ( 2005 )." Chemical evaluation of potable water in Eastern Qinghai Province" . Environment International .32 (2006) pp.80-86.
- 26 .WHO(1979). "Sodium, Chlorides and Conductivity in Drinking Water", Copenhagen WHO, Regional office for Europe,(Euro Reports and Studies,No.2).
- 27 . WHO, World Health Organization, 1998, " Guidelines for Drinking Water Quality", Health criteria and other supporting information Geneva, 2<sup>nd</sup> ed., volum 2.
- 28 . WHO, World Health Organization, (2011). "Guidelines for Drinking Water Quality ". Fourth Edition.

Determination of Total Hardness and some Chemical Properties in some Bottled water samples Manufactured in Misurata City – Libya

Ibrahim M Alassawi,\* Fatma S. Aldurrat,\* and Ramadan N. Alhaloob \*\*

\*Chemistry Department, Faculty of Science, Misurata University - Libya

\*\* The Libyan Academy, Misurata

\*Corresponding Author: Dr. Ibrahim M. Alassawi

E-mail ssawii@yahoo.com

Water is the most important resource for human. Water is essential to health however its purity, Potability and the mineral content is important for Consumption by humans.

The objective of this study was to determine total hardness Content in some samples of bottled water from Misurata city, Libya. A total of thirty commercial bottled water (non-Carbonated) were purchased from Super market all over Misurata City. Total hardness for samples investigation along with Total Dissolved Solids (TDS), Calcium hardness, Magnesium hardness, Sodium (Na), Potassium (K), Carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) and total alkalinity. The results obtained are Compared with international and national Specifications and Previous research. Most samples were agreed with the permissible value as given by W.H.O.

By Statistical analysis, Correlation ( $R^2$ ) and Stepwise method, found that total hardness value influenced by content of calcium hardness and magnesium hardness.

Key words: Bottled water, Total Hardness, Sodium, Potassium, TDS, Misurata

## ادارة الأفلاج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: فلنج الخوض القديمة – دراسة حالة

### Falaj of old Al-Khoudh village – Study case Aflaj management using GIS

إعداد:

أيمن بن عبدالله بن زاهر البيماني / محمد بن علي بن محمد المكتومي

إشراف:

د. علي بن سعيد البلوشي

أستاذ الدراسات البيئية المساعد بجامعة السلطان قابوس

#### شكر وتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، وبفضلـه تننزلـ البركات، والصلـة والسلام من قد خـصـه ربـه من بينـ البرـيات بـأسـمىـ الـاخـلـقـ وأـجـلـ الصـفـاتـ، فـللـهـ الحـمدـ وـالـشـكـرـ عـلـىـ توـفـيقـهـ لـناـ لـاتـمامـ هـذـهـ الـبـحـثـ، وـنـقـدـمـ بـذـكـرـ لـكـ لـكـ مـنـ كـانـتـ لـهـ بـصـمـةـ مـمـيـزـةـ، إـلـىـ الـدـكـتـورـ: عـلـيـ بـنـ سـعـيدـ الـبـلـوـشـيـ رـئـيـسـ قـسـمـ الـجـغـرـافـيـاـ بـجـامـعـةـ السـلـطـانـ قـابـوسـ عـلـىـ تـقـضـلـهـ بـالـإـشـرـافـ عـلـىـ الـبـحـثـ وـتـوـجـيهـاتـهـ وـنـصـائـحـاتـهـ التـيـ مـاـ تـرـدـدـ وـلـوـ لـحـظـةـ فـيـ طـرـحـهاـ.

كـماـ نـقـدـمـ بـالـشـكـرـ الـجـزـيلـ إـلـىـ سـعـادـةـ الـعـضـوـ: تـوـفـيقـ الـلـوـاتـيـ عـضـوـ مـجـلـسـ الشـورـىـ لـوـلـاـيـةـ مـطـرـحـ عـلـىـ يـدـ الـبـيـضـاءـ الـذـيـ قـدـمـهـ لـنـاـ لـلـمـشـارـكـةـ بـهـذـهـ الـورـقـةـ فـيـ الـمـلـقـىـ الـعـلـمـيـ لـادـارـةـ الـمـيـاهـ وـالـتـصـرـحـ بـتـرـكـيـاـ.

كـماـ نـقـدـمـ بـالـشـكـرـ وـالـعـرـفـانـ لـجـامـعـةـ السـلـطـانـ قـابـوسـ لـدـعـمـهـ الدـائـمـ وـالـمـتوـاـصـلـ لـلـبـحـوثـ الـطـلـابـيـةـ، وـلـاـ يـفـوتـنـاـ كـذـلـكـ إـلـاـ وـأـنـ نـطـيرـ باـقـةـ وـرـدـ مـعـطـرـةـ بـالـشـكـرـ وـالـإـمـتـنـانـ لـأـعـضـاءـ الـهـيـئةـ التـدـرـيـسـيـةـ وـالـفـنـيـنـ بـقـسـمـ الـجـغـرـافـيـاـ بـكـلـيـةـ الـآـدـابـ وـالـعـلـمـ الـإـجـتـمـاعـيـ الـذـيـ تـلـمـذـنـاـ عـلـىـ أـيـدـيـهـمـ نـخـصـ بـالـذـكـرـ أـسـاتـذـتـنـاـ الـأـجـلـاءـ نـاصـرـ النـعـمـانـيـ وـمـحـمـدـ الـبـرـوـانـيـ.

وـأـخـيـراـ لـاـ يـسـعـنـاـ إـلـاـ نـعـمـ بـالـشـكـرـ لـكـلـ مـنـ كـانـ لـهـ أـثـرـ بـارـزـ فـيـ ظـهـورـ هـذـهـ الـوـرـقـةـ الـعـلـمـيـ، رـاجـيـنـ مـنـ اللهـ لـهـمـ التـوفـيقـ وـالـنـجـاحـ وـأـنـ يـجـعـلـ هـذـهـ الـعـلـمـ خـالـصـاـ لـوـجـهـ الـكـرـيمـ، إـنـهـ وـلـيـ ذـلـكـ وـالـقـادـرـ عـلـيـهـ، نـعـمـ الـمـولـىـ وـنـعـمـ الـنـصـيرـ.

#### مستخلص الدراسة باللغة العربية

تعتبر الأفلاج في سلطنة عمان بمختلف أنواعها (الغيلية والعينية والداوودية)؛ أحد أهم الموارد المائية الطبيعية في سلطنة عمان، والتي تمتد بعض القرى العمانية والواحات الزراعية بالمياه العذبة، وخاصة تلك الواقعة في أحضان السلال الجبلية. وتشير آخر الإحصائيات إلى وجود ما يربو عن 3000 فلنج في سلطنة عمان، بعد أن كانت 4112 فلنج.

هدفت الدراسة إلى تسخير نظم المعلومات الجغرافية وتطبيقاتها لتدارك انهيار النظام التقليدي للأفلاج وتراجع الممارسات التقليدية المعتمدة عليها، وخطر الهدم بفعل العوامل الطبيعية كالانجراف المائي وقلة سقوط الأمطار، والعوامل البشرية كتسارع عملية التحضر في الريف العماني، بالإضافة إلى تأسيس قاعدة بيانات جغرافية توضح خطوط سير الأفلاج والتقييمات التابعة لها وإيجاد الطرق المناسبة لإدارتها والمحافظة عليها كإرث حضاري.

تعتمد الدراسة على العمل الميداني لرفع جميع مسارات وقنوات فلنج الخوض القديمة في محافظة مسقط كنموذج للأفلاج الغيلية وتتبع مساراته وتقسيماته والسنن والأعراف المتعلقة به، ونوعية الاستعمالات القائمة عليه، ومحاولة ربط الموقع بتطبيق يُستخدم في الهواتف الذكية، بحيث تكون تجربة إنشاء موقع على الويب بواسطة برنامج ArcGIS Viewer for Flex، يمكن تتبعه ومراقبة تطوره من قبل الباحثين متخذين القرار.

تضمنت الدراسة على أربعة محاور، يتعرض المحور الأول لموضوع وأهمية ومشكلة الدراسة ومبرراتها. ويطرق المحور الثاني للخصائص الطبيعية والبشرية لمنطقة الدراسة. المحور الثالث سيتناول الجانب التطبيقي بإدخال نظم المعلومات الجغرافية لدراسة الأفلاج وكيفية إدارتها، وتختتم الدراسة بعرض لأهم النتائج والتوصيات.

من المؤمل أن تخرج الدراسة بقاعدة بيانات أولية لفلج الخوض القديمة تتضمن الخصائص المورفومترية والمسارات والقوى للفلج وأماكن الضرر التي تتطلب التدخل السريع من متذدي القرار.

الكلمات الدالة: (الفلج): قناة محفورة على باطن الأرض أو على سطحها سواء كانت مغطاة أو مكشوفة، لجمع المياه الجوفية أو مياه العيون والينابيع الطبيعية أو المياه السطحية، أو اعتراض وتجميع مياه السيول بحيث يتم انتقال المياه المتجمعة من مواردها لقناة الفلج طبيعياً بواسطة قوة الجاذبية الأرضية نحو الأراضي الزراعية ومناطق الاحتياج.

## Abstract

Aflaj in The Sultanate of Oman are considered within all its types (Dawoodi, Aini, and Ghaili); as one of the most important natural water resources in Oman, which supply some of the Omani villages and agricultural oases with fresh water, especially those that are located in mountain chains. The latest statistics have shown that over 3000 flowing Falajs were found in Oman, after there had been 4112 Falajs in Few years ago. Falajs represented the highest rate of water use in agriculture fields

The purpose of the study was to harness the geographical information system and its applications in finding a solution for the collapse of Aflaj traditional systems and the decline of its traditional practices problem, despite its importance, it is facing the threat of demolition and vanishing as a cultural heritage, in addition to the natural factors by the water driftage and low rainfall, or due to human factors, such as the collapse of traditional agricultural systems that are resulting from the acceleration of the process of urbanization in the Omani countryside, in addition to its fragility due to its old materials used for construction, urbanization, the emersion of The Artesian wells that are unauthorized by the concerned authorities, and the absence of geographical databases which describe the conduct of Aflaj and its divisions.

The idea of making a website to create a special database for Aflajs and their data, this website was created through a program named 'ArcGIS Viewer For Flex', so that all Aflaj channels in The Old Alkhoudh in Muscat were lifted as an example of the Ghaili Falajs, followed by its divisions, the quality of its existing uses, and trying to link the website with an application which is used in smart phones, so anyone can lift the damaged places in Aflaj, then monitoring it by the decision makers and finding ways to solve the problems.

The study included four seasons, the first one has contained the topic of the importance and problems of the study, while the second contained a definition of the studying area in terms of human and natural characteristics. The third included the applied side by entering geographic information systems and showing their importance and finding solutions through them. The study has concluded with some results and recommendations that came up with.

The study has reached its aims by building a database for Aflaj including the Morphometric characteristics, and the study recommended to depend on the geographic information systems technology and its applications tracking the channels of Aflaj. In addition, it recommended the need of the intervention by the decision makers to protect this water resource from damages and extinction.

Key words:

(Falaj): is sparse except where there is irrigation, which is provided by an ancient system of water channels known as Aflaj (singular: Falaj). The channels often run underground and originate in wells near mountain bases.

## 1 : الفصل الأول

### 1.1 : المقدمة

تعد الأفلاج في سلطنة عمان منبع الحياة الزراعية، ويعود إنشائها لقرن السادس عشر قبل الميلاد بحسب ما يعتقد به بعض المؤرخين، وقد برع الإنسان العماني بعمريته إلى شق قنوات هذه الإفلاج بطريقة ذكية، إذ تجري بعضها على عمق طويل أسفل الأرض في زمن لا توجد به أي تقنيات حديثة يمكن أن يلجا إليها.

شكلت هذه الأفلاج بعدها حضاريا في الثقافة العمانية الريفية، ويركز العديد من سكان المناطق الريفية بالقرب منها منظمة بذلك حياتهم الريفية وأدوات توزيع المياه بأنظمة تقليدية بسيطة، بالإضافة إلى البعد الاقتصادي التي توفره بتعيين مراقب لصيانة الفلج يسمى بـ "العريف" يتلقى راتبًا شهريا، وتأجرir حصص المياه بمبلغ معين

ونقسم الأفلاج العمانية إلى ثلاثة أنواع وهي:

الداوودية: وهي تلك الأفلاج التي تستمد مياهها من سفوح الجبال وتعود سبب التسمية إلى النبي سليمان بن داود عليه السلام ويعتقد بأنه هو من قام ببنائها حسب أسطورة مجتمعية متداولة.

العينية: وهي تلك الأفلاج التي تستمد مياهها من تجميع مياه الأمطار وتقوم الأودية بتغذيتها.

الغيلية: هي تلك الأفلاج التي تستمد مياهها من العيون والينابيع.

وفي ظل وجود النشاط البشري والتتحول الحضري السريع في الريف تعاني هذه الأفلاج من مشاكل عديدة في زيادة نسبة الملوحة وتلوثها بالإضافة إلى الضرر على مسار الفلج وقواته ما يشكل خطراً بالغاً في إنهيار هذا النظام التقليدي الذي يغذي الكثير من القرى العمانية بالمياه طيلة أيام السنة.

جاءت هذه الدراسة لتجد حلآً أمثلًا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في معالجة المشاكل التي يتعرض لها هذا الإرث الحضاري، وتعتمد الدراسة على العمل الميداني لرفع جميع مسارات وقنوات فلنج الخوض القديمة في

محافظة مسقط كنموذج للأفلاج الغيلية وتتبع مساراته وتقسيماته والسنن والأعراف المتعلقة به، ونوعية الاستعمالات القائمة عليه، ومحاولة ربط الموقع بتطبيق يُستخدم في الهواتف الذكية، بحيث تكون تجربة لانشاء موقع على الويب بواسطة برنامج ArcGIS Viewer for Flex، يمكن تتبعه ومراقبة تطوره من قبل الباحثين متلذذى القرار.

## 2.1 : موضوع الدراسة وأهميته

تعتبر الأفلاج في سلطنة عمان بمختلف أنواعها وهندستها أحد أهم الموارد المائية الطبيعية في سلطنة عمان التي تمد بعض القرى العمانية والواحات الزراعية بالمياه العذبة وخاصة تلك الواقعة في أحضان السلاسل الجبلية. تحوالى الدراسة باستخدام التقنيات الحديثة كالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لحفظ على هذا المورد المائي في ظل وجود تحديات تضر به لأسباب فللة سقوط الأمطار والتلوّع العماني كما ترکز الدراسة على دور كل من المنشآت الهندسية للأفلاج وجود مصادر أخرى للمياه.

## 3.1 : مشكلة الدراسة

إنهايار النظام التقليدي للأفلاج ونراجم الممارسات التقليدية المعتمدة عليها على الرغم من أهميتها إلا أنها تواجه خطير التدمير والتلاشي كإرث حضاري بالإضافة إلى العوامل الطبيعية بفعل الإنجراف المائي أو بسبب العوامل البشرية وفي مقدمتها إنهايار النظم الزراعية التقليدية الناتجة عن تسارع عملية التحضر في الريف العماني، بالإضافة إلى هشاشةها بفعل قدم مادة البناء، وغياب وجود قاعدة بيانات جغرافية توضح خطوط سير هذه الأفلاج ونوعية الاستعمال والتقييمات التابعة لها.

وتحاول هذه الدراسة إلقاء الضوء على فلج الخوض القديمة في محافظة مسقط كنموذج للأفلاج الغيلية وتتبع مساراته وتقسيماته والسنن والأعراف المتعلقة به، ونوعية الإستعمالات القائمة عليه والمشاكل التي يتعرض لها الفلاح.

## 4.1 : ميررات الدراسة

تم اختيار موضوع الدراسة لمجموعة أسبابها أبرزها:

- أهمية الأفلاج العمانية وفلة توفر الدراسات العلمية حولها.
- إيجاد قاعدة بيانات مبنية تكون مرجعاً للباحثين ومتلذذى القرار.
- إيجاد حل لمشكلة تدمير وتلاشي الأفلاج في سلطنة عمان كمورد مائي.
- تطبيق مهارات التخصص التي أكتسبها الطلاب من مسار نظم المعلومات الجغرافية.

أما عن اختيار مكان الدراسة فيعود السبب الرئيسي إلى قرب فلج الخوض القديمة من جامعة السلطان قابوس وإمكانية تجميع الطلاب للمشاركة في البحث وتتوفر وسائل النقل وانخفاض التكاليف المصاحبة للبحث.

## 5.1 : أهداف الدراسة

تهدف الدراسة هذه إلى نقاط مهمة أبرزها:

- 1- تحديد الأفلاج العمانية من خلال إيضاح المسارات والبيانات والأعراف والسنن المتعلقة به .
- 2- عمل موقع ويب (Web) خاص باستخدام برنامج ArcGIS viewer for flex (ArcGIS viewer for flex) لتكون هنالك قاعدة بيانات تفيد متلذذى القرار والباحثين في الرجوع إليها.
- 3- إنشاء خرائط تفصيلية لفلج الخوض القديمة كنموذج لتتبع مسارات الأفلاج ومواعدها والمشاكل البيئية التي تتعرض لها.
- 4- إيجاد قاعدة بيانات أولية لفلج الخوض القديمة تكون هدفاً ونموذجاً للباحثين يمكن الإضافة عليه وتطويره مستقبلاً ليشمل أفلاج أخرى.

## 6.1 : منهجية الدراسة

ستعتمد الدراسة على عدة أسباب تبعاً لطبيعة الموضوع وهي على النحو التالي:

- 1 - النموذج الوصفي لإستعراض الدراسات السابقة وإيضاح أهم الملامح الطبيعية والبشرية المتعلقة بالدراسة.
- 2 - الدراسة الميدانية لرفع البيانات الجغرافية المتعلقة بموضوع الدراسة.

- 3 - المنهج التحليلي ويتضمن:

أ. تحليل المرئيات الفضائية باستخدام أساليب الإستشعار عن بعد والصور الجوية لتتبع مجرى فلج الخوض القديمة.

ب. تحليل البيانات المرفوعة ميدانياً أو عن طريق المرئيات الفضائية باستخدام أساليب نظم المعلومات الجغرافية لأسقاطها على الخرائط.

ج. تحليل البيانات الكمية باستخدام الأساليب الإحصائية وخاصة البيانات المتعلقة بالمورفومترية وهيدرولوجية فلج الخوض.

## 7.1 : الدراسات السابقة

1- دراسة (الغافري عبد الله ، 2008م) حول "الأفلاج العمانية تاريخها و هندستها وادارتها". و تطرق فيها إلى أنظمة وأحجام الأفلاج وملكية الناس لها توزيعها بين المزارعين والمستقدين منها، وقد خلص إلى أن نظام النجوم من أبرز الأنظمة المستخدمة في تحديد ملكيات وتوزيع مياه الأفلاج بين المزارعين ويختلف هذا النظام من قرية إلى أخرى.

2- تحقيق (الحارثي عبد الله، 2013م) بعنوان "الأفلاج. إبداع تاريخي للأيدي العمانيّة". تناول فيه النظريات الهندسية التي قامت عليها الأفلاج وسهلت من طريقة شقها كما تطرق إلى وفرة المياه والاستفادة منها.

3- تحقيق (البلوشي يوسف، 2011م) بعنوان "الأفلاج العمانية هندسة تاريخية تعتمد على النجوم في الري". و تطرق فيه إلى الأفلاج الخمسة العمانية المدرجة في قائمة التراث العالمي، وعدد الأفلاج في سلطنة عمان، وتميز هذا التحقيق بشمولية التعرض لأهم الظاهرات الطبيعية والبشرية المصاحبة لنظام الأفلاج في سلطنة عمان.

## 2 : الفصل الثاني

### 1.2 : الموقع الجغرافي

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من السلطنة في الخوض القديمة التابعة لولاية السيب في محافظة مسقط وتعتبر من المناطق الساحلية حيث تبعد عن خط الساحل بـ 13 كيلومتر. يحد منطقة الدراسة من جهة الشمال المخططات السكنية الجديدة لمنطقة الخوض أما من جهة الجنوب فتحدها تجمعات الخوض القديمة ومن جهة الشرق تحدها جامعة السلطان قابوس ومن جهة الغرب منطقة فضاء واسعة.



الشكل رقم (1): الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة

## 2.2 : الموقع الفلكي

أما بالنسبة للموقع الفلكي؛ فتقع منطقة الدراسة على دائرة عرض 2607080.02 شمال خط الإستواء، وخط طول 614435.02 شرق خط غرينويتش.



الشكل رقم (2): الموقع الفلكي لمنطقة الدراسة

### 3.2 : مناخ المنطقة

يهدف هذا الفصل إلى الكشف عن الصفات العامة وسمات عناصر المناخ في منطقة وادي الخوض. سوف يتم الحديث وتحليل وتفسير عناصر كميات الأمطار ودرجات الحرارة خلال عدة سنوات سابقة في منطقة الدراسة، حيث توفر محطة الأرصاد بيانات عن كميات الأمطار منذ عام 1975 لغاية 2011م، وتتوفر بيانات عن درجات الحرارة منذ عام 1974 لغاية 2011 م. تم اختيار محطة الأرصاد الجوية في مطار مسقط الدولي باعتبارها أقرب محطة أرصاد إلى وادي الخوض، حيث تبعد عن الوادي قرابة 15 كم فقط.

كما سيتم التطرق في تفسير العناصر إلى التوزيع الزمني والمكاني لها، وما تتعرض له من تباينات سنوي بغية الوصول إلى فهم واضح ودقيق لعلاقة هذه العناصر ببيئة الدراسة.

المتتبع لحالات الطقس والمناخ في سلطنة عمان سيدرك أن هناك تباينات واضحة وكبيرة بعض الأحيان في كميات الأمطار ودرجات الحرارة في عموم المنطقة، فنراها تارة تتجاوز المعدلات القبابية وتارة أخرى تهبط إلى أدنى مستوياتها، مما يؤثر على الإنتاج الزراعي بشكل عام في سلطنة عمان، ويسبب جفاف الأودية والأفلاج الغيلية المصاحبة بها.

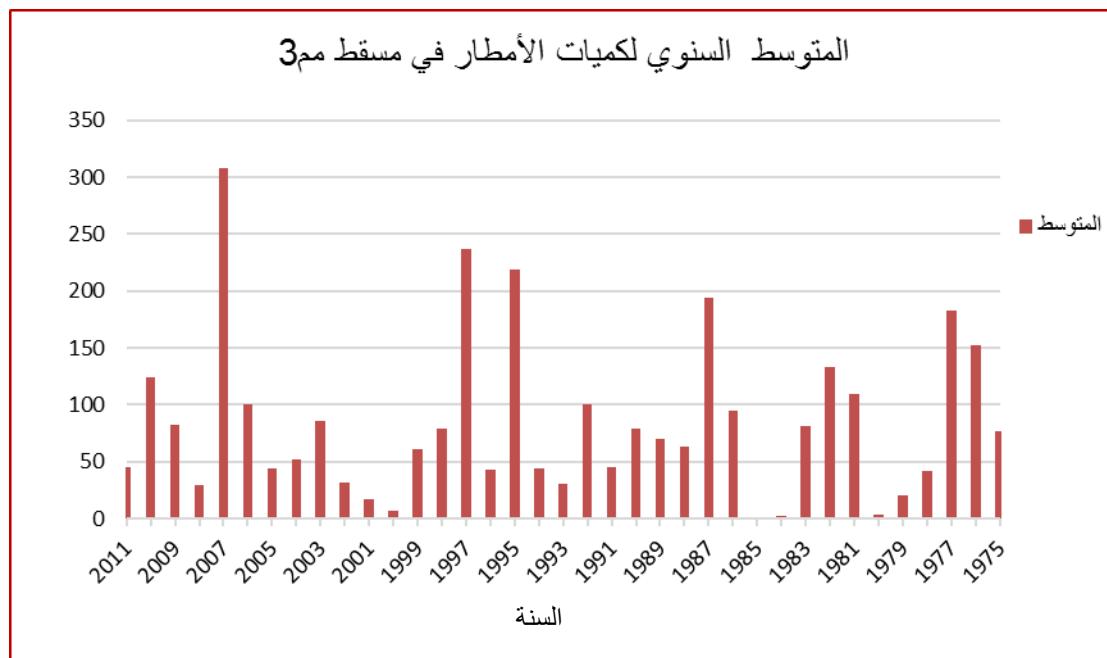
وأظهرت النتائج أن الأمطار في هذه المنطقة تتميز باختلافات كبيرة شأنها في ذلك شأن سائر الجهات شبه الجافة من السلطنة، فعلى صعيد الأمطار السنوية يتراوح المعدل السنوي بين أقل من (10) مليمترًا كحد أدنى في أقل المحطات تساقطًا إلى أكثر من (820) مليمترًا كحد أعلى في أكثر المحطات تساقطًا.

كما تباين درجات الحرارة بشكل كبير جداً في عموم السلطنة، حيث تصل أعلى مستوياتها على 60 درجة مئوية، وتتحفظ في بعض الجبال إلى ما دون الصفر.

### 1.3.2 : تحليل عناصر المناخ المسجلة في محطة مطار السيب الدولي

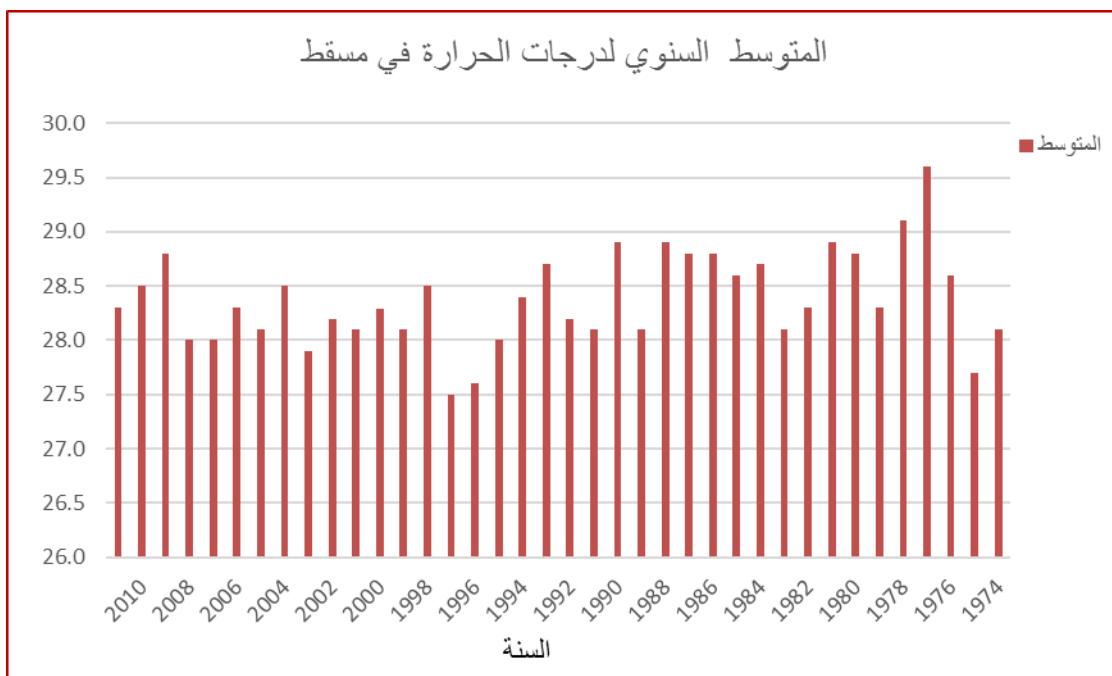
مسقط هي عاصمة سلطنة عمان، تقع في شمال السلطنة ويعبر من خلالها مدار السرطان. تتميز محافظة مسقط باعتدال البرودة شتاءً وارتفاع درجات الحرارة صيفاً. تقع ولاية صحار على شاطئ بحر عمان. تتفاوت في محطة السيب كميات الأمطار السنوية حسب الظروف المواتية في ذلك العام. تتميز محافظة مسقط بارتفاع درجات الحرارة الشديدة في فصل الصيف والتي تتجاوز حوالي 60 درجة مئوية. ولذلك نجد تفاوت كبير في كميات الأمطار المسجلة في محطة مسقط خلال السنوات المختلفة، ولا تزيد متوسطات كميات الأمطار في محطة مسقط عن 1101 ملم سنوياً، باستثناء عام 1997 والذي صاحبه حدوث حدث مهم للغاية وهو جرفه 97 والتي أدت إلى زيادة كميات الأمطار وبالتالي سجلت حوالي 240 ملم في ذلك العام. ولا يمكن نسيان عام 2007م أبداً والذي حدث فيه إعصار جونو وبالتالي ارتفعت كميات الأمطار المسجلة في محطة مسقط بشكل كبير للغاية عن السنوات السابقة، وبلغ حوالي 310 ملم في تلك المحطة.

وبالتالي كمية الأمطار تعتبر محور أساسي ورئيسي في هذه الدراسة باعتبار فلج الخوض فلحاً غلياً تزيد وتنقص مياهه تبعاً لزيادة ونقصان مياه وادي الخوض وسقوط الأمطار.



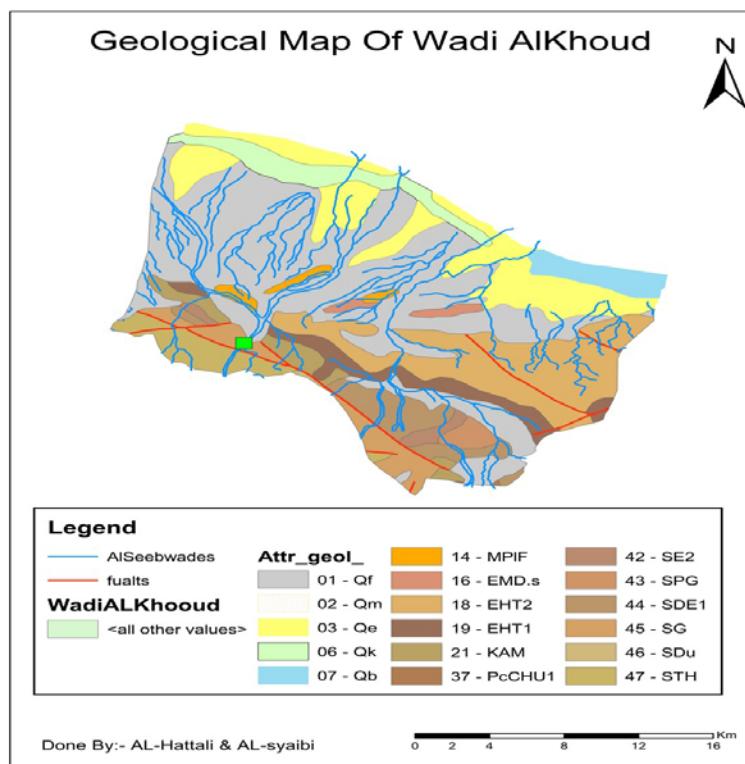
الشكل رقم (3): متوسط كميات الأمطار في ولاية السيب

وكما تحدثنا سابقاً وأسلفنا الذكر فإن درجات الحرارة تعتبر عامل مهم في سقوط الأمطار وجريان الأودية. والمتتبع لمناخ محافظة مسقط من خلال محطة السيب سيجد هناك تفاوتاً طفيفاً في درجات الحرارة بين سنوات المقارنة والتي تم تسجيلها في محطة مطار مسقط الدولي. فنراة تنخفض متوسط درجة الحرارة على مدار العام إلى 27.5 درجة مئوية، وترتفع تارة أخرى إلى 29.6 درجة مئوية. ويجب التنويه أن هذه البيانات هي المتوسط العام لهذه العناصر المناخية لكل سنة بمفردها، وبالتالي فمن البديهي أن نجد درجات الحرارة متقاربة بعض الشيء، ولكن لو تحدثنا عن درجات الحرارة القصوى أو الصغرى فسنلاحظ قدر هائل من التفاوت بين سنوات المقارنة.



الشكل رقم (4): متوسط درجات الحرارة في ولاية السيب

**4.2 : جيولوجية المنطقة**  
توضح الخريطة التالية جيولوجية منطقة الدراسة:



الشكل رقم (5): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

\* مصدر الخريطة: من إعداد أحد الزملاء السابقين في قسم الجغرافيا.

نلاحظ من الخريطة الجيولوجية أن منطقة الدراسة عبارة عن منطقة إنتقاء مجموعة من التكوينات الجيولوجية أهمها:



1. **الكونتربي**: وهي عبارة عن ترببات جرينية والتي تأخذ اللون



2. **مجموعات فارس**: وهي تكوينات تكونت في الوحدة الجيولوجية من نهاية الطباشيري إلى التيرشلي والتي تأخذ اللون

وتقع المنطقة بالقرب من مجموعة من الصدوع مما جعل منها منطقة ضعف منخفضة المستوى عما يجاورها سهلت على المياه شق مجريها بالإضافة إلى أن التكوين الحالي لمنطقة الدراسة عبارة عن طبقة رسوبية رسبها الوادي قبل انخفاض مستوى البحر على المنطقة بشكل متساوي ساعد على وجود الوادي في هذا الجانب.

### 3 : الفصل الثالث (الجانب التطبيقي)

#### 1.3 : رفع المسارات

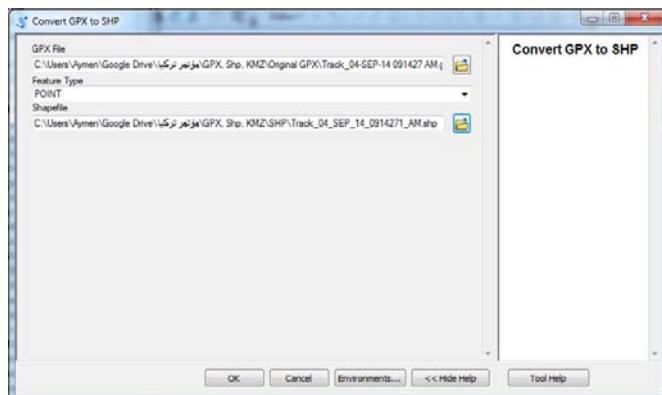
بدأ الجانب التطبيقي في هذا البحث بالنزول للميدان في منطقة بلدة الخوض القديمة، ثم بدأ الباحثان برفع جميع مسارات وقوفات فلوج الخوض من بدايته و حتى نهايته، تمت هذه العملية باستخدام جهاز GARMIN OREGON 550، حيث قام الباحثان بالسير على قوatas الفلوج ويقوم الجهاز تلقائياً برسم هذه المسارات وحفظها في الذاكرة الداخلية منه. استغرقت هذه العملية يوم واحد فقط لإتمام رفع جميع المسارات في هذه الفلوج.

#### 2.3 : تحويل البيانات

تمثل هذه الخطوة والتي بعدها ما يسمى بالعمل المكتبي، حيث تم نقل جميع الملفات المخزنة في جهاز GARMIN OREGON 550 والتي تمثل مسارات فلوج الخوض، تم نقلها إلى جهاز الحاسوب الآلي، تكون الملفات التي ينشئها الجهاز بصيغة GPX، ولذلك تم تحويل هذه الملفات من صيغة GPX إلى صيغة Shapefile شيب فايل وذلك باستخدام برنامج الأرك ماب والذي يعد إحدى برامج حزمة GIS والتي تصدرها شركة إزرني العالمية في مجال نظم المعلومات الجغرافية.

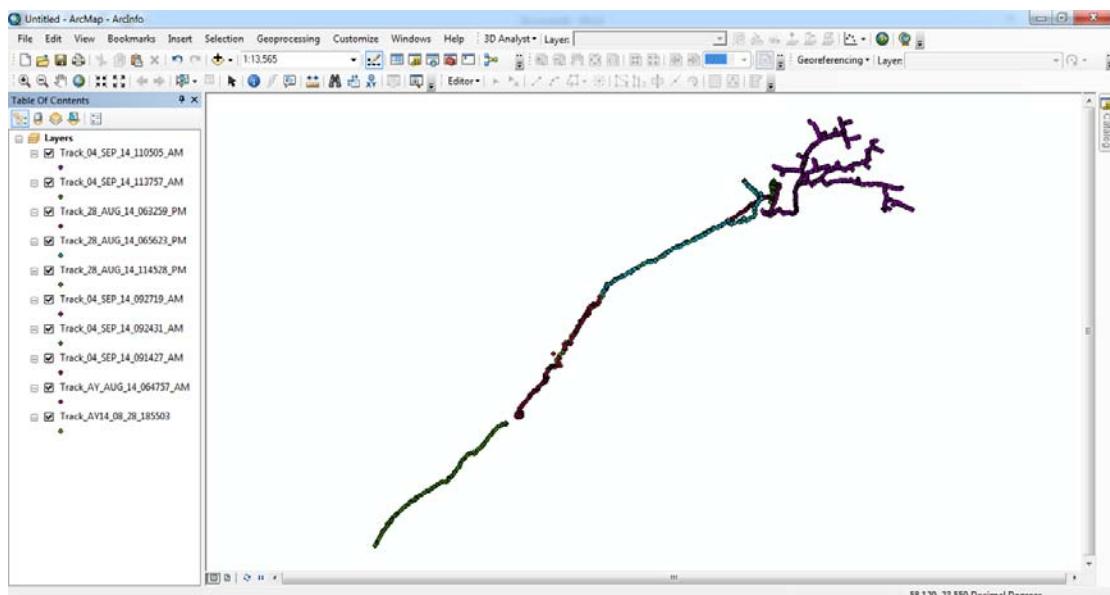
خطوات العمل:

في برنامج الأرك ماب، وضمن ضمن حزمة ArcToolbox، مستخدم الأداة التالية: Convert GPX to SHP، كما هو موضح في الشكل التالي؛ في الخانة الأولى نقوم بإدخال ملف GPX، وفي الخانة الثانية نختار شكل البيانات التي توجد في ملف GPX هل هي مساحة أم نقاط، وفي الخانة الثالثة نقوم باختيار مكان حفظ الملف والذي سيكون بصيغة Shapefile. ثم نختار Ok.



الشكل رقم (6): تحويل ملفات GPS إلى ملف Shapfile

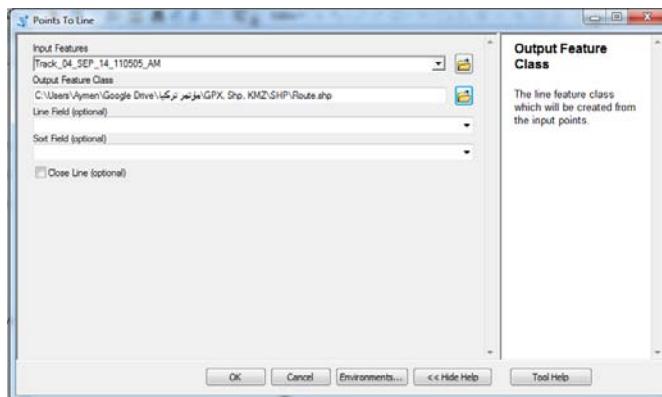
ستظهر لنا النقاط كما في الشكل التالي:



الشكل رقم (7): مسارات فلج قرية الخوض في برنامج ArcMap

ولتحويل النقاط إلى مسارات على شكل خط، نقوم باستخدام الأداة .Points to line

وકما هو واضح في الشكل التالي: في الخانة الأولى نقوم بإدخال ملف Shapefile والذي هو على شكل نقاط، وفي الخانة الثانية نختار مكان الحفظ.

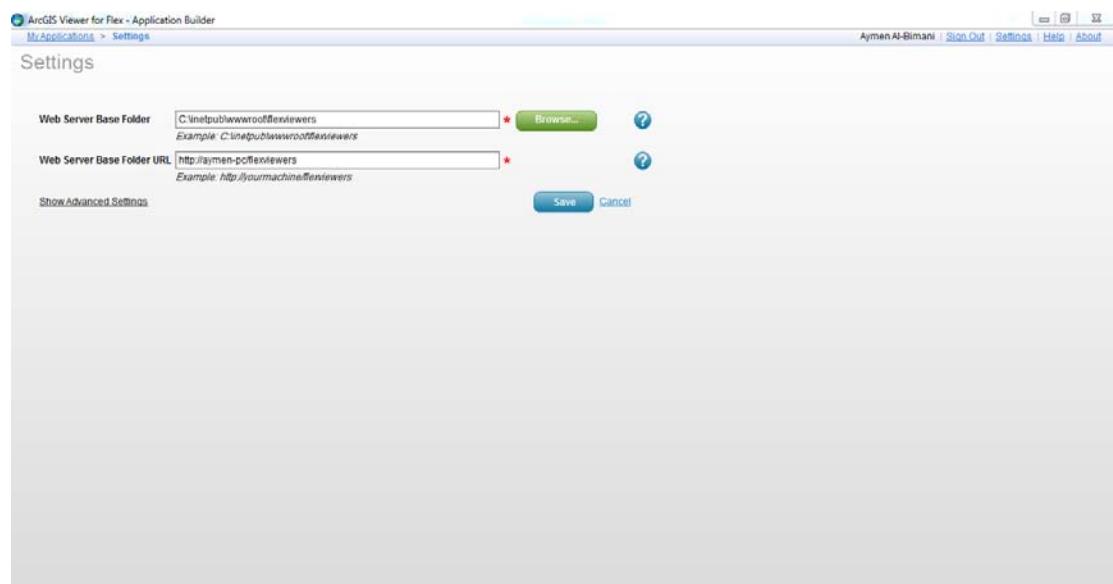


الشكل رقم (8): تحويل النقاط الممثلة لمسارات فوج إلى خط متصل

ستظهر لنا النتيجة أن المسارات أصبحت على شكل خط متصل مع بعضه البعض، وهو ما سيسهل لنا العمل والتعامل معه.

### 3.3 : استخدام الوريب لإدارة قنوات الفوج

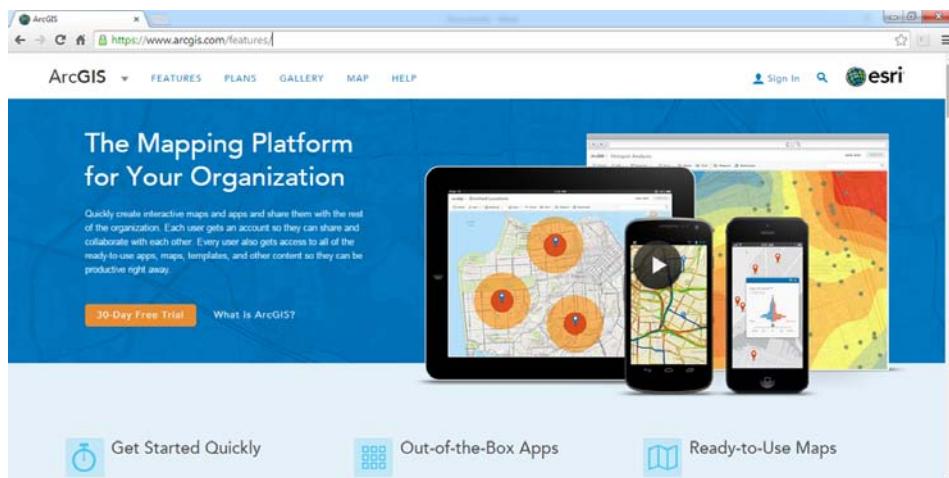
كما تحدثنا سابقاً، سيتم رفع جميع المسارات في Web GIS وذلك باستخدام برنامج ArcGIS Viewer for Web GIS، البرنامج هو برنامج مجاني ضمن حزم برامج شركة إيزري العالمية، بعد تحميله وتنصيبه نقوم بفتحه، ليظهر لنا كما في الشكل التالي:



الشكل رقم (9): واجهة برنامج ArcGIS Viewer for Flex

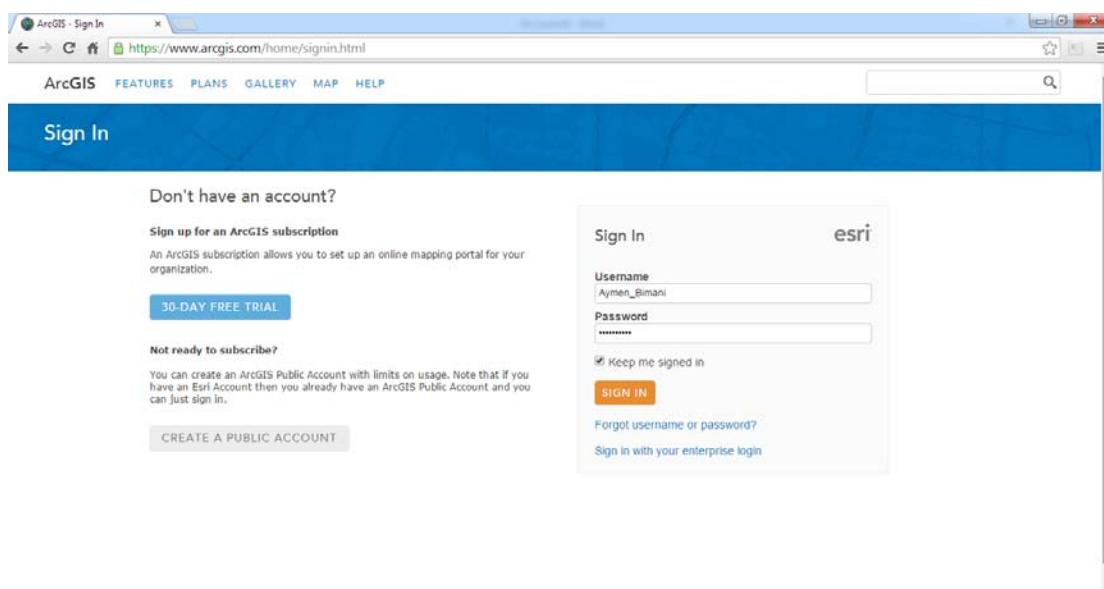
تقوم منهجية عمل هذا البرنامج على جلب البيانات المخزنة في السيرفر أو في موقع <https://www.arcgis.com>، وبما أننا لا نملك سيرفر خاص لهذا المشروع، فإننا نقم برفع هذه البيانات في الموقع السابق، وذلك كما هو موضح في الخطوات التالية:

1- نقوم بفتح الموقع.



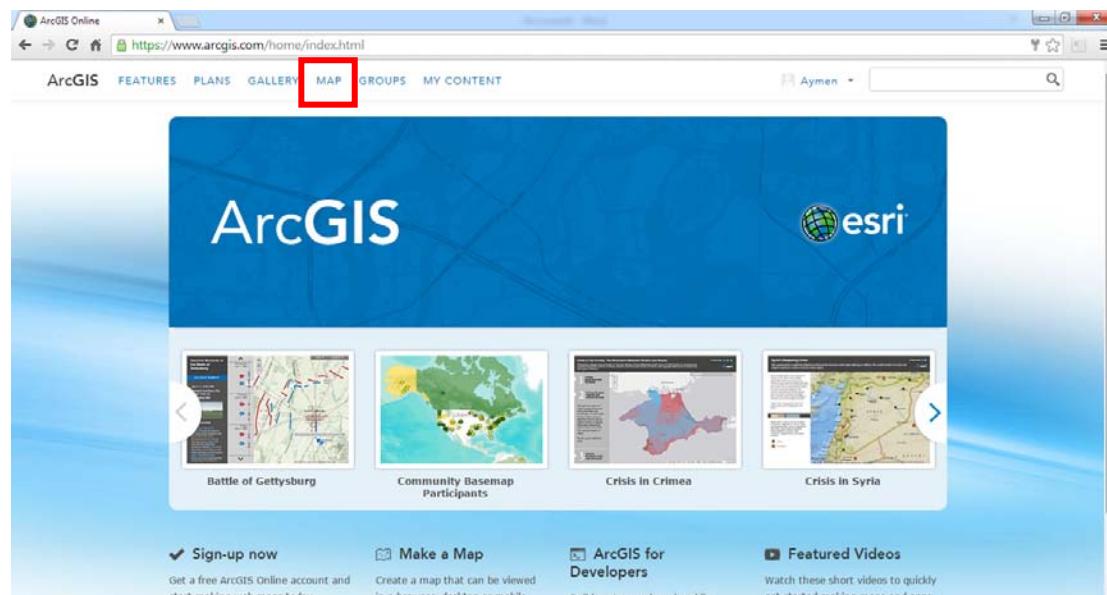
الشكل رقم (10): واجهة موقع www.arcgis.com

2- للعمل في الموقع يلزمك التسجيل فيه وعمل حساب خاص لك، وبعد ذلك نقوم بتسجيل الدخول في الموقع كما هو موضح في الشكل التالي:



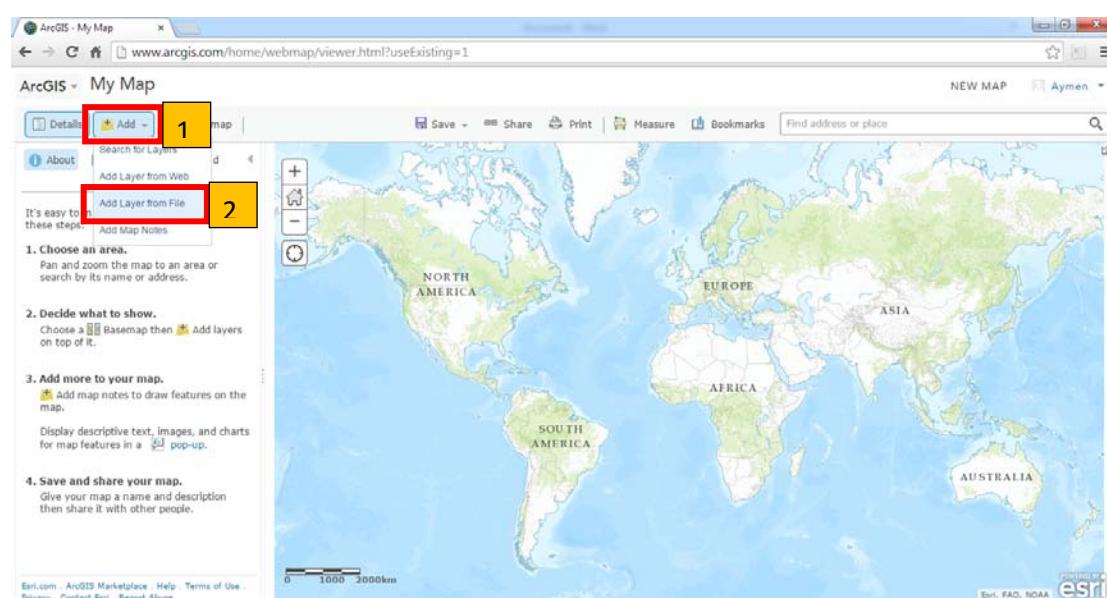
الشكل رقم (11): تسجيل الدخول في موقع www.arcgis.com

ستفتح الصفحة التالية، ثم نقوم بالضغط على أيقونة Map.



الشكل رقم (12): موقع www.arcgis.com

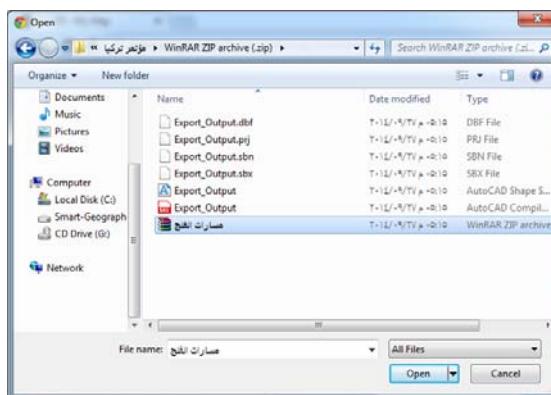
ستفتح لك الصفحة التالية، ول يمكنك تحميل بيانات لهذا الموقع ستتبع الخطوات التالية:



الشكل رقم (13): تحميل البيانات إلى موقع www.arcgis.com

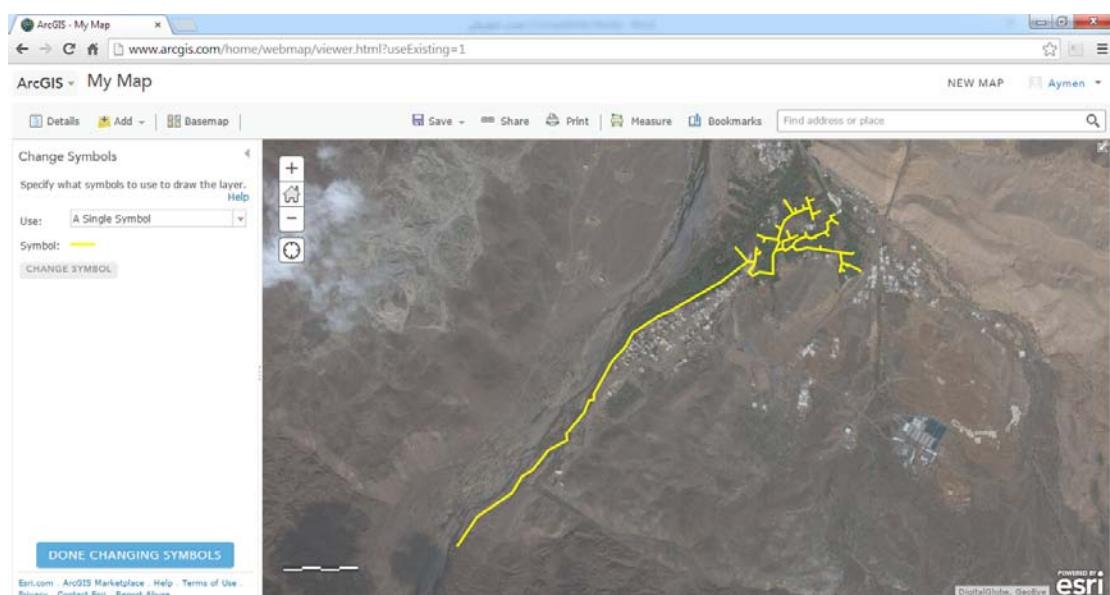
ثم تختار ملف Shapefile الذي تريد رفعه للموقع.

ملاحظة: لتمكن من رفع الملف، يجب عليك ضغط ملف Shapefile في ملف مضغوط .WinRAR



الشكل رقم (14): اختيار البيانات التي تود رفعها للموقع

ستظهر لنا مسارات الفلج في الموقع كالتالي:

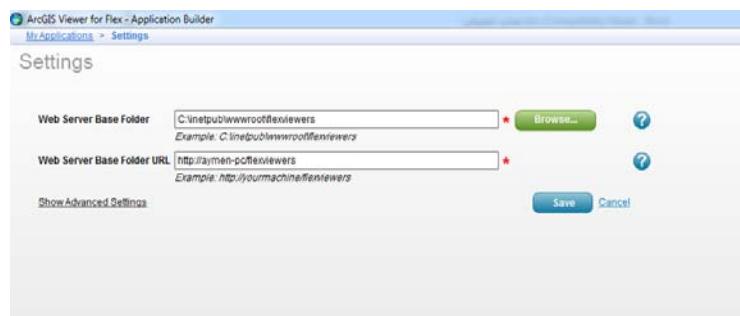


الشكل رقم (15): ظهور البيانات المرفوعة في الموقع

ومن أعلى الصفحة نعمل على حفظ الملف في الموقع، ليتم حفظه تلقائياً في الحساب الذي تم إنشاؤه في الموقع.

بعد ذلك نذهب لبرنامج ArcGIS Viewer for Flex، ونعمل على جلب البيانات من الحساب في موقع <https://www.arcgis.com>

يتم بداية تسجيل الدخول إلى البرنامج.

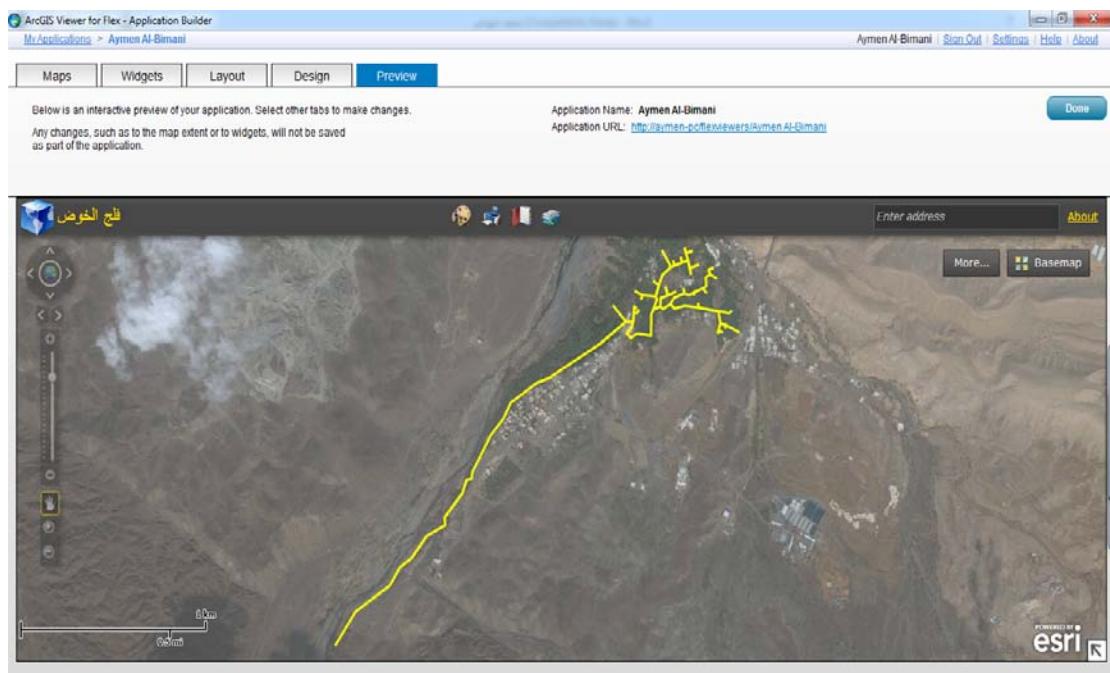


الشكل رقم (16): واجهة برنامج ArcGIS Viewer for Flex

ثم الذهاب إلى صفحة Web Maps، ومنها يتم اختيار My Content ليسمح لك باستعراض الخرائط والملفات التي وضعتها في حسابك في موقع <https://www.arcgis.com>، ثم تقوم بختيار الملف الذي تريد استعراضه.

الشكل رقم (17): جلب البيانات إلى البرنامج من موقع [www.arcgis.com](http://www.arcgis.com)

لتظهر لنا الخريطة في الشكل التالي، حيث يمكن استعراض مسار الفلج، كما تتيح هذه الصفحة عدة خيارات للمستخدم مثل إضافة خريطة الأساس، أو خريطة الطرق، أو طباعة الخريطة، أو حفظها، الخ.



الشكل رقم (18): الشكل النهائي لمسار الفلج المرفوع في البرنامج

#### 4.3 : حل مشكلة تدهور مسلات الأفلاج

تتعرض مسلات الأفلاج في سلطنة عمان بمخالف أنواعها (العينية، الداودية، العيلية) إلى مشكلات عديدة، تعود أسبابها لعملين رئيسيين هما: الطبيعي والبشري.

يؤثر العامل الطبيعي على مسلات الأفلاج من حيث قوة الأمطار الساقطة وجريان الأودية الجارف، إذا أن هذه الأفلاج غالباً ما تكون واقعة في الأودية في المناطق الجبلية فتوثر قوة جريان الأودية إلى إندفاع المياه في الفلج بقوة ما يؤثر على بناءه وتهدم مساره وخصوصاً تلك التي لم تررم إلى الآن، بل البعض أندثر تماماً واحتفى بشكل واضح. كما أن موقع بعض الأفلاج على الحافات الجبلية يؤدي إلى تساقط الصخور الكبيرة على مسارها ما يؤدي إلى تهدم أجزائها أو إنسداد المياه، كذلك الأفلاج التي تمر في المناطق الزراعية تعاني من تساقط الأشجار وجذوع النخل على مسارها مما يؤدي إلى تهدمها أو إنسدادها.

أما بالنسبة للجانب البشري فتعاني الأفلاج من الزحف العثماني كتسارع عملية التحضر في الريف العماني، بالإضافة إلى التوجه الحكومي لتحلية المياه، وتوجه الأفراد للإستفادة منها ما قلل ذلك من العناية بالأفلاج.

كل هذا العوامل أدت إلى تدهور مسلات الأفلاج، بالإضافة إلى وجودها في أماكن نائية في بعض الأحيان جعلت من الصعوبة بمكان تحديدها وتحديدضرر الحاصل بها وغياب وجود قاعدة بيانات توضح المسارات الفتوافت. فجاءت فكرة إيجاد حل لهذه المشكلة وهي كالتالي:

- تحديد مسار الفلج وقواته ورفعها بواسطة جهاز GPS.
- رفع الإحداثيات إلى موقع Web GIS.
- تصميم برنامج يُحمل على الهواتف النقالة بنظامي (IOS و Android) يحتوي على خاصية رفع الإحداثيات قادرة على إرسالها إلى خادم (.server).
- إنشاء خادم (.server) خاص بالأفلاج.

بعد هذه العمليات توزع البرنامج على سكان القرى التي بها أفلاج، ومن خلال تعاونهم وملحوظتهم للخل على مسار وقوافل الفلج تُرسل إحداثيات الخل إلى الخادم لتكون لدينا قاعدة بيانات لأماكن الضرر تقوم الجهات المسؤولة ببعضها بإجراءات الصيانة.

بالإضافة إلى ذلك، سيتضمن الموقع جميع المعلومات والبيانات الوصفية والرقمية الخاصة بكل فلج من الأفلاج المرفوعة عليه، لتكون قاعدة بيانات رقمية كبيرة يعتمد عليها في الدراسات والبحوث والتخطيط.

#### 4 : الفصل الرابع:

##### 1.4 : النتائج

قدمت الدراسة طريقة علمية جديدة في المحافظة على الأفلاج، وإدارتها كمورد مائي ونظام تقليدي هام في سلطنة عمان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وقد خلصت إلى:

1- شح الدراسات الميدانية لنظام الأفلاج والاعتماد على الجانب النظري في أغلب الأطروحتات العلمية وصرف النظر عن الجانب التطبيقي بشكل ملفت للنظر.

2- عدم وجود قاعدة بيانات رقمية توضح مسارات فلح الخوض القديمة، بالإضافة إلى أطواله والمساحات الزراعية التي تغطيها ومعدلات التدفق.

3- تهدم واندثار بعض القنوات الفرعية بالإضافة إلى المسار الرئيسي للفلج ما يسبب ذلك في تسرب وضياع مياهه.

4- يمر الفلج بحالة فيضان في فترات سقوط الأمطار، ما يؤدي إلى زيادة العرض من المياه وقلة الطلب عليها، ونتيجة لذلك يتم تصريفها بكميات كبيرة في الوادي دون الاستفادة منها.

5- للفلج فائدة اقتصادية تتمثل في ري مزروعات مختلفة مثل: النخيل، والأعلاف، والقات، والقمح، ما يشكل ذلك دخلاً غذائياً للقرية، ناهيك عن توظيف أحد أفرادها كمراقب للفلج "عريف".

6- إنشاء قاعدة بيانات أولية لفتح الخوض القديمة تتمثل في رفع مساراته إلى موقع على الدليل Web، حيث تعد فكرة جديدة من نوعها في مجال الحفاظ على الأفلاج ومعرفة أماكن الضرر بمساراتها من خلال استخدام تطبيق على الهواتف الذكية لرفع إحداثيات أماكن الخل وإرسالها مباشرة إلى قاعدة بيانات الفلج.

##### 2.4 : التوصيات

1- توجيه اهتمام الباحثين لدراسة الأفلاج العمانية والتركيز على الجانب التطبيقي بشكل أكبر.

2- التعاون مع المختصين في مجال نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء قاعدة بيانات رقمية للأفلاج في سلطنة عمان وتحديد مساراتها وتحديد أطوالها والأراضي الزراعية التي تغطيها.

3- الاستفادة من مياه الأفلاج في حالة الفيضان وإيجاد طريقة علمية تحد من تصريفها عبثياً في الوادي.

4- دعم فكرة هذا البحث من حيث تبنيه بإنشاء خادم (server) مستقل يحتوي على قاعدة بيانات رقمية للأفلاج في سلطنة عمان بالإضافة إلى إنشاء التطبيق على الهاتف الذكي وربطه بقاعدة البيانات لتحدد كل أماكن الضرر والخل في مسارات الأفلاج لتوجه المسؤولين ومتخذي القرار للقيام بواجبهم المنوط عليهم.

5- الصيانة المستمرة لقنوات الفلج، والدعم المادي من قبل الجهات لأجل صيانته. وكذلك الصيانة والتنظيف المستمر لقنوات بعد سقوط الأمطار وتراكم الأتربة عليها.

- 6- وضع أنظمة وقوانين صارمة لمنع الناس من رمي المخلفات وغسيل الأواني بالصابون في الفلج. وفرض ضريبة مالية مخالفة لأي شخص يقوم بتعدي هذه القوانين.
- 7- توظيف عدد من الشباب رسميا للعمل في الفلج ومتابعته من جميع النواحي، وأن يكون مع هؤلاء الشباب رجل ذو خبرة ودراسة بأمور الفلج.
- 8- مراقبة مدى تأثير المشاريع الحديثة على مسار الفلج مثل شق الطرق، واستخدام المعدات الثقيلة، ومشاريع الحفر التي تقطع القنوات.
- 9- ترك إحرامات من جميع الاتجاهات للفلج وعدم التعدي عليه بالبناء والمشاريع المختلفة.
- 10- ايقاف تصاريح حفر الآبار أو تعميقها في منطقة أم الفلج وما جاورها.
- 11- وضع محسات إلكترونية لمراقبة خصائص الفلج مثل التدفق، الحرارة، الملوجة، وغيرها.
- 12- إنشاء حوض مغلق لتجميع مياه الفلج وإعداد جدول دقيق للسفري.

#### 3.4 :المراجع

- 1- الغافري، عبدالله/ 2008/ الأفلاج المُعَانِية تارихها وهندستها وادارتها/ مجلة نزوى/ سلطنة عمان
- 2- الحارثي، عبدالله/ 2013/ الأفلاج. إبداع تاريخي للأيدي العُمانية/ سلطنة عمان
- 3- البلوشي، يوسف/ 2011/ الأفلاج العُمانية هندسة تاريخية تعتمد على النجوم في الري/ سلطنة عمان

## الإدارة الرشيدة كوسيلة لتحقيق الأمن المائي في الجزائر - دراسة حالة ولاية سوق اهراس -

الأستاذ: صيد احمد سفيان  
قسم التهيئة جامعة عنابة الجزائر

الأستاذ صيد صـالـح  
قسم علوم الأرض و الكون جامعة بسكرة

### الملخص:

تكتسي الموارد المائية في الجزائر طابعا استراتيجيا في مسار التنمية الشاملة للبلاد لارتباطها الوثيق بالتنمية المستدامة ولكون الماء في الجزائر مورد نادر وثمين يقتضي ترشيد استعماله لتلبية حاجيات السكان والاقتصاد الوطني دون رهن حاجيات الأجيال القادمة

وتصنف الجزائر ضمن الدول الأكثر فقرا في العالم من حيث الإمكانيات حيث ترتب تحت الحد الأدنى النظري للندرة التي حددها البنك العالمي بـ 1000 م<sup>3</sup>/فرد سنة ، وتزداد حدة مشكلة الماء في الجزائر بسبب الخصائص المناخية التي تتراوح بين الجاف وشبه الجاف على معظم الأقاليم التي تؤدي إلى اختلالات جوهرية في توزيع الأمطار مما يهدد بتناقص الموارد في الوقت الذي يزداد فيه الطلب بفعل النمو الديموغرافي وتنامي متطلبات القطاعات المستهلكة.

والوضعية الراهنة تعكس عدم الاستغلال الأمثل للموارد المائية المتاحة سواء ل توفير المياه الصالحة للشرب أو المساحات المسقية لضمان الأمن الغذائي والحد من التبعية الغذائية، لذلك سعت الدولة إلى اعتماد آليات و سياسات تهدف إلى تحقيق إدارة راشدة للموارد المائية بالاعتماد على تقنية السدود الكبيرة التي تتوافق مع تحضر البلاد وتحويل المياه من إقليم إلى إقليم آخر كإنشاء سد بنى هارون الهدف إلى تغطية المتطلبات من الشمال إلى الجنوب ،بالإضافة إلى اعتماد سياسة معالجة المياه المستعملة وإنجاز محطات تحلية مياه البحر وفق منظور مستدام

سنحاول من خلال هذا البحث التطرق إلى تشخيص واقع الإمكانيات المائية بالجزائر وتحديد السياسات المعتمدة لتحقيق إدارة راشدة و فق مبدأ تكاملی بين مختلف المتدخلين و الفاعلين في إدارة المياه، وذلك باعتماد ولاية سوق اهراس كعينة، لكونها تزخر موارد مائية سطحية و باطنية مكنتها من تحقيق الاكتفاء المحلي و تغطية العجز المسجل على مستوى الأقاليم المجاورة.

**الكلمات الكاشفة:** الإدارة الرشيدة ، الموارد المائية، مؤهلات و عوائق تحقيق الأمن المائي بولاية سوق اهراس.

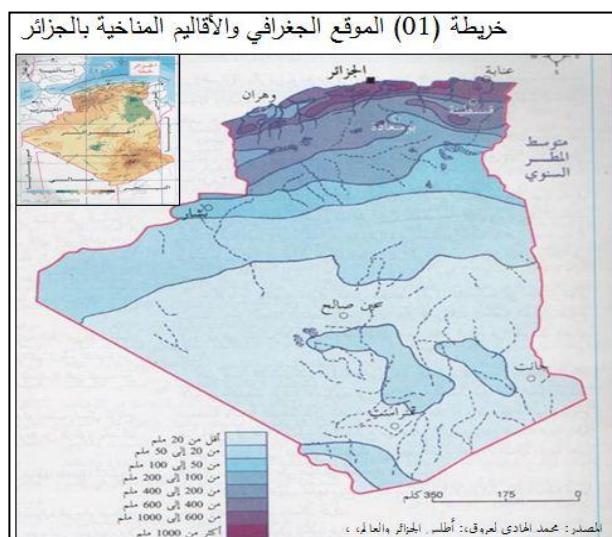
**مقدمة:**

ينظر في مسألة ترشيد استخدام المياه عادة في إطار ثلاثة فئات هي : الاستخدام الزراعي و الاستخدام الصناعي و استخدامات مياه الشرب لتلبية احتياجات السكان ، وفي السنوات الأخيرة بدا يولي اهتمام متزايد لفئة رابعة ، هي الاحتياجات المائية للنظم الإيكولوجية الطبيعية التي تشمل الأنهر ، البحيرات و الأراضي الرطبة.

أمام الطلب المتزايد على الموارد المائية بالجزائر و بالمقابل محدودية مواردها، فقد أولت اهتماماً بهذا القطاع الحيوي و الاستراتيجي بانتهاج عدة سياسات مائية منذ الاستقلال ، وتولت العديد من المؤسسات تسخير هذا المورد وفق مخططات تنموية وسن الأسس التنظيمية و التشريعية الكفيلة بتحقيق مبدأ الإدارة الرشيدة وتجسيد تنمية مستدامة.

**1- الإمكانيات المائية بالجزائر:**

تفتقر الموارد المائية بالجزائر بكونها محدودة ومرتبطة أساساً بالظروف المناخية (تدور الغطاء النباتي وارتفاع معدلات التبخر،...) بالإضافة إلى التباين في التوزيع الجغرافي، فالإقليم الشمالي و التي تشكل ما نسبته 04% من المساحة الإجمالية للبلاد تستحوذ على نسبة جريان سطحي يقدر بـ 89% في حين لا تلتقي الهضاب العليا و الصحراه إلا على 11% بالرغم من كونها تشغله نسبة 96% من المساحة الإجمالية.



تقدير الحصيلة المائية السطحية والجوفية بـ 17 مليار م3 سنوياً منها 2/3 مياه سطحية أي حوالي 13.5 مليار م3 بينما المياه الجوفية تشكل 3.352 مليار م3، وبلغ حجم المياه المستغلة في الجزائر سنة 2000 بـ 6.074 مليار م3

**جدول (01) توزيع المياه المستغلة في الجزائر**

موزعة كما يلي :

%	نوعية الاستغلال	حجم المياه(مليون م3)
21.98	مياه صالحة للشرب	1.335
13.19	الصناعة	801
64.83	الزراعة	3.938

100	6.074	المجموع
المصدر: تقرير وزارة الموارد المائية 2001		

وللتغطية العجز و التباين في توزيع الموارد المائية،فإن الدراسات المنجزة تشير إلى أن عدد المواقع الملائمة لبناء السدود من الناحية النظرية بـ 250 موقعاً، لكن عدد السدود المنجزة لغاية جانفي 2007 هي 57 سد كبير بطاقة استيعاب كافية نظرية تقدر بـ 5.701 مليار مـ³، ويعتبر سد بنى هارون أكبر مشروع أنجز بطاقة تخزين 960 مليون مـ³.

أما بالنسبة للمساحات المسقية التي تعتمد على الري حوالي 560 ألف هكتار سنة 2005 وهي لا تتعدي 7 % من المساحة المزروعة منها المساحات المسقية الكبيرة التي تعتمد على الري الحديث (السدود الكبيرة) 149860 هكتار وهي تمثل نحو 26 % من المساحة المسقية الكلية وهي تعتبر مساحة قليلة مقارنة بالمغرب 75 % وتونس 50 %.

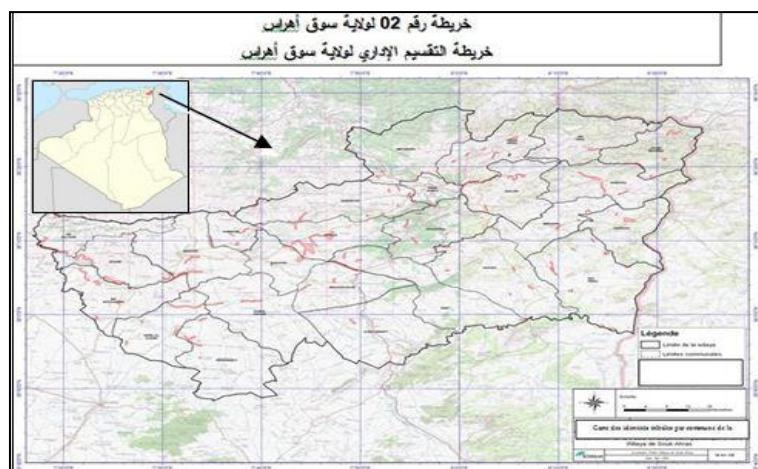
ويسجل قطاع الموارد المائية للفترة (2010/2014) برنامجاً لتحلية مياه البحر والذي يقتضي إنجاز 13 محطة وتهيئتها مستقبلاً، من أجل تحقيق 26,2 مليون متر مكعب يومياً، ويعرف هذا المشروع الذي تمت مباشرته بنسبة تقدم فعلية في الميدان.

أما بخصوص عمليات التطهير، فقد تم الشروع في العديد من المشاريع لاسيما استعمال أنظمة التطهير ومكافحة صعود المياه بكل من ورقلة والوادي وكذا عمليات تهيئة وتطهير وحماية وادي ميزاب من الفيضانات وإنجاز 36 محطة تصيفية وـ 40 بحيرة، فضلاً عن أشغال تهيئة الري الفلاحي التي تمتد على مساحة 11600 هكتار.

ويترقب في هذا الإطار إنجاز 19 سداً جديداً، والرفع من علو أربعة أخرى، من أجل التوصل إلى طاقة استغلال تصل إلى 1,9 مليار متر مكعب، وإنجاز 6 مشاريع كبيرة للتحويل، وـ 14 عملية لإيصال المياه الصالحة للشرب وإعادة تهيئة شبكة التزود بالماء الشرب لـ 22 مدينة، فضلاً عن شبكات التطهير لـ 12 مدينة وبناء 44 محطة تصيفية وـ 42 بحيرة، من أجل التوصل إلى طاقة معالجة للمياه المستعملة تقدر بـ 2,1 مليار متر مكعب سنوياً وكذا الأشغال الخاصة بتهيئة الري الزراعي (برمجة 174 من المماسك المائية )

## 2- دراسة حالة ولاية سوق اهراس

تقع ولاية سوق أهراس في أقصى الشمال الشرقي للجزائر يحدها من الشمال كل من ولايتي قايمة و الطارف و من الغرب ولاية أم البواقي و من الجنوب ولاية تبسة ومن الشرق دولة تونس الشقيقة و هي من الولايات السهبية.



بلغ سكان الولاية خلال آخر إحصاء لسنة 2008 ما يعادل 438.125 نسمة أي ما يكافئ نسبة 100 نسمة/كلم<sup>2</sup>، وقدر

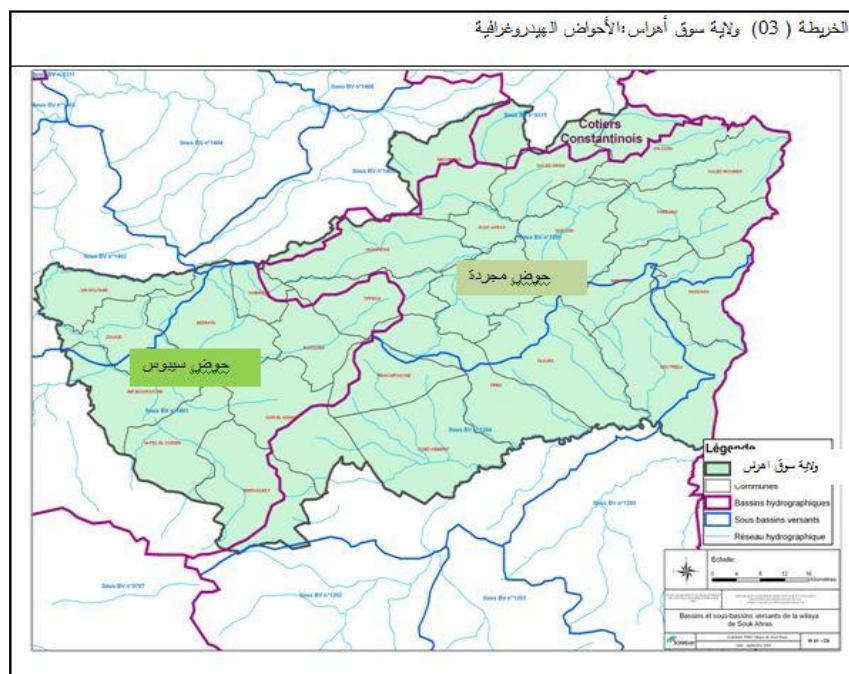
المساحة الإجمالية بـ 4.360 كلم<sup>2</sup> ، بينما يبلغ الارتفاع 1000 م شمالا و 650 م جنوبا وأغلب تضاريسها هي عبارة عن سلاسل جبلية و هضاب عليا و سهول و تعد ولاية فلاحية بالدرجة الأولى

## 2-1-إمكانيات المائية:

يتميز مناخ ولاية سوق اهراس بمتوسط درجات الحرارة بـ 30 ° صيفا و 5 درجات شتاءا بينما يصل متوسط التساقط 700 ملم شتاءا .

ولكون مجال الدراسة يقع ضمن حوض مجردة وحوض سيبوس ،فإن مجالها يتميز بشبكة هيدروغرافية متعددة تشمل أساسا: - واد الشارف بمتوسط تدفق 99 هكم<sup>3</sup> / السنة

- واد ملاق بمتوسط تدفق 210 هكم<sup>3</sup> / السنة



### **أ-الحوض الهيدروغرافي لمجردة :**

و يقع بينالجزائر و تونس و يتربع على مساحة قدرها 1377 كيلومتر مربع توجد في حدود ولاية سوق أهراس و هذا الحوض يتشكل منه واد مجردة (واد مجردة بمتوسط تدفق 400 هكم<sup>3</sup>/ السنة ) ، واهم فروعه:

- واد الشوك : طوله 31.6 كيلومتر و يقع ببلدية الدرية

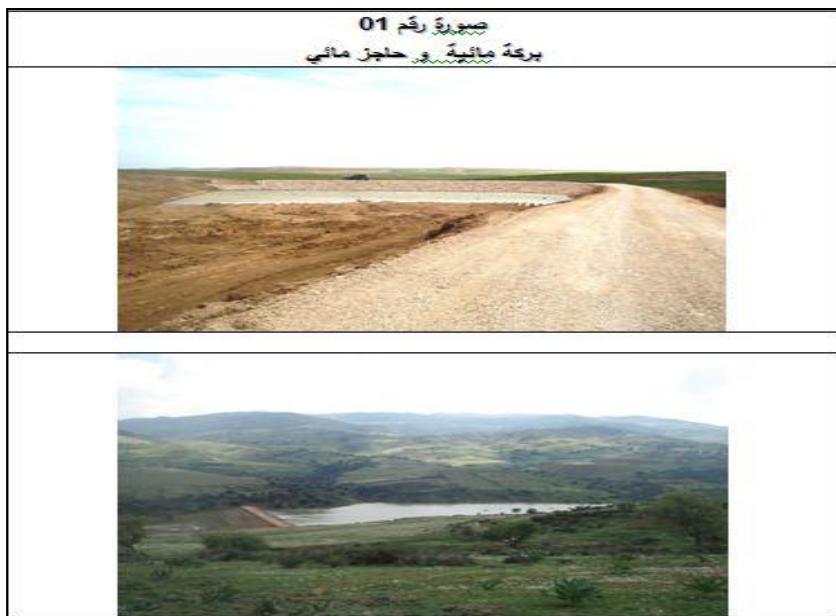
- واد الجدة : طوله 36.1 كيلومتر و يقع ببلدية سوق أهراس

### **ب-الحوض الهيدروغرافي لسيبوس :**

يشمل الجزء الجنوبي الغربي للولاية و يتربع على مساحة كلية قدرها 10064 كيلومتر مربع و هذا الحوض يتشكل منه واد الشارف والذي يجتمع مع واد بوحдан بولاية قلالة ليشكلا واد سيبوس

و بالنسبة للمصادر الجوفية فإننا نسجل بولاية سوق أهراس ، تجدها في شكل خزانات مائية جوفية في كل دائرة تاوره بمعدل تدفق يصل الى 250 ل / ثا و الثاني ببلدية ترقلة بتدفق يصل الى 75 ل / ثا

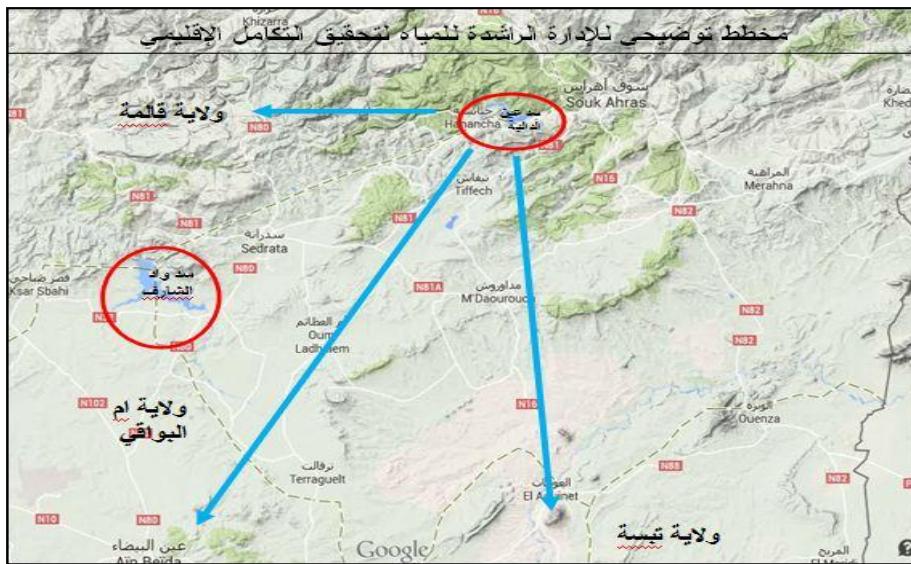
كما نسجل تواجد سدين: الأول يتمثل في سد عين الدالية موجه للشرب بطاقة استيعاب 80 مليون م<sup>3</sup> ، والثاني يتمثل في سد واد الشارف و موجه للسكنى بطاقة استيعاب 65 مليون م<sup>3</sup>



كما نسجل تواجد 5 سدود صغيرة و 4 حواجز مائية بطاقة استيعاب كلية تصل إلى 10 مليون م<sup>3</sup> موجهة كلها للسقي بالإضافة إلى الآبار و الآبار العميقة، حيث يصل عدد الآبار العميقة في الولاية إلى حوالي 120 بئر عميقа تضمن تدفق بـ 5.70 مليون متر<sup>3</sup>/سنة موزعة على كامل تراب الولاية بحيث، معظمها موجه للشرب نظراً للتوعية الجيدة لمياهها مع العلم أنه تم توجيه 46 بئر عميق للسقي نظراً للحاجة الماسة له ، أما الآبار فعدها يتجاوز 500 بئر و هي آبار أغلبها ذات استعمالات فردية و لا تتطلب إمكانيات كبيرة في إنجازها .

## 2-2-التسير الراشد لتغطية العجز و تحقيق التكامل الإقليمي:

إن الإمكانيات المائية التي ترخر بها ولاية سوق اهراس، مكنتها في إطار السياسة الإقليمية للتهيئة العمرانية و اعتماد مبدعاً التسier الراشد من تغطية العجز المسجل على مستوى الولايات المجاورة و التي تعاني من ندرة الموارد المائية لاسيما ولاية قالمة ،ام البوكي و تبسة و ذلك بالمياه الصالحة للشرب انطلاقاً من سد عين الدالية والذي أنشئت بالقرب منه محطة لتصفية المياه.



ولتحقيق الاحتياجات الخاصة بالسقي على مستوى ولاية أم البواقي فإنه يتم نقل المياه من سد واد الشارف لري 2242 هكتار وسقي ما يقارب 1500 هكتار على مستوى ولاية تبسة،

كما تتجسد معلم التسيير الراشد للمياه على المستوى المحلي للولاية وفق توجيهات المخطط أولائي للتهيئة والخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير من خلال إعداد مشاريع تهدف إلى تجديد الشبكات التقنية للمياه لتجنب التسربات بالمناطق العمرانية .

### 3-تجسيد مبدعاً الإدارة الراشدة من أجل تنمية مستدامة بالجزائر:

وفق إرادة سياسية واعتماد مبدأ التسيير الراشد والمبني على أساس تجنب الأخطاء السابقة و الحفاظ على الإمكانيات المائية لتحقيق متطلبات التنمية والسكان ، فقد انتهت الجزائر في ظل الانفتاح على اقتصاد السوق على بدائل تخطيطية تمكن من المتابعة و التجسيد الفعلي و ذلك من خلال:

#### أولاً - البرنامج الخماسي 2005-2009: المتضمن ما يلي

- 1 - في مجال التزويد بالماء الشرب:
- انجاز عمليات كبرى لصرف المياه لـ 10 مدن
- إعادة تأهيل شبكات تزويد المياه الشرب لـ 18 مدينة.
- انجاز مشاريع للتزويد بالماء الشرب و التطهير و انجاز 150 بئر و 230 خزان

ثانيا - بالنسبة لمنشآت الري الكبرى: إنجاز 8 سدود و تسع محطات لتطهير مياه الصرف و إعادة تأهيل 11 محطة و عمليات صيانة السدود و نزع الأوحال، تجديد وتمديد قنوات الربط بالمياه من سد بني هارون لتعطية العجز بالمناطق الداخلية وتحقيق متطلبات المناطق الساحلية باعتماد سياسة تحلية مياه البحر.

وتكلمة للبرنامج الخماسي السابق تم إعداد برنامج مكمل يمتد مابين 2010- 2014 يهدف إلى:

-إنجاز 18 سد جديد ورفع مستوى بعض السدود الأخرى بغية رفع قدرة تعبئة المياه السطحية إلى 09,1 مليار م<sup>3</sup> أي ارتفاع بأكثر من 30% و إنجاز 06 مشاريع تحويل كبرى.

-إصلاح شبكات التزويد بالمياه الشروب ل 32 مدينة و إصلاح محطات التطهير بـ 24 مدينة

-الانتهاء من أشغال حماية المدن من خطر الفيضانات و تهيئة مساحات فلاحية مسقية (125,000 هكتار)

هدفت هذه المخططات إلى إعادة التوازن بين مختلف أقاليم البلاد، لتحقيق عدالة في التوزيع العقلاني، بغية تحقيق تكامل بين الإدارة الرشيدة للمياه و المتطلبات المتزايدة .

#### الخاتمة:

بالرغم من المجهودات المبذولة لتحقيق الإدارة الرشيدة للمياه وتجسيد تنمية مستدامة في جل القطاعات الإنمائية و الاقتصادية بالجزائر لتحقيق المتطلبات الراهنة من المياه إلا أن العوائق المتعلقة بالتسير و الحكومة تستدعي التفكير في تحسين الأداء ونشر الثقافة التوعية للحفاظ على هذا المورد الفعال من أجل خلق تكامل بين مختلف الفاعلين و المتتدخلين في تسير و استهلاك و تسويق المياه مع الأخذ بعين الاعتبار إشراك الأفراد و الجمعيات في رسم معالم السياسات و البرامج المستقبلية وفق منظور مستدام.

#### المراجع:

- المجلس الوطني الاقتصادي و الاجتماعي، مشروع التقرير التمهيدي حول "الماء في الجزائر" ،ماي 2000

- محمد الهادي لعروق "اطلس الجزائر و العالم" ،دار الهدى للنشر،الجزائر،1998.

- وزارة الموارد المائية،اشكالية المياه-البرنامج الاستعجالي-،2001.

- مديرية التخطيط و التهيئة العمرانية لولاية سوق اهراس،"مونوغرافية الولاية" ،2013

## تقييم جودة المياه الجوفية بتحديد معامل جودة المياه في منطقة درنة- ليبيا

د. جمعه ارحومه جمعه الجالي

قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم، جامعة عمر المختار- ليبيا

### ملخص

تُحدَّد هذه الدراسة مدى ملائمة المياه الجوفية للاستهلاك البشري بناءً على حساب قيم معامل جودة المياه. وقد تم تعين معامل جودة المياه بالاعتماد على تسع عناصر (مقاييس) كيميائية وحيوية وهي الأُس الهيدروجيني (pH) والأملاح الكلية الذائبة (TDS) وال歇ر الكلي (TH) والكالسيوم (Ca) والماغنيسيوم (Mg) والحديد (Fe) والفلوريدات (Cl) والفوسفات ( $\text{PO}_4$ ) والبكتيريا القولونية (E.coli). نظم المعلومات الجغرافية (GIS) استخدمت كأداة لإنتاج خريطة التوزيع المكانى لجودة المياه الجوفية في المنطقة. كما تم تطبيق الانحدار الخطى المتعدد لإيضاح العلاقة بين المتغيرات المستقلة (مقاييس جودة المياه) والمتغير التابع (جودة المياه).

أثبتت قيم معامل جودة المياه أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة كانت جيدة في 14,3% فقط من العينات. وكانت المياه قليلة التلوث في حوالي 64,3% ، وأن 21,4% من العينات قيد الدراسة ربيئة جداً ولا تصلح للأغراض المنزلية وخصوصاً الشرب. أوضحت خريطة التوزيع المكانى لجودة المياه الجوفية في منطقة الدراسة أن أكثر المياه تلوثاً تتركز في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية. يوضح الانحدار الخطى المتعدد علاقة عكسيّة مع بعض المتغيرات المستقلة مثل الحديد والفوسفات والبكتيريا القولونية مما يشير ضمئياً إلى أن معامل جودة المياه يقل بزيادة تركيزات مثل العناصر. التحليل الاحصائي بين أن هناك ارتباطاً عكسيّاً مع 77.8% من مقاييس جودة المياه ، وهذا يشير إلى أن جودة المياه تزداد عندما تقل تركيزات هذه المقاييس.

**الكلمات الدالة:** المياه الجوفية ، مقاييس جودة المياه ، معامل جودة المياه ، التوزيع المكانى ، منطقة درنة.

### Abstract

The research assesses the suitability of groundwater for human consumption based on water quality index. Groundwater quality status was estimated using Water Quality Index (WQI). The WQI for groundwater in Derna region was determined in order to assess the suitability of water for consumption by considering nine important chemical and biological parameters, namely pH, TDS, TH, Ca++, Mg++, Fe, Cl, PO<sub>4</sub> and E. coli. Multivariate Linear Regression (MLR) was employed to investigate the relationship between each of the water quality parameters and water quality.

The groundwater quality in the region was absolutely clean in only 14.3% of the groundwater samples. The slightly polluted in quality was found in about 64.3% of samples, and 21.4% of the samples was very poor and cannot be used for domestic purposes especially for drinking. The spatial distribution map of groundwater quality indicated that most of the high polluted water are concentrated in the northern and northwestern parts of the region. Multivariate Linear Regression showed that the WQI was found to be inversely correlated with most of the water-quality parameters (77.8%) which indicates an increase in water quality when the concentration of the water parameters decline.

**Key words:** Groundwater, groundwater quality parameters, water quality index, spatial distribution, Derna region.

## 1. مقدمة

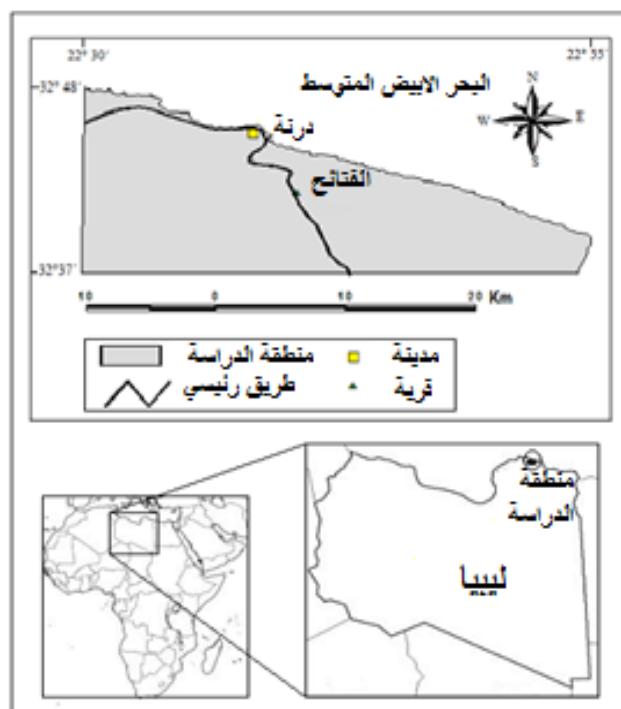
المياه الجوفية هي إحدى مصادر المياه الهامة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (R. Taghizadeh. 2008,9 Mohammed.2001,1). ومع ذلك نجد أن المياه الجوفية مهددة بالتلوث نتيجة لفترات الجفاف الطويلة والأنشطة البشرية المختلفة (N. T. Al-Sabri, 2006). تفتقر منطقة درنة في ليبيا إلى مصادر المياه السطحية وبالتالي تعتمد بصورة أساسية على المياه الجوفية كمصدر رئيسي لمياه الاستهلاك المنزلي. كما نتج عن النشاط العمراني الضخم والنمو السكاني المتزايد إلى نقص في مستوى المياه الجوفية بالإضافة إلى زيادة معدلات الملوثات الطبيعية والكيميائية (جمعه. 2006,40).

معامل جودة المياه هو عبارة عن مجموعة من المحددات أو المقاييس التي يمكن أن تستعمل لتحديد الجودة الكلية للمياه. وهو أساساً عبارة عن صيغة رياضية لحساب قيمة منفردة لقياسات اختبارات متعددة لتعطى معالماً عن جودة المياه الجوفية في منطقة ما (Ashwani. 2009,52)، وتعطى جودة المياه الجوفية صورة واضحة عن مدى ملائمة المياه للاستعمال في الأغراض المتعددة. وفي العقود القليلة الماضية، ونتيجة للنمو السكاني المتزايد والنشاط الصناعي المتتسارع، تزايد الطلب على المياه العذبة بطريقة سريعة. في الدول النامية، تأثرت كمية وجودة المياه الجوفية تأثراً كبيراً مما يؤثر على صحة الإنسان وذلك بسبب النشاطات الزراعية وخصوصاً استخدام المخصبات وعدم استخدام الطرق المناسبة للتخلص من النفايات في المناطق العمرانية (Ramakrishnaiah. 2009,523-524).

تقدّم الدراسة الحالية معلومات عن خصائص المياه الجوفية في منطقة درنة وتهدّف إلى التعرّف على مدى ملائمة المياه الجوفية للاستهلاك البشري بناءً على حساب معامل جودة المياه.

## 2. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة بين دائري عرض  $32^{\circ}37'$  و  $32^{\circ}48'$  شمالاً وبين خطى طول  $22^{\circ}30'$  و  $22^{\circ}55'$  شرقاً، على المنحدر الشمالي الشرقي للجبل الأخضر في شمال شرق ليبيا. وتشمل منطقة الدراسة مدينة درنة ومنطقة الفائز الزراعية ويفصلها البحر المتوسط شمالي ووادي الناقة في الغرب ووادي الخليج في الشرق. وتبعد منطقة الدراسة 90 كيلومتراً عن مدينة البيضاء غرباً و 175 كيلومتراً عن مدينة طبرق شرقاً (شكل 1). تتمثل هذه المنطقة واحدة من أكثر مناطق شرق ليبيا سكاناً (محمد. 246,1973)، حيث يبلغ عدد سكانها حوالي 83,857 نسمة حسب تعداد 2006، (الهيئة الوطنية للمعلومات والتوثيق. 2006,3).



شكل رقم (1): موقع منطقة الدراسة

### 3. منهجية الدراسة

تم جمع عدد 14 عينة مياه جوفية وحددت إحداثياتها بواسطة جهاز تحديد الموضع العالمي (GPS). وتم تعين معامل جودة المياه الجوفية في منطقة الدراسة لغرض تقييم مدى ملائمتها للاستهلاك المنزلي بتحليل تسعة محددات كيميائية وحيوية وهى الأس الهيدروجيني (pH) والأملاح الكلية الذائبة (TDS) وال歇ر الكلى (TH) والكلسيوم (Ca) والماغنيسيوم (Mg) والحديد (Fe) والكلور (Cl) والفوسفات (PO<sub>4</sub>) والبكتيريا القولونية (E.coli)

وقد تم تعين معامل جودة المياه حسب الخطوات التالية:

#### أ. وحدة الوزن (Wi)

وحدة الوزن هي الأهمية النسبية لكل مقاييس (محدد) من مقاييس جودة المياه بناءً على الحدود القياسية المسموح بها لمياه الشرب. المقاييس التي تكون حدودها القياسية المسموحة منخفضة غالباً ما تكون أكثر خطورة على جودة المياه، وبالتالي فإن وزن المحدد يتتناسب عكسياً مع الحدود المسموحة بها، ومن جهة أخرى؛ فإن المحددات التي تتميز بحدود مسموحة عالية تكون أقل تأثيراً على جودة المياه. وتبيّن المعادلة رقم (1) وزن الوحدة المحسوب (Wi) لكل المحددات (جدول رقم 1)، (Ashwani. 2009,52) (G.Achuthan. 2006, 696)

$$Wi \propto \frac{1}{Vi} \text{ or } Wi = \frac{K}{Vi} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

حيث أن:

Wi = وحدة الوزن للمحدد

Vi = الحدود القياسية المسموحة

K = ثابت التتناسب

ويتم حساب قيمة ثابت التتناسب (K) كما يلى (معادلة 2):

$$\dots \dots \dots \quad (2)$$

$$K = \frac{1}{\sum_{i=1}^9 \frac{1}{Vi}}$$

حيث أن:

$$\sum_{i=1}^9 \frac{1}{Vi} = \frac{1}{Vi(pH)} + \frac{1}{Vi(TDS)} + \frac{1}{Vi(TH)} + \frac{1}{Vi(Ca)} + \frac{1}{Vi(Mg)} + \frac{1}{Vi(Fe)} + \frac{1}{Vi(Cl)} + \frac{1}{Vi(Po2)} + \frac{1}{Vi(E.coli)}$$

جدول رقم (1): مقاييس جودة المياه والقيم القياسية وزن الوحدة لكل منها

وحدة الوزن	الحدود القياسية*(Vi)	مقاييس جودة المياه
0.00867	7.0-8.5	pH
0.0000737	<1000	TDS
0.000147	< 500	TH
0.0003685	<200	Ca
0.000491	<150	Mg
0.2456	< 0.30	Fe
0.0002948	<250	Cl
0.737	<0.1	Po4

0.00737	<10	E. coli
* المركز الوطني للمواصفات القياسية, 1973.		

**ب. مقياس التصنيف (Vr)**

لحساب معامل جودة المياه، فقد تم تحديد مقياس تصنیف لكل مقایيس جودة المياه. وتترواح قيم مقياس التصنیف بين 0 و 100، حيث صنفت إلى خمسة فئات حتى يتسمى نسبة قيمها إلى معامل جودة المياه (جدول 2). تشير القيمة صفر على مقياس التصنیف أن محدد جودة المياه قد تجاوز الحدود القياسية المسموح بها وأن الماء ملوث جدا، بينما تشير القيمة على مقياس التصنیف 100 إلى أن الماء غير ملوث وأن محدد جودة المياه في حدود القيمة المرغوبة. وتشير القيم الأخرى على المقياس (بين صفر و 100) إلى مستويات متفاوتة من التلوث (G.Achuthan. 2006, 696) وكذلك (Ashwani. 2009,52).

جدول رقم (2): قيم مقياس التصنیف المستخدم لحساب معامل جودة المياه.

قيم مقياس التصنیف					محددات جودة المياه
> 9.2 < 6.5	9.2-9.0 6.5-6.7	8.9-8.8 6.7-6.8	8.7-8.6 6.8- 6.9	8.5-7.0	pH
>1000	1000-751	750-501	500-251	250-0	TDS
> 500	500-376	375-251	250-126	125- 0	TH
>200	200-151	150-101	100-51	50- 0	Ca++
>150	150-113	112.5-75.5	75-38	37.5- 0	Mg++
> 0.30	0.30-0.23	0.225-0.16	0.15-0.08	0.075-0	Fe
>250	250- 188	187.5-125.5	125- 63	62.5-0	Cl
>0.1	0.1-0.076	0.075-0.051	0.05-0.026	0.025 - 0	Po4
>10	10-9	8-6	5-3	2-0	E. coli
0	40	60	80	100	التصنيف
تلوث عالي جدا	تلوث عالي	تلوث متوسط	تلوث قليل	نظيف	مدى التلوث

**ج. حساب معامل جودة المياه**

بعد تعين قيم مقياس التصنیف ووحدات الوزن لمحددات جودة المياه التسعة ، يتم الحصول على معامل جودة المياه بضرب وحدات الوزن في قيم التصنیف ، المعادلة رقم (3):

$$WQI = \sum (Wi \times Vr) \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

أيضاً في هذه الدراسة استخدمت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كأداة لإنتاج خريطة لتوضيح التوزيع المكاني للجودة الكلية للمياه الجوفية في المنطقة. و كذلك أستخدم الانحدار الخطي المتعدد لإيضاح العلاقة بين المتغيرات المستقلة (مقاييس جودة المياه) والمتغير التابع (جودة المياه).

**4. نتائج الدراسة****1.4. معامل جودة المياه**

طبقاً لمقاييس منظمة الصحة العالمية، يتسبب الماء الملوث في 80% من أمراض البشر. ولذلك فإن جودة المياه الجوفية لا بد وأن تكون مطابقة للمواصفات الصحية ويجب أن تخضع للمراقبة الدورية لحمائتها. ويعتبر معامل جودة المياه واحداً من أكثر الوسائل فعالية في إعطاء معلومات عن جودة المياه للسكان وأولئك المهتمين بالشؤون البيئية، وبالتالي فقد أصبح محدداً هاماً لتقدير وإدارة المياه الجوفية (Rajendra. C. Ramakrishnaiah. 2009,524) (2009,2). ويعرف معامل جودة المياه كمقياس يعبر عن التأثير المركب لمحددات مختلفة لجودة المياه، ويتم حسابه من وجهة نظر ملائمة المياه للاستهلاك البشري (C. Ramakrishnaiah. 2009,524). يستخدم معامل جودة المياه كأساس للتقدير البيئي لفئات جودة المياه المحلية وتحديد أنساب أغراض الاستخدام (Munirah. 2011,61).

#### 2.4. تعيين معامل جودة المياه

يمثل معامل جودة المياه طريقة مفيدة وفعالة لتقدير جودة المياه ومدى ملائمتها للشرب، بالإضافة إلى أهميته للتغيير عن المعلومات الخاصة بالجودة الكلية للمياه (Asadil. 2007. 48). ويتم حساب معامل جودة المياه لاختصار العدد الكبير من محددات جودة المياه إلى قيمة عدديّة واحدة، كما يعكس الأثر المركب لمحددات جودة المياه على الجودة الكلية للمياه (Swarna. 2010,200).

تم حساب معامل جودة المياه ليعكس ملائمة المياه الجوفية لأغراض الشرب في منطقة الدراسة. حيث بينت الدراسة أهمية معامل جودة المياه في توضيح الجودة الكلية للمياه. وتعتبر هذه الطريقة أكثر نظامية كما أنها تعطي تقدير مقارن لجودة المياه عند نقاط جمع العينات. وعلى أساس معامل جودة المياه، فإن جودة المياه تصنف إلى خمس فئات تبدأ بمياه نظيفة وتنتهي بمياه ذات تلوث عالي جداً (جدول 3).

جدول رقم (3): تصنیف جودة المياه على أساس معامل جودة المياه

التصنيف	جودة المياه	معامل جودة المياه
الفئة (Ia)	مياه نظيفة	100
الفئة (Ib)	مياه ذات تلوث قليل	80 - 99.9
الفئة (II)	مياه ذات تلوث متوسط	60 - 79.9
الفئة (IIIa)	مياه ذات تلوث عالي	40 - 59.9
الفئة (IIIb)	مياه ذات تلوث عالي جداً	0 - 39.9

المصدر (G.Achuthan. 2006)

اعتمدت قيم معامل جودة المياه في هذه الدراسة بدرجة كبيرة على قيمة الفوسفات في المياه، حيث وجدت عينات المياه التي تحتوى على تركيزات من الفوسفات أعلى من الحد المسموح به (0.1 مجم/لتر) في موقعين ، وهي مياه ملوثة جداً.

أوضحت قيم معامل جودة المياه إلى أن المياه الجوفية في منطقة الدراسة تعتبر نظيفة جداً في 14.3% من العينات التي تم تحليلها وتميز بقيمة معامل جودة المياه تساوى 100، وبالتالي يمكن استخدامها في جميع الأغراض. و 64.3% من العينات كانت ملوثة قليلاً بمعامل جودة مياه يتراوح بين 88.5 و 99.81. بينما أوضحت الدراسة أن 21.4% من عينات المياه الجوفية المحللة ذات تلوث عالي جداً ولا يمكن استخدامها للاستخدام المنزلي وخصوصاً الشرب، وهذه العينات تحتوى على تركيزات عالية من الفوسفات والحديد (جدول 4).

تتراوح قيم معامل جودة المياه التي تم حسابها بين 20,60 و 100,00 ، وصنفت النسب المئوية لعينات المياه بين المياه النظيفة (الفئة Ia) إلى المياه شديدة التلوث (الفئة IIIb). ويوضح الجدول رقم (5) والشكل رقم (2) فئات معامل جودة المياه المحسوبة لمياه الآبار في منطقة الدراسة.

خريطة التوزيع المكاني لجودة المياه الجوفية (شكل 3) والتي رسمت باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بناءً على التصنيف المبين في الجدول رقم (3); أوضحت أن المياه ذات التلوث الشديد والشديد جداً تتوارد في شمال وشمال

غرب منطقة الدراسة، في حين تحسن جودة المياه كلما اتجهنا جنوباً وشرقاً. وعليه فقد أثبتت طريقة تطبيق تقنية نظم المعلومات الجغرافية في هذا المجال جدواها في دراسة الخصائص المكانية لجودة المياه الجوفية، بمقارنتها بالطرق التقليدية التي قد تحتاج إلى وقت أكثر وتنصل إلى نتائج أقل من حيث الجودة والمورونة.

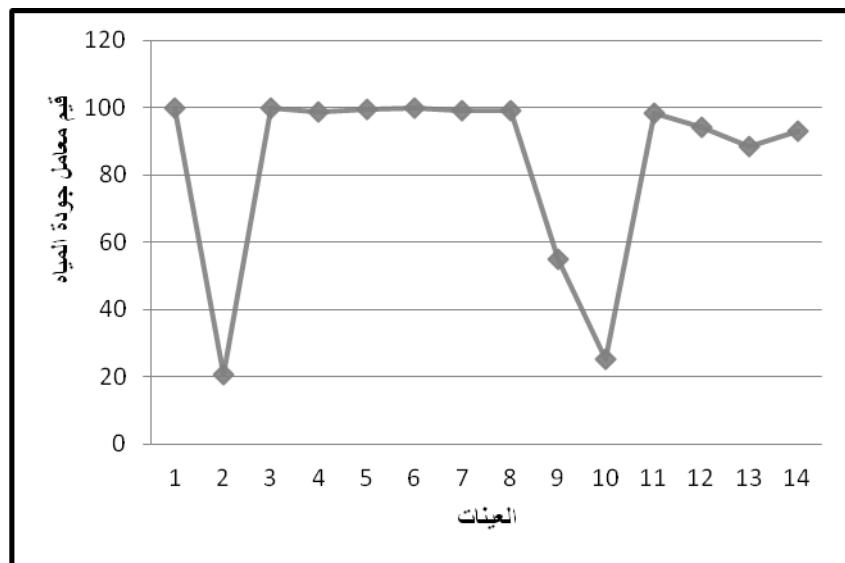
جدول رقم (4): قيم معامل جودة المياه المحسوبة

WQI	E. coli ( <sup>3</sup> سم/100)	PO4 (mg/L)	C1 (mg/L)	Fe (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	T.H (mg/L)	TDS (mg/L)	PH	ت
100.00	0	0	140	0	58	64	400	982	7.0	1
20.63	100	1	180	0.1	34	96	380	950	7.7	2
100.00	0	0	160	0	64	64	320	640	7.3	3
98.60	0	-	1140	0	243	280	1700	8000	-	4
99.32	0	0	360	0	116	186	900	2028	6.8	5
99.81	3	0	180	0	38	88	380	942	7.0	6
99.20	11	0	260	0	92	160	750	2183	7.4	7
99.21	29	0	160	0	53	136	560	1200	7.0	8
55.00	13	0.1	240	0	87	112	640	1684	7.8	9
25.13	7	1	-	0	-	-	-	4000	-	10
98.40	19	0	80	0	32	56	340	750	-	11
94.20	0	-	180	0.1	34	88	360	1300	-	12
88.50	33	0	300	0.2	10	104	300	3100	-	13
93.10	12	-	120	0.1	31	88	550	920	-	14

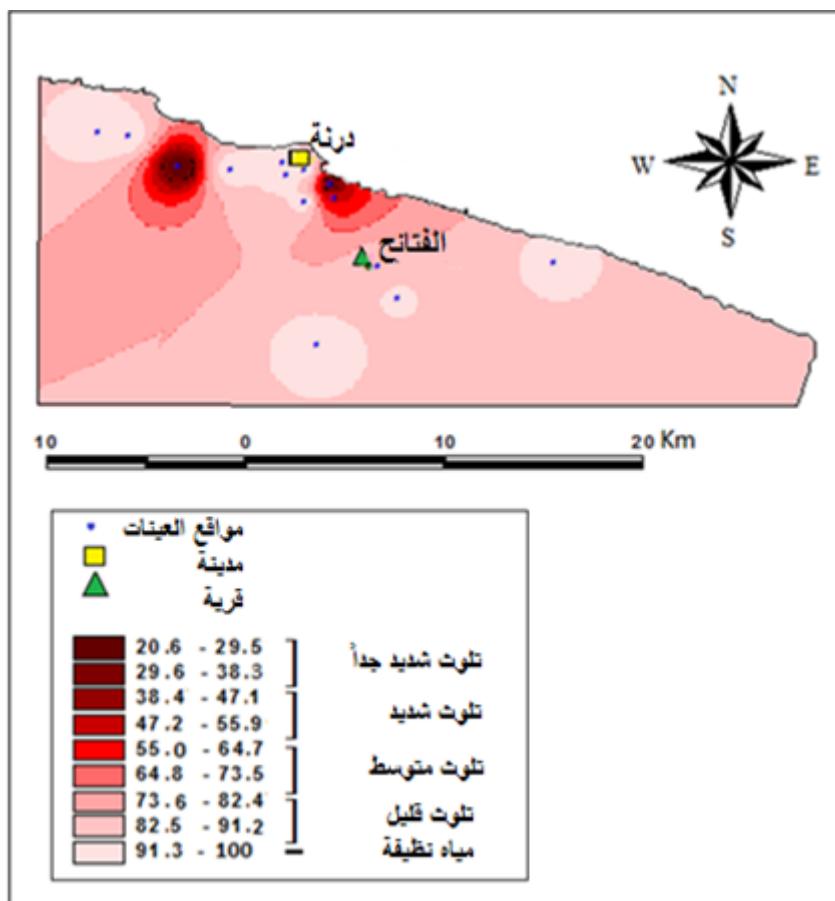
جدول رقم (5): معامل جودة المياه وفئاته في منطقة الدراسة

رقم العينة	قيمة معامل جودة المياه	نوعية المياه	التصنيف
1	100.00	نظيفة	(Ia) الفئة
2	20.63	شديدة التلوث	(IIIb) الفئة
3	100.00	نظيفة	(Ia) الفئة
4	98.60	قليلة التلوث	(Ib) الفئة
5	99.32	قليلة التلوث	(Ib) الفئة
6	99.81	قليلة التلوث	(Ib) الفئة
7	99.20	قليلة التلوث	(Ib) الفئة
8	99.21	قليلة التلوث	(Ib) الفئة
9	55.00	متوسطة التلوث	(IIIa) الفئة
10	25.13	شديدة التلوث	(IIIb) الفئة
11	98.40	قليلة التلوث	(Ib) الفئة
12	94.20	قليلة التلوث	(Ib) الفئة

(Ib) الفئة	قليلة التلوث	88.50	<b>13</b>
(Ib) الفئة	قليلة التلوث	93.10	<b>14</b>



شكل رقم (2): رسم بياني يبين قيم معامل جودة المياه



شكل رقم (3): خريطة التوزيع المكاني لجودة المياه

### 3.4. الانحدار الخطي المتعدد

للبحث في العلاقة بين محددات جودة المياه وتأثيرها على معامل جودة المياه، تم استخدام الانحدار الخطي متعدد المتغيرات لمعرفة درجات الارتباط بين المتغيرات المستقلة (محددات جودة المياه) والمتغير التابع (معامل جودة المياه). تم استعمال تسعة محددات لتتضمن معادلة الانحدار الخطي وهي: ( الأُس الهيدروجيني (pH) والأملاح الكلية الذائبة (TDS) والعسر الكلي (TH) والكلاسيوم (Ca) والماغنيسيوم (Mg) والحديد (Fe) والكلور (Cl) والفسفات (PO<sub>4</sub>) والبكتيريا القولونية (E.coli).

يبين جدول مصفوفة معامل ارتباط بيرسون (Pearson), أن بعض المتغيرات المستقلة ذات ارتباطات موجبة متوسطة إلى عالية مع بعضها البعض، فعلى سبيل المثال بين Ca له علاقة ارتباط قوية مع TH، و Mg له علاقة ارتباط قوية مع كلا من Ca و TH. كما يبين الكلور علاقة ارتباط موجبة قوية مع كلا من TDS و Ca و TH و Mg . و من جهة أخرى نجد أن المتغير التابع (معامل جودة المياه) له علاقة عكسية مع بعض المتغيرات المستقلة مثل E. coli و PO<sub>4</sub> Fe ، مشيرا إلى أن معامل جودة المياه يقل بزيادة تركيزات كلا من هذه المحددات، جدول رقم (6). وهذه العلاقات الاحصائية التي تم الحصول عليها مشابهة جداً لما حصل عليه ( Hafizan, 2004:52 ) حيث وضح أن زيادة تركيزات الأكسجين الحيوي المطلوب و المواد الصلبة المعلقة ونيترات الأمونيا تقل معها قيم معامل جودة المياه والعكس صحيح.

جدول رقم (6): مصفوفة الارتباط للمتغيرات

Variable	WQI	pH	TDS	TH	Ca	Mg	Fe	Cl	PO <sub>4</sub>	E. coli
----------	-----	----	-----	----	----	----	----	----	-----------------	---------

s										
<b>WQI</b>	1.000	-.023	-.066	.347	.366	.307	-.143	.245	<b>-.937</b>	<b>-.602</b>
<b>pH</b>		1.000	<b>-.439</b>	-.005	.073	.076	<b>-.423</b>	-.178	-.013	.184
<b>TDS</b>			1.000	<b>.663</b>	<b>.604</b>	<b>.682</b>	-.054	<b>.830</b>	.088	-.193
<b>TH</b>				1.000	<b>.956</b>	<b>.963</b>	-.249	<b>.921</b>	-.370	-.204
<b>Ca</b>					1.000	<b>.892</b>	-.115	<b>.886</b>	-.384	-.091
<b>Ma</b>						1.000	<b>-.400</b>	<b>.915</b>	-.320	-.286
<b>Fe</b>							1.000	-.076	.084	<b>.445</b>
<b>Cl</b>								1.000	-.252	-.158
<b>PO<sub>4</sub></b>									1.000	<b>.598</b>
<b>E. coli</b>										1.000

يعطى ملخص الانحدار الخطى المتعدد معامل ارتباط متعدد (R) يساوى 0,956 (جدول 7) مما يشير إلى وجود علاقة قوية بين المتغير التابع ومجموعة محددات جودة المياه. أما معامل التحديد (R<sup>2</sup>) فيساوى 0,914 و هذا يعني أن 91% من الاختلافات في المتغير التابع يمكن تفسيرها بمجموعة من التباينات المحددات.

وبصفة عامة فقد أعطى التحليل الإحصائى نموذج انحدار هام مع قيمة (F) تساوى 4,697 عند مستوى 0,10. ويمكن كتابة النموذج في الصيغة التالية (معادلة 4):

$$WQI = 108.351 - 1.855 pH - .007 TDS - .047 TH + .286 Ca - .186 Mg - 152.587 Fe + .075 Cl - 56.464 PO_4 - .145 E.coli \quad \dots \quad (4)$$

جدول رقم (7): ملخص النموذج

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.956 <sup>a</sup>	.914	.719	14.99694

a. Predictors: (Constant), E.coli, Ca++, pH, Fe, PO<sub>4</sub>, TDS, Mg++, Cl, TH

b. Dependent Variable: WQI

تفسر قيم (B) العلاقة بين معامل جودة المياه وكل محدد على حده (جدول 8). وقد وجد أن معامل جودة المياه يتاسب عكسياً مع 77,8% من محددات جودة المياه. ومن جهة أخرى، فإن معامل جودة المياه يتتناسب طردياً مع اثنان فقط من محددات جودة المياه هما الكالسيوم والكلور. وعلى المستوى الفردي نجد أن الفوسفات يمثل المتغير الأكثر أهمية في تفسير التغيير في معامل جودة المياه ويتبعه الحديد. المياه النظيفة عادة تحتوى تركيزات منخفضة من الأس الهيدروجيني والأملاح الكلية الذائبة والماغنيسيوم وال الحديد والفوسفات و العسر الكلى والبكتيريا القولونية. وهذا يشير إلى زيادة جودة المياه عندما تكون تركيزات هذه المحددات منخفضة.

جدول رقم (8): نموذج معاملات الانحدار

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	T value	Significant level
	B	Std. Error			
(Constant)	108.351	16.794		6.452	.003
pH	<b>-1.855</b>	2.458	-.245	-.755	.492

<b>TDS</b>	<b>-.007</b>	.009	-.452	-.756	.492
<b>TH</b>	<b>-.047</b>	.087	-.665	-.540	.618
<b>Ca++</b>	.286	.332	.681	.863	.437
<b>Mg++</b>	<b>-.186</b>	.614	-.398	-.302	.778
<b>Fe</b>	<b>-152.587</b>	149.149	-.342	-1.023	.364
<b>Cl</b>	.075	.110	.721	.683	.532
<b>PO<sub>4</sub></b>	<b>-56.464</b>	31.506	-.721	-1.792	.148
<b>E. coli</b>	<b>-.145</b>	.399	-.135	-.363	.735

a. Dependent Variable: WQI

## 5. المناقشة

تعتبر مياه الصرف الصحي والنفايات الصلبة أهم مصادر تلوث المياه الجوفية في منطقة الدراسة. و بتطبيق معامل جودة المياه وبناءً على خريطة توزيع جدة المياه، فقد وجينا أن المياه الجوفية الأقل جودة تتركز في الأجزاء الشمالية الغربية والشمالية الشرقية من منطقة الدراسة. وتحتوي الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من المنطقة معظم مصادر المياه الجوفية، ويتميز الجزء الأكبر من هذه المنطقة بكثافة سكانية عالية. وفي نفس الوقت فإنه يقع على ارتفاعات منخفضة وتحتوى على معظم الأنشطة البشرية وتتركز فيه حفر الصرف الصحي والنفايات. علاوة على ذلك فإن الجريان السطحي من المناطق المرتفعة في الجنوب إلى المناطق المنخفضة في الشمال قد يزيد من تركيز الملوثات، حيث تحمل المياه الجاربة الملوثات من المناطق المرتفعة وترسبها في الأراضي المنبسطة المنخفضة. وطبقاً لخريطة توزيع محددات جودة المياه، تحتوى هذه المنطقة على معظم ملوثات المياه، بينما تتحسن جودة المياه في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من منطقة الدراسة. وهذا يشير إلى أن التلوث يزيد بزيادة الكثافة السكانية التي تفتقر إلى الاهتمام والوعي البيئي، وفي نفس الوقت تلعب الأنشطة البشرية دوراً هاماً في زيادة تلوث المياه الجوفية. الاتجاه العام لتدفق المياه الجوفية هو الشمال نتيجة لوجود الفوراق، وبالتالي تزيد هذه الحركة من تركيز الملوثات المنتشرة في الجزء الشمالي من المنطقة. كما أن عمق مستوى المياه الجوفية وجود الحجر الجيري كمكون طبيعي للتكوينات الجيولوجية في المنطقة يلعب دوراً هاماً في الإسراع بوصول الملوثات إلى خزانات المياه الجوفية والتاثير في جودة المياه. كما قد تمثل حركة الملوثات إلى أسفل في المنطقة الشمالية وصولاً إلى المياه الجوفية بمعدلات أسرع من وصولها في المنطقة الجنوبية نتيجة لاختلاف في عمق الآبار، الذي يتراوح بين 65 و 178 متراً في الشمال، بينما في الجنوب يتراوح بين 320 و 350 متراً. و من جهة أخرى، تلعب ملاصدقة الأجزاء الشمالية لخط الساحل دوراً آخر في تلوث المياه الجوفية عن طريق تداخل ماء البحر نتيجة للسحب المفرط من خزانات المياه الجوفية.

## 6. الخاتمة

ركزت هذه الدراسة على مدى ملائمة المياه لأغراض الاستهلاك المنزلي بناءً على تطبيق معامل جودة المياه. اعتمدت قيم معامل جودة المياه اعتماداً كبيراً على قيمة تركيز الفوسفات في المياه. كما أوضحت نتائج التحاليل أيضاً أن جودة المياه الجوفية في معظم المناطق تقع في الفئة Ib وهي ليست ملائمة بما يكفي للشرب. حيث لوحظ أن 14,3% فقط من عينات المياه كانت نظيفة، بينما 64,3% من العينات كانت قليلة التلوث و 21,4% من العينات كانت ملوثة جداً. وأوضح التوزيع الجغرافي لجودة المياه الجوفية أن معظم المياه الملوثة تتركز في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من منطقة الدراسة.

## 7. المراجع

- الجالي, جمعه. 2006. التلوث البيئي بالمخلفات الصلبة في مدينة درنة- دراسة للأسباب والآثار الناجمة عنها وطرق معالجتها, رسالة ماجستير, جامعة قار يونس. بنغازي.
- حبيب, محمد. 1973. العالم العربي من المحيط إلى الخليج - ليبيا . مكتبة الأنجلو المصرية. القاهرة.

- .3. المركز الوطني للمواصفات القبالية. 1973. ليبيا.
- .4. الهيئة الوطنية للمعلومات والتوثيق. 2006. النتائج النهائية للتعداد العام للسكان .طرابلس.
5. Asadil, S. S., Vuppala, Padmaja. & Reddy, M. Anji. 2007. Remote Sensing and GIS Techniques for Evaluation of Groundwater Quality in Municipal Corporation of Hyderabad (Zone-V), India. International Journal of Environmental Research and Public Health. 4(1): 45-52.
6. Abdul Zali, Munirah., Retnam, Anantha., Hafizan., Juahir, Sharifuddin, Zain., Kasim, Mohd., Abdullah, Baharuddin. & Saadudin, Syaiful. 2011. Sensitivity Analysis for Water Quality Index (WQI) Prediction for Kinta River, Malaysia. World Applied Sciences Journal. 14 (Exploring Pathways to Sustainable Living in Malaysia: Solving the Current Environmental Issues): 60-65.
7. Juahir, Hafizan., Zain, Sharifuddin., Toriman, Mohd., Mokhtar, Mazlin. & Man, Hasfalina. 2004. Application of artificial neural model for predicting water quality index. Jurnal Kejuruteraan Awam 16(2): 42-55.
8. Kumar, Ashwani. & Dua, Anish. 2009. Water quality index for assessment of water quality of River Ravi at Madhopur – India. Global Journal of Environmental Sciences. 8(1):49-57.
9. Latha, Swarna. & Rao, Nageswara. 2010. Assessment and Spatial Distribution of Quality of Groundwater in Zone-II and III, Greater Visakhapatnam, India Using Water Quality Index (WQI) and GIS. International Journal of Environmental Sciences. 1(2):198-212.
10. Mehrjardi, R. T., Jahromi M. Z., Mahmood Sh. & Heidari A. 2008. Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). World Applied Sciences Journal 4(1): 09-17.
11. Nair, G. Achuthan., Bohjuari, J. A., Al-Mariami M. A., Attia, F. A. & El-Toumi, F. F. 2006. Groundwater quality of north-east Libya. Journal of Environmental Biology. 27(4): 695-700.
12. Prasad, Rajendra., Sadashivaiah, C. & Ranganna, G. 2009. Water Quality Index and Regression Models for Predicting Water Quality and Water Quality Parameters for Tumkur Amanikere Lake Watershed, Tumkur, Karnataka, India. The Green pages.
13. Ramakrishnaiah, C. R., Sadashivaiah, C. & Ranganna, G. 2009. Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India, E-Journal of Chemistry. 6(2):523-530.
14. Sharaf, Mohammed. A. & Subyani, Ali. M. 2001. Assessing of Groundwater Contamination by Toxic Elements through Multivariate Statistics and Spatial Interpolation, Wadi Fatimah, Western Arabian Shield, Saudi Arabia. International Journal of Scientific & Engineering Research 2(9):1-14.

## خصائص الوحدات الارضية لأراضي أبها الحضرية

حالة دراسية : أبها / المملكة العربية السعودية

اعداد : د مها ابراهيم قطيش

أستاذ مساعد / جيومورفولوجي تطبيقي

جامعة الملك خالد / المملكة العربية السعودية

### الملخص

تناولت هذه الدراسة موضوع خصائص الوحدات الارضية في أبها الحضرية جنوب غربى المملكة العربية السعودية والعوامل المؤثره بها، لتحقيق هذا الهدف استخدم نظام المسح الجيومورفولوجي الخاص بالمعهد الدولى لعلوم الفضاء وعلوم الأرض الهولندى بغرض إعداد الخرائط الجيومورفولوجية التطبيقية اللازمه لذلك، كما تم تحديد الوحدات الأرضية الرئيسية بناء على التجانس المورفولوجي والجيولوجي والمورفوديناميكى فضلا عن التجانس فى الأصل والتطور. اذ تم التعرف على اثنان وعشرون وحدة أرضية ، لتحقيق هذا الهدف تم إعداد مصفوفة المتغيرات الخاصة بالوحدات الأرضية والتي تشمل تسعة عشرة متغيرا جرى قياسها من الصور الجوية والفضائية والعمل الميداني ، والخرائط الموضوعية وقد استخدم نظام المعلومات الجغرافية (GIS ) Geographic Information System ArcGis 10.1 (ArcGis 10.1) في إنتاج الخرائط الخاصة بهذه الدراسة.

استخدمت أيضاً الأساليب الإحصائية لتحليل مصفوفة المتغيرات الأرضية مثل التحليل العائلي Factor Analysis من نوع Principal Component Analysis بهدف اختزال تلك المتغيرات الى عدد قليل من العوامل. حيث تم إشتقاق ستة عوامل فسرت ( 82.89 %) من التباين في البيانات، وكانت هذه العوامل على النحو التالي: التكوين الجيولوجي ، الاندسكيب ، مساحة الوحدة الارضية ، الاستعمال الأرضي السائد، الغطاء البنائي ، الارتفاع عن سطح الارض. قدمت الباحثة نتائج الدراسة كذلك توصياتها ليتم الاستفادة منها من قبل صناع القرار والمخططين .

## Characteristics of Terrain Units for Abha lands

### The Case OF Abha, Southern ksa

DR. Maha Ibraheim Qtiesh

Assistant professor/ Applied Geomorphology

King Khalid University/Saudi Arabia

### ABSTRACT

This study addresses the subject of “ terrain units characteristics for abha, in the southern part of Saudi Arabian kingdom and those factors impact it ”. It aims at identifying the land units in Abha with regards to its suitability for different land uses. To accomplish this objective, a geomorphological survey and terrain mapping system were employed to map the terrain units in the area, using geomorphological information system (GIS)- ( Arc GIS 10.1 soft ware).

A matrix of 19 variables describing abha terrain units was developed. Numerical data then were gathered for these 22 terrain identified units. Principal Component factor Analysis was employed to analize the terrain variables matrix, the results showed that six factors explaining 82.89% of the variation in the terrain units were identified. These factors are as following: the geological Formation, landscape, Land Unit Area,Land Uses,Plant Coverage, and land height.

Finally, the classified units were described by their natural characteristics ,and map for land units was provided.

### **مقدمة:**

نال موضوع معرفة خصائص الوحدات الأرضية اهتمام الجيومورفولوجيين والمختصين بعلوم التربة والزراعة والهندسة ،لما ينتج عن ذلك من اتخاذ القرار السليم. تشكل الأرض Terrain موردا طبيعيا هاما يضم التربة و مصادر الماء و النبات الطبيعي. وتمثل الأشكال الأرضية و المواد الصخرية وما يعلوها من الرواسب السطحية إضافة إلى المناخ ،العناصر الأساسية في المركب الأرضي. لذا قبل إعداد اي مشروع تنموي لا بد من تحليلاً للأراضي ومعرفة خصائصها، ومعرفة الأخطار الجيومورفولوجية وغيرها، التي تؤثر على أنشطة الإنسان واستعمالات الأرضي، مما سيكون له اثر في إدارة الأرضي وتحقيق التنمية المستدامة .

### **مشكلة الدراسة:**

تبرز مشكلة الدراسة من حاجة المنطقة الى دراسة خصائص الوحدات الأرضية بها والعوامل المؤثرة بها حيث لم تدرس أراضي أبها مطولاً. تعد أبها الحضرية واحدة قطاع السياحة في المملكة العربية السعودية لذا عمدت الى دراسة الوحدات الأرضية بها بالتفصيل للتعرف على خصائصها و العوامل المؤثرة في أراضيها . فقه أصبحت خرائط الوحدات الأرضية الجيومورفولوجية في الدول المتقدمة من الأدوات الأساسية للحصول على معلومات عن الأشكال الأرضية، تفيد في تحظيط وتنفيذ المشاريع التنموية كالطرق والعمارات والزراعة وصيانة التربة وغيرها.

### **أهداف الدراسة:**

الهدف العام من هذه الدراسة تصنيف اراضي ابها الى وحدات أرضية حسب خصائصها المورفولوجية والجيومورفولوجية والمورفومترية والجيولوجية والهيرولوجية والمناخية والغطاء الارضي ومعرفة العوامل المؤثرة في أراضيها. وتمثلها على خرائط خاصة باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد Remot Sensing والتتحقق الميداني واستخدام برامجيات انتظام المعلومات الجغرافية Arc GIS 10.1 و يمكن إجمال الأهداف بشكل أكثر تحديدا فيما يلي :

- 1 - تحديد الوحدات الأرضية في ابها
- 2 - تحديد التوزيع المكاني للوحدات الأرضية
- 3 - دراسة خصائص الوحدات الأرضية في ابها
- 4 - تحديد العوامل المؤثرة في اراضي ابها

### **أهمية الدراسة ومبرراتها :**

- عدم وجود دراسة لخصائص الوحدات الأرضية .
- الحاجة الى إجراء مسوحات تفصيلية وتطبيقة لمنطقة الدراسة للكشف عن خصائص اراضيها.
- تساعد هذه الدراسة متاحدي القرار والمخططين في تنفيذ مشاريعهم.
- زيادة الاهتمام الحكومي بتقنية اراضي ابها واجهة المملكة السياحية .

### **منهجية الدراسة:**

لتحقيق أهداف الدراسة تم استخدام ثلاثة منهج هما :

المنهج الوصفي: ويشمل وصف الخصائص الطبيعية والبشرية لأراضي أبها ، من حيث: الخصائص المورفولوجية، والجيولوجية، والجيومورفولوجية، والهيرولوجية، وخصائص التربة، والمناخ، والنبات الطبيعي. المنهج الكمي : ويشمل دراسة خصائص الأرضي باستخدام أساليب إحصائية مختلفة مثل: التحليل العاملی Principal Component Analysis Factor Analysis .

المنهج التحليلي : ويشمل تحليل الخصائص الجيومورفولوجية والطبيعية الأخرى وفقاً للمراحل التالية:

أولاً: مرحلة جمع البيانات والمعلومات لمنطقة الدراسة مثل مراجعة الدراسات السابقة على مستوى محلي وعالمي، والإستفادة من المعلومات والبيانات والتقارير والخرائط والنشرات الصادرة عن الجهات المختلفة، مثل

د. مها ابراهيم قطيش

المعلومات المناخية و المرئيات الفضائية والصور الجوية وخريطة التربة وخريطة الطبوغرافية وخريطة الحيوانات مقاييس 1: 500000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية .

ثانياً: مرحلة تحليل وتقويم البيانات والمعلومات من الخرائط ومن نتائج تفسير الصور الجوية والفضائية

ثالثاً: مرحلة العمل الميداني وتشمل التحقق من تفسير الصور الفضائية ومؤشرات الأنشطة البشرية الراهنة .

رابعاً : استخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية مثل Arc GIS 10.1 للربط بين الخرائط والبيانات الوصفية الأخرى وانتاج الخرائط المطلوبة في الدراسة وسهولة تحديث بياناتها واجراء التعديلات عليها(عوده، 2005).

خامساً: التحليل الاحصائي للبيانات المتعلقة بالوحدات الأرضية وخصائصها باستخدام أساليب إحصائية في حزمة البرامج الاحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS وهي التحليل العامل Principal Factor Analysis من نوع Component Analysis .

خامساً: وصف الأصناف الأرضية وانتاج الخرائط النهائية .

#### الدراسات السابقة :

##### أولاً: الدراسات العربية:

- دراسة بوروبيه (1999)، بعنوان دراسة مورفومترية تطبيقية مقارنة لحوض وادي عركان ووادي بحر (وادي بيش) بالمملكة العربية السعودية، قدم الباحث دراسة تحليلية مقارنة للخصائص المورفومترية .

- دراسة بوروبيه (2001)، بعنوان دراسة مورفومترية تطبيقية لاحواض روفاد وادي بيش ووادي عتود ، ركز الباحث في دراسته على التحليل الكمي المقارن للمتغيرات المورفومترية لحوض وادي بيش وحوض وادي عتود.

- دراسة الفحيطاني ( 2010 )، بعنوان الخصائص المورفومترية لحوض وادي عتود جنوب غرب المملكة ، حيث قامت الباحثة بدراسة الخصائص المورفومترية لحوض و خصائص الطبيعة واعدلت الخرائط الازمة لذلك .

- دراسة العمري ( 1989 )، بعنوان تقييم الموارد الطبيعية في منطقة الفصل المائي بين نهرى اليرموك ووادي العرب . قامت الباحثة بدراسة الموارد الطبيعية المتعددة في المنطقة ووضعت تصورا علميا لأدارتها.

- دراسة عوادة ( 1996 ) ، بعنوان أشكال الأرض واستعمالاتها في ناحية الوسطية. وقد هدفت الى دراسة معرفة الأشكال الأرضية السائدة ومعرفة التغير في استعمالات الأرض الزراعية والغابية واتجاهات هذا التغير.

- دراسة العساف ( 1997 )، بعنوان تقييم الموارد في حوض وادي شعيب باستخدام المسح التكميلي. هدفت هذه الدراسة الى تطبيق أسلوب المسح التكميلي لاستغلال الموارد الطبيعية والبشرية المتوفرة .

- دراسة حرب ( 2003 )، بعنوان تقييم الموارد الطبيعية في حوض وادي الريان. هدفت هذه الدراسة الى مسح الموارد الطبيعية والخصائص المورفومترية وأصناف التربة ومدى قابلية كل صنف للاستعمالات الزراعية.

- دراسة ابوسليم ( 2004 )، بعنوان تقييم آثار التدهور البيئي في الجزء الغربي من منخفض الجفر، من خلال التعرف على عوامل التدهور البيئية والبشرية في منطقة الدراسة والأثار الناجمة عن التعرية المائية والربحية وتقييم الموارد الأرضية التي تعاني من التدهور واقتراح النظام الأمثل لإدارة هذه الموارد

##### ثانياً : الدراسات الأجنبية:

- دراسة ( Messing. et al. , 2003 ) بعنوان " معيار لتقييم مدى ملائمة الأرض في حوض صغير لتجميف المياه الأمطار في سهل لويس في الصين". تصف هذه الدراسة نتائج تقييم الأرضي في منطقة المشروع التي أشارت لاحت الشديد الناتج عن الانجراف، واقتربوا مقارنة جميع النقائج مع عند التخطيط لاستعمالاتها.

- دراسة ( De la Rosa et al. , 2004 ) بعنوان "نظم دعم قرارات تقييم الأرضي لحماية التربة الزراعية في إقليم البحر المتوسط ". جاء في الدراسة أن حماية التربة تتطلب تطبيق استعمال الأرض الزراعي بخطقه وإدارته حتى نصل للتنمية المستدامة. كما أن تطبيقات GIS لها دور كبير في تحليل تقييم الأرضي .

- دراسة ( Horman. et al. , 2005 ) وهي بعنوان " تقييم بدائل استعمالات الأرض في الأحواض متوسطة المساحة- التوقعات والمحددات للنماذج الأيكو هيروولوجية" وضح الباحثون منهج مختلفة لتكامل استعمالات الأرض للتحكم بالمؤشرات كالجريان المائي والتبخّر والتعرية.

- دراسة ( Steudler et al. , 2003 ) بعنوان " تقييم أنظمة إدارة الأرضي ". أشارت الدراسة الى أنه حديثا لا يوجد منهجهات عالمية مقبولة وموحدة لتقييم ومقارنة أنظمة إدارة الأرضي، وهذا يعود لأعادة تشكيل هذه الأنظمة المستمرة. تصف هذه الدراسة تطور الإطار العام لقياس ومقارنة هذه الأنظمة لربطها مع سياسة الأرضي السائدة. -

دراسة ( Gonzalez et al. , 2004 ) وهي بعنوان "تقييم توزيعات الأرضي تبعاً لحجم شكل الظاهرة ومظاهرها". حيث اقتربوا فهرساً لتقييم توزيعات الأرضي عند تصميمها في نظام المعلومات الجغرافي .

- دراسة ( Lewis et al., 2004 ) وهي بعنوان "تقييم الغطاء الأرضي في السنغال باستخدام فهرس لمعدلات التساقط المطري" ، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الغطاء الأرضي في السنغال للفترة من 1982-1997 باستخدام معلومات التساقط لفترات زمنية مختلفة وتحليل الأغطية الأرضية مثل الغابات، الأراضي المزروعة، وغيرها.

(1) عودة، سميح (2005). *أساسيات نظم المعلومات الجغرافية*، دار المسيرة، عمان.

## الخصائص الطبيعية

### أولاً: الموقع والمساحة :

تقع أبها (منطقة الدراسة) جنوب غرب المملكة العربية السعودية على أراضي جبلية وهضبية (شكل 1)، وتحضر فلكياً بين خط طول (31°. 13' E) و (42°. 43' E) شرقاً وبين دائرة عرض (32°. 45' N) و (32°. 17' N) شمالاً و (45°. 45' E) و (50°. 19' E) شمالي وتبلغ مساحتها (4343.6 كم<sup>2</sup>). يبلغ عدد سكان مدينة أبها حسب تعداد عام 2004 م حوالي 201912 نسمة (موسوعة المملكة العربية السعودية، 2011).

وتشكل أبها مركز محافظة عسير أحدى محافظات المملكة العربية السعودية، وتضم أهم مصايف المملكة، وتعد من مناطق الجذب السياحي عرفت منذ القدم بجمال طبيعتها وكثافة أمطارها وبرودة مناخها، وموقعها يؤهلها لأن تكون ذات مكانة سياحية واستثمارية والوجهة السياحية الأولى على مستوى المملكة.



شكل(1) موقع منطقة الدراسة

### ثانياً: التربة :

تعد التربة أحد المصادر الطبيعية المتتجدة في منطقة أبها و هي من المقومات الأساسية والضرورية التي يعتمد عليها وجود الغطاء النباتي و توزيعه و الكائنات الحية الأخرى في المنطقة. بناء على نتائج المسح الشامل للأراضي بالمملكة الذي قامت به وزارة الزراعة والمياه عام 1986 م (وزارة الزراعة والمياه، 1406) و المبني على أساس التصنيف الأمريكي الشامل للأراضي، فإن أراضي منطقة أبها تشمل على رتبتي الأراضي الجافة (Aridisols) والأراضي الحديثة (Entisols) (شكل(2)، فيما يأتي تفصيل ذلك : أ - رتبة الأرضي الجافة (أridic Soils) (Bشتتمل رتبة الأرضي الجافة في منطقة أبها ( وهي تربة طمية ملحية حصوية عميقه و متوسطة العمق ) محتواها المائي منخفض جداً في معظم أيام السنة ، و بأنها لا تتحفظ بقدر من الرطوبة الكافية لسد المتطلبات المائية للنباتات ذات الاحتياجات المائية المتوسطة لفترة زمنية طويلة . وتحتوي تحت رتبة أراضي الأورثيدز في المنطقة على مجموعات الترب الكبرى الآتية :

#### 1. مجموعة الكالسي أورثيدز Calciorthids

وهي الأكثر انتشاراً في المنطقة وتحتوي قطاعاتها على الأفق الكلسي نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم وترامكها (1) بعمق لا يزيد على 100 سم من سطح التربة كما أن عمق قطاعاتها يتراوح بين الضحل والعميق كما أن الملوحة فيها تتراوح بين الترب غير الملحية والترب شديدة الملوحة .

#### 2. مجموعة الكلمب أورثيدز Camborthids

تحتوي القطاعات العميقة لهذه الترب على الأفق الكلامي ، ويعد قوامها طمياً وطمياً حصرياً ، وأما ملوحتها فتتراوح بين الترب غير الملحية والترب شديدة الملوحة وتدخل ترب هذه المجموعة مع البروزات الصخرية في المنطقة كما تداخل ترب الكلامي والكلامي مع بعضها البعض ومع ترب الأرضي الحديثة .

(2) موسوعة المملكة العربية السعودية ، 2011 ، مكتبة الملك عبد العزيز العامة ، باب عسير ، ص 8

(3) وزارة الزراعة والمياه (1406) ، الخريطة العامة للتربة . المملكة العربية السعودية .

#### 3. مجموعة الجبسي أورثيدز Gypsiorthids

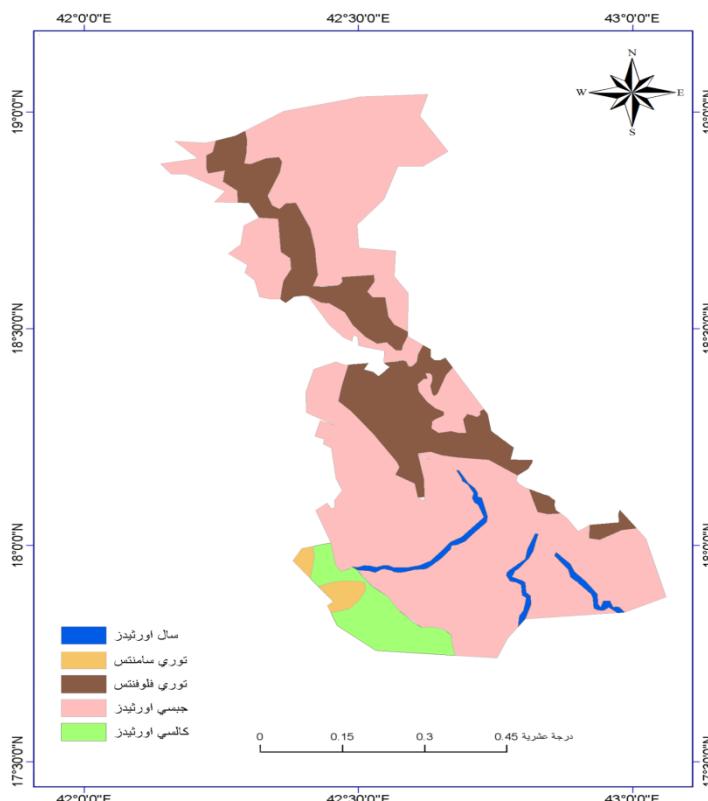
وهي تربة طمية وطمية حصوية مقاومة الملوحة غنية بالجبس .

#### 4. مجموعة السال أورثيدز Solorthids

وهي تربة صحراوية عميقة توجد حيث يسود السباح نتيجة لارتفاع منسوب المياه الجوفية بعد سقوط الأمطار مما يؤدي إلى تركيز الاملاح في الطبقات السطحية فيها وعندما تخف المياه يفعل عملية التبخ تخلف قشوراً ملحية على السطح بـ - رتبة الأرضي الحديثة ( انتي سولز Entisols ) : تنتشر رتبة الأرضي الحديثة ( وهي جبال ودرجات زراعية شبه مستوية ) في موقع رواسب الأودية الفيضية الحديثة وفي أراضي المنحدرات وتنقسم بأنقطاعاتها لا تحتوي على جميع الأفاق التخشبية لذا هذه الترب تبقى في مرحلة الشباب و لا تصل إلى مرحلة النضج ، ومن أهم المجموعات الكبرى التابعة لهذه الرتبة :

أ- مجموعة التوري سامنتس Torrisamments تتدخل هذه التربة مع البروزات الصخرية وتنقسم بالقوام الرملي وبقرتها المنخفضة على الاحتفاظ بالماء .

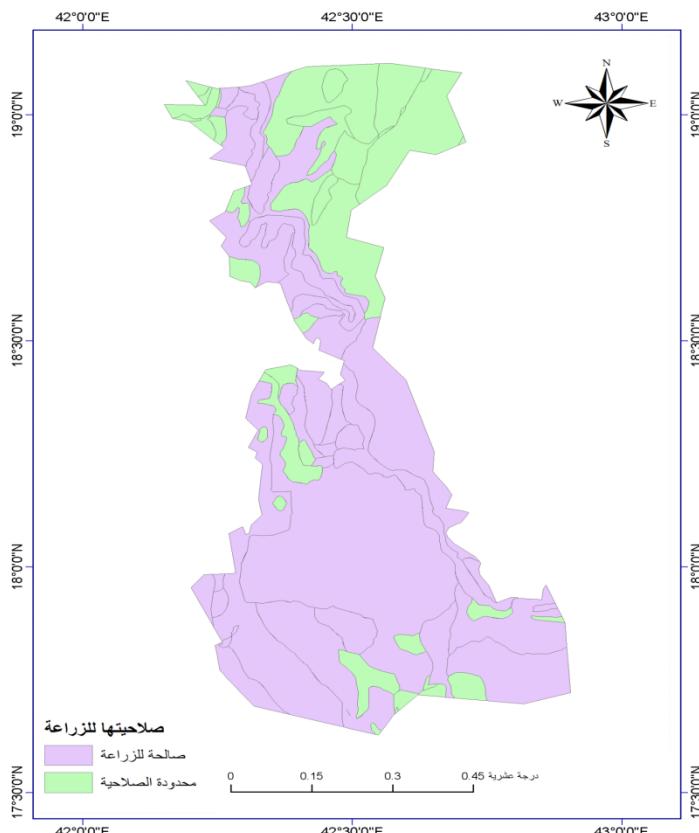
ب- مجموعة التوري فلوفنتس Torriphlofents تنتشر في أراضي الرواسب الفيضية بمجاري الأودية في المنطقة وتكون من رواسب متجانسة بصهب تميز الطبقات في داخل قطاعاتها العميقة ، و فيما يتعلق بالملوحة فإنها تتراوح بين ترب غير ملحية و ترب متوسطة الملوحة ، أما قوامها أماً طمي أو رملي أو حصوي ، كما تنقسم بأنها جافة قليلة الرطوبة .



## شكل(2) اصناف التربة

بالنسبة لصالحيتها للزراعة بمراجعة خرائط صلاحية التربة للزراعة بعسير شكل (3) يلاحظ أن أكثر من ٣٠ منها صالحة للزراعة بدون تكاليف إذا توافت الموارد المائية الملائمة لها، ويمكن تصنيف التربة في عسير كالتالي:

- 1- التربة بتهامة عسير: تكون غالبية التربة الزراعية في أودية تهامة من التربة الطميّة ناعمة التكوين، حيث تكونت بفعل عوامل الترسيب من الروافد العليا للأودية وترسيباتها في بطون وجوانب الأودية وتربة الطفل الطين التي تغطي ثلاثة أرباع مساحة الأودية وتعتبر من أجود أنواع التربة في تهامة.
- 2- التربة بجبل سراة عسير: التربة في منطقة جبل سراة عسير خصبة وصالحة لزراعة معظم المحاصيل وأشجار الفاكهة والخضر، كما توجد أنواع من التربة خصبة جداً مثل تربة المناطق الغابية وتوجد على ارتفاع ٣٠٠٠ متر تقريباً كمنطقة السودة، ولذا فإن الأشجار والنباتات والمراجع دائمة الخضرة طوال أيام السنة.
- 3- التربة بهضبة عسير: تملأ التربسات المكونة من الطين والطمي والرمال والحصى بطون الأودية وعلى جوانبها في مناطق الهضبة، ويمكن تقسيم هذه التربسات إلى ثلاثة أنواع: تربسات السهول الفيضية والتي تنتشر على جوانب الأودية حيث تتكون المناطق الزراعية منها، طمي المسمى ويوجد في بطون الأودية وتكون من الرمل الخشن والحصى مع أحجار صغيرة متفرقة وصخور، مدرج رمل وحصباء يقع فوق السهول الفيضية ويمتد بصورة متقطعة على امتداد مجاري الأودية.



شكل (3) صلاحية التربة للزراعة

## ثالثاً: الأشكال الأرضية:

إن أهم ما يميز أنها هو تنوع أشكالها الأرضية بسبب تنوع صخوره ١ وتبين تراكيبه الجيولوجية وتتعدد العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة في تلك الأشكال خلال مراحل تطوره الجيولوجي وما تسببه من تأثيرات بيئية على النظم الإيكولوجية المختلفة في المنطقة. ويشكل تنوع الأشكال الأرضية في المنطقة أهمية لما لذلك من ارتباط بالموارد الأرضية المتوفرة في المنطقة مما أدى لتتنوع تلك الموارد الأرضية متمثلة بالترابة والغطاء النباتي والمياه

الجوفية إضافة إلى أثر ذلك في الأخطار البيئية مثل انجراف التربة والانهيارات والانزلاقات الأرضية وأنظمة الصدوخ السائدة وأثرها في صياغة شبكة التصريف المائي في المنطقة .

إن تباين توزيع تلك الأشكال الأرضية هو انعكاس لتنوع العوامل المؤثرة من مياه ورياح ونوعية الصخر والزمن والعمليات الجيومورفولوجية المتمثلة بالتجوية الكيميائية والميكانيكية والتعرية المائية والريحية وأثرها في تشكل وتطور هذه الأشكال. وتتمثل الأشكال الأرضية بما يلي:

1- الأشكال الأرضية البنوية ( الشقوق والمفاصل والحافات الصدعية الحديثة والحتية )

2- الأشكال الأرضية التحتية ( الجبال المعزولة والجروف )

3- الأشكال الأرضية الناجمة عن الحت النهري (الأودية والبيدميون)

4- الأشكال الأرضية الإرسبانية الناجمة عن الارساب النهري (السهول الفيضية )

#### رابعاً: الطبوغرافيا :

يمتد بها على نمطين طبوغرافيين مميزين للأراضي الممزقة شديدة الوعورة في الغرب وأراضي الهضبة شبه المستوية في الشرق. صاحب تشكل احدود البحر الأحمر رفعاً عاماً مع ميل إلى الشرق كذلك نشط الحت في مجرى الأودية في منطقة الهبوط مما ضاعف عمليات الحت والتعرية في الهضبة الشرقية عبر الأودية الرئيسية مثل بيشة . ومع استمرار هبوط مستوى الأساس أخذت الأودية المتوجه شرقاً بتعديق نقطة التقائه مع البحر الأحمر ليقي على صلة طبيعية معه باستمرار مما أدى لزيادة نشاط الأودية ممثلاً في الحت التراجعي الصاعد فكان لابد له أن تتطور الشبكة المائية شرقاً كنتيجة لعملية الرفع الأرضي وانخفاض مستوى الأساس في مراحل مختلفة من التطور الجيومورفولوجي وتبعد لشيوخ المفاصل و الشقوق او الصدوخ المتوازية ، والتنوءات شديدة الانحدار والمنحدرات غير مستقرة. إذ تعدد الانزلاقات والانهيارات الأرضية شائعة في المنطقة على ضفاف الوديان في المناطق غير المستقرة حيث التعرية السريعة خلال فترة البلاستوسين، بعضها استقر ومنها ما تحرك في حقب تاريخية سابقة و تعد الجبال والتلال معالم طبوغرافية مميزة مثل جبل السودة و جبل نهران وغيرهما

ويمكن تقسيم المنطقة إلى ثلاثة قطاعات نظراً لامتدادها من ساحل البحر الأحمر غرباً حتى الهضبة الشرقية مروراً بسلسلة جبال السروات، وهذا التنوع ميزها عن غيرها من المناطق (موسوعة المملكة العربية السعودية ، 2011) :

1- تهمة عسير: وهي المنطقة المحصورة بين جبال سراة عسير وساحل البحر الأحمر، والتي تمتد من المنحدرات الغربية لسلسلة جبال السروات وبمسافة ١٥٠ كم تقريباً وتقسم إلى قسمين المنطقة الساحلية ( لا تقع في منطقة الدراسة ) و تهمة الانحدار وهي الجزء الواقع بين سلسلة الجبال والسهول الساحلية، متمثلة في المنحدرات الجبلية وما تحتويه من أودية شديدة الانحدار تحمل المياه من المناطق الجبلية إلى ساحل البحر الأحمر.

2- مرتفعات جبال السروات (سلسلة جبال سراة عسير): تكون حزاماً جبلياً بارتفاع يترواح من ١٤٠٠ م فأكثر عن سطح البحر، ويمتد موازياً لسهل تهمة وللبحر الأحمر وهي المنطقة الرئيسية والأكثر أهمية في عسير؛ نظراً لعلو مرتفعاتها وجبالها التي يتعدى ارتفاعها الآلف متر عن سطح البحر. تعد حافة مرتفعات السروات مقسماً مائياً واضحاً بين مياه الأودية التي تتصرف إلى الشرق و الأودية التي تتحدر إلى الغرب نحو سهول تهمة وسميت بالحجاز لأنها تحيط بين تهمة و نجد ترتفع نتيجة لما صاحب تكون البحر الأحمر من انكسار و خسف و رفع، وتنقسم إلى قسمين متباينين هما : الحافة الانكسارية و المرتفعات الواقعة إلى الشرق من الحافة وتسمى مرتفعات السروات .

3- الهضبة الشرقية (هضبة عسير): وهي أرض شبه منبسطة ينحدر سطحها انحداراً تدريجياً نحو الشرق والشمال تبعاً لميل القاعدة الجيولوجية، ويصل ارتفاعها من ٦٠٠ متر إلى ١٤٠٠ متر. تقع إلى الشرق من مرتفعات السروات وهي تمثل هضبة انتقالية بين الجبال المرتفعة إلى غربها و هضبة نجد ذات الانحدار المتدرج إلى شمالها و شرقها وهي جزء من السهل التحتي القديم للدرع العربي و يبلغ متوسط ارتفاعها نحو 1400 م وقد قطعتها المجاري المتعددة التي ينحدر معظمها نحو وادي تثليوبيسة والدواسر وهذه التعرية المائية الشديدة أدت إلى وعورة سطح المنطقة و كثرة فرائد الجبال التي توجد بين مجاري الأودية بوصفها شواهد على تقدم عملية التعرية و على السطح القديم وتقع هضبة عسير في ظل المطر لمرتفعات السروات لذلك لا تستقبل من الامطار سوى ما يترواح بين 100 و 300 ملم سنوياً .

**خامساً: النبات الطبيعي:**

بعد الغطاء النباتي الطبيعي انعكاس لكل من الطبوغرافيا والمناخ والترابة والجيومورفولوجيا، توجد بمنطقة عسير حياء نباتية متنوعة وتعتبر المنطقة الجبلية الجنوبية والمنحدرات الغربية أكثر مناطق عسير الغنية بالحياة النباتية التي تبدو كغابات بأشجارها العالية الخضراء وحشائشها الكثيفة ونباتاتها المتنوعة، ولعل أكثر الأشجار وفرة هي أشجار العرعر دائمة الخضرة ثم الزيتون البري والسدر والأراك والأشجار الشوكية، كما يوجد بها العديد من النباتات الزهرية التي تعرف بإبرة الراعي والخزامي والورود، وقد حافظت هذه الغابات على سلامتها التربة ومنها من الانجراف وعدم جفاف الوديان بسرعة بعد انتهاء موسم الأمطار، فضلاً عن أهميتها في تلطيف الطقس وتكون المناظر الجميلة. تمثل بینات المناطق الجبلية وحدة بيئية متميزة وذلك لاقتران ارتفاعها بزيادة كمية الامطار السنوية الساقطة وزيادة طول الفترة المطيرة وارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض الرطوبة النسبية وانخفاض درجة الحرارة هذه الظروف ادت الى تشكيل غطاء نباتي شجري كثيف خاصه المناطق التي لم تصلها يد الانسان بالتدمير (القططاني ، 2003)

(4) موسوعة المملكة العربية السعودية ، 2011 ، مكتبة الملك عبد العزيز العامة ،باب عسير ، ص 20

(5) القحطاني ، مرعي ، 2003 ، تدهور البيئة النباتية في منطقة عسير - سلسلة بحوث جغرافية دورية - العدد 275- الجمعية الجغرافية الكويتية - جامعة الكويت ، ص 7.

**سادساً: المناخ :**

تبين الظروف المناخية في أبها نظراً للتبين في الارتفاع ما بين المناطق الشرقية والغربية للمنطقة حيث يصل الارتفاع إلى حوالي (3015) متر فوق مستوى سطح البحر في جبل السودة (150) متر فوق مستوى سطح البحر في وحدة سهل تهامة الأرضية يضم مناخ الجاف وبشه الجاف في الأجزاء الشرقية والغربية منه.

الموقع الفلكي للمنطقة يجعلها ضمن نطاق الضغط المرتفع شبه المداري لذلك تتعرض شتاءً إلى هبوب ريا شمالية شرقية تجارية جافة مما يجعل اغلب أيام الشتاء ذات نفس مستقر وبارد نسبيا الا ان المؤثرات المناخية فوق المدارية في العروض الوسطى في الكره الأرضية في فصل الشتاء يؤدي إلى نشوء جبهات هوائية نشطة تغير المنطقة مما يسمح بهطلان بعض الامطار الشتوية كما ان اقربها من خط الاستواء فانها تتأثر في فصل الصيف بالضغط المنخفض الموسمى المداري مما يؤدي إلى سقوط الامطار صيفاً.

اما بالنسبة لموقعها الجغرافي فمناخها قاري لكونها محاطة بمساحات قارية ضخمة اما تأثير البحر عليها فمحظوظ لأن البحر الاحمر ضيق و ضحل فيما يزيد من المنطقة بكميات قليلة من بخار الماء الذي يؤدي الى زيادة الرطوبة النسبية وسقوط كميات لا يأس بها من الامطار في فصل الشتاء والربيع وأواخر الصيف كما ان البحر الاحمر يؤدي الى زيادة الرطوبة النسبية على بعض أجزاء المنطقة مثل السواحل والمرتفعات المنحدرات الغربية. اما الخليج العربي فبعيد جداً عن المنطقة بتلقى المنطقة بحكم موقعها الجغرافي والفكى كميات كبيرة من الاشعاع الشمسي فأغلب اجزاء المنطقة تتعرض لنعامد او شبه تمام شمسي لفتره طويلة خلال العام .

يمكن استعراض الخصائص العامة لأهم عناصر المناخ في المنطقة من خلال ثلاثة محطات : هي محطة أبها ومحطة السودة و محطة محائل عسير، ويمكن تلخيص الخصائص المناخية للمنطقة على النحو التالي :

اسم المحطة	دائرة العرض	خط الطول	فترة التسجيل
أبها	18°13'54.40"	42°30'9.71"	2013
محائل عسير	18°32'49.48"	42° 3'8.07"	2013
السودة	18°16'9.91"	42°22'3.88"	2013

جدول ( 1 ) المحطات المناخية المستخدمة في الدراسة اعتماداً على بيانات دائرة الأرصاد الجوية (2013)

**1- درجة الحرارة:**

لا تتبادر معدلات درجات الحرارة ضمن أجزاء المنطقة مكاناً وزماناً شكل ( 4 ) فيزداد معدل الحرارة في الجزء الشمالي من المنطقة عنه في الأجزاء العليا (3°S). تمثل أبها ما عدا المنحدرات الغربية الى البرودة نسبياً في فصل الشتاء وبخاصة الاجزاء المرتفعة منها فمتوسط درجة الحرارة في شهر شباط (الذى يمثل فصل الشتاء ) يتراوح بين 10° في المرتفعات و نحو 18° في المنحدرات الشرقية و نحو 25° في المنحدرات الغربية . وترتفع درجة

الحرارة في المنطقة بشكل واضح في فصل الصيف ما عدا المرتفعات العالية فيتراوح متوسط درجة الحرارة في المنطقة في شهر حزيران ما بين 21° في المرتفعات و نحو 32° في المنحدرات الشرقية و 35° في المنحدرات الغربية مما يدل على أنها ذات مدى حراري سنوي كبير يزيد على 16° . يبيّن جدول (2) بعض الخصائص الإحصائية لدرجة الحرارة لمختلف المحطات

السودة	محاييل	أبها	الشهر/المحطة	السودة	محاييل	أبها	الشهر/المحطة
21.6	27.9	24.2	يوليو	11.8	15.7	13.9	يناير
20.6	28.3	23.8	أغسطس	13.1	17.3	14.5	فبراير
18.9	26.1	22.6	سبتمبر	15.4	21.1	17.1	مارس
15.9	21.1	19.1	أكتوبر	16.7	22.7	18.5	أبريل
14.1	17.9	16.1	نوفمبر	19.4	24.4	21.7	مايو
12.6	15.8	14.7	ديسمبر	21.9	26.8	24.2	يونيو

جدول رقم (2) معدلات درجات الحرارة الشهرية بمحطات منطقة عسير في الفترة الزمنية (1980 : 2013)م

## 2- الهيدرولوجيا:

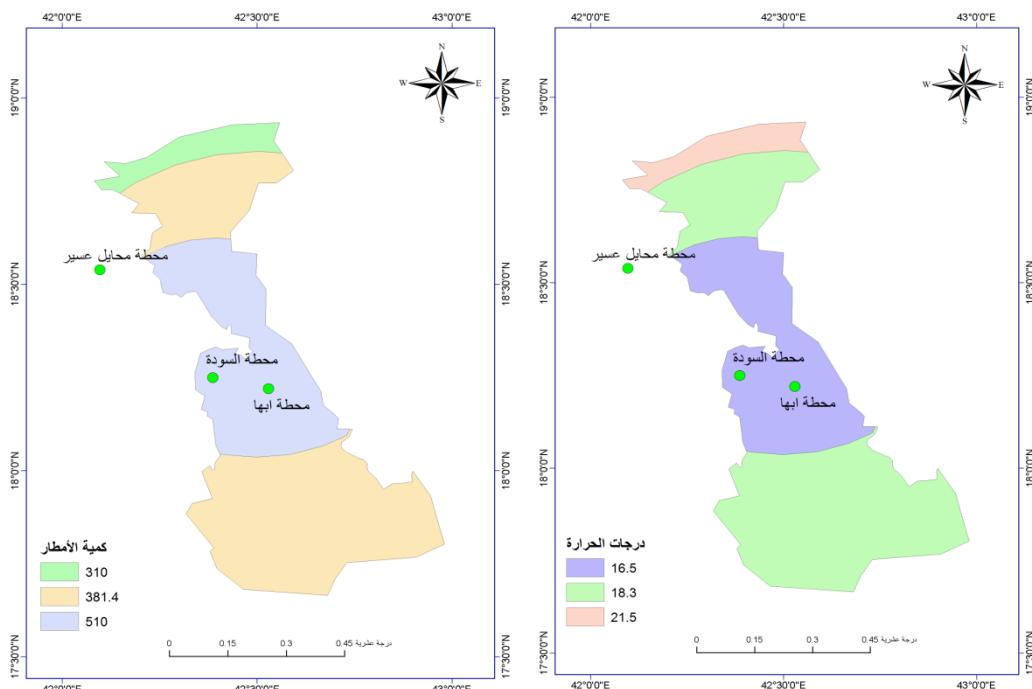
إن الموارد المائية من أهم ركائز التنمية بالمنطقة، حيث تتوارد على شكل مياه سطحية تشمل مياه الأمطار والسيول الجاربة في الأودية أو على شكل مياه جوفية سطحية تتضمن التربة وتكونيات الصخور الحاملة للماء . تعد المياه الجوفية المورد الطبيعي الدائم للمياه في منطقة عسير ؛ وذلك لقلة الأمطار ولعدم وجود أنهار دائمة الجريان فيها . وتعتمد خصائص الخزانات و خصائص المياه الجوفية فيها على الخصائص الجيولوجية و الجيومورفولوجية و المناخية . وبما أن معظم المنطقة تقع ضمن الدرع العربي الذي يتكون من صخور نارية و صخور متولدة و يصرف مياه الأمطار فيها عدد كبير من الأودية الكبيرة نسبياً حيث انشئت السدود مثل سد أبها ، لذا فإنها تحتوي فقط على المياه الجوفية المتتجدة في خزانات المياه الضحلة .

يمكن دراسة الخصائص الهيدرولوجية لابها من ثلاثة جوانب رئيسية هي:

### أ- الأمطار:

تنقسم الأمطار في المنطقة بشكل عام بالتبذيب السنوي الكبير إلا أنها يمكن ان تهطل في أي وقت من أوقات السنة ، ويوجد تباين في كميات الأمطار بين أجزاء المنطقة فالمرتفعات تحظى بكثافات أمطار أكثر من المنحدرات ، إذ إن المعدل السنوي للأمطار في المرتفعات يراوح بين 300 و 470 ملم (سقط على جبال السودة 473 ملمتر) بينما في المنحدرات الشرقية يتراوح بين 60 و 182 ملم وفي المنحدرات الغربية يتراوح بين 200 و 296 ملم و بعد فصل الربيع أكثر فصول السنة أمطارا في المنطقة أما متوسط كمية الامطار في فصل الشتاء فأقل نسبيا من فصل الربيع الا ان فاعليتها أكبر بسبب الانخفاض الواضح في درجة الحرارة شتاء ، كما تهطل على المنطقة خاصة المرتفعات كمية لا يأس بها من الأمطار في فصل الصيف فمعدل كمية المطر في شهر حزيران في المرتفعات يبلغ نحو 25 ملم شكل(5).

وتكون أغلب الأمطار التي تهطل على المنطقة نتيجة لتكوين سحب ركامية خصوصا في الفصلين الانتقاليين و تحديدا فصل الربيع وقد تصاحبها رياح عاتية و عواصف رعدية و سقوط حبات البرد و تكون السيول الجارفة التي تخلف بعض الآثار السلبية في كثير من القطاعات ومنها قطاع الزراعة و الرعي .



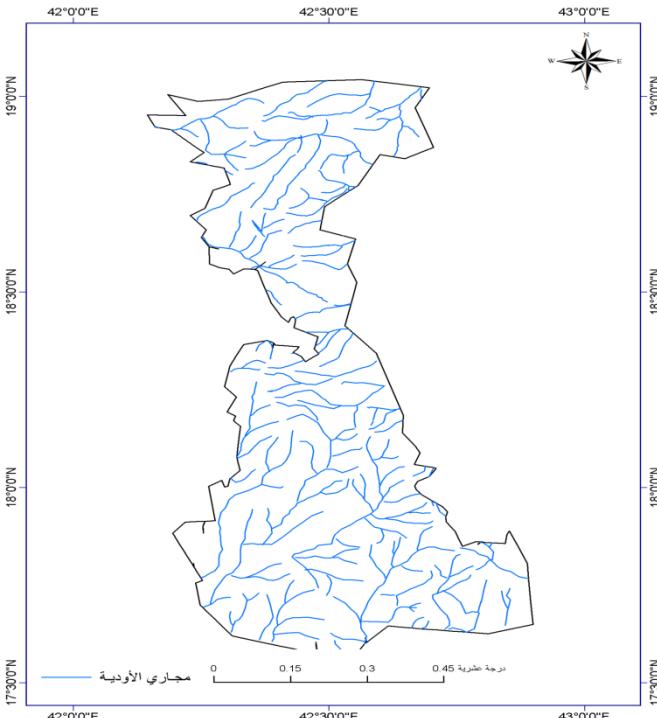
شكل(4) معدل درجة الحرارة للمحطات المختارة /درجة مئوية شكل(5) معدل الامطار للمحطات المختارة /ملم

#### بـ. المياه السطحية والأودية

هي المياه المناسبة على سطح الأرض بعد سقوط الأمطار مباشرة عبر مجاري الأودية، وقد ساعد عامل الارتفاع و تعرض منطقة عسير للرياح الموسمية الجنوبية الغربية إلى سقوط كميات كبيرة من الأمطار على امتداد مرتقيات سراة عسيرة، وقد تعرّضت المنطقة لأمطار غزيرة في العصور المطيرة من الزمن الرابع حيث شقت لها مجاري كثيرة على جانبي منحدرات المرتفعات الشرقية والغربية . بعد سلسلة جبال السروات خط تقسيم رئيس للمياه في منطقة عسيرة ، حيث تحدّر منها أودية كثيرة تتجه بصورة عامة . نحو الشمال الشرقي باتجاه الأجزاء الداخلية من المملكة ، ومن أكبرها وادي تثليث ، ووادي بيشه وروافده مثل : وادي أبها ، ووادي الحوف ، ووادي ترج ، ووادي هرجب ، ووادي تبالة ، ووادي تندحة . كما تحدّر من جبال السروات أودية كثيرة جداً تتجه نحو الغرب لتصب في البحر الأحمر، ومن أكبرها : وادي بيشه ، ووادي عتود ، ووادي حلي وروافده مثل : وادي نية ، ووادي بقرة .

ويحدث غالباً جريان مياه السيول في بطون الأودية في مواسم سقوط الأمطار شكل(6)؛ لأن الأجزاء العليا من مجاريها تتكون من صخور قليلة التفاذية وتتصف بشدة الانحدار ، كما أن كمية الأمطار التي تسقط عليها كبيرة نسبياً مقارنة ببقية مناطق المملكة ، وقد تتجاوز في بعض السنين 650 مم في السنة ، فعلى سبيل المثال : سجلت محطة أبها 677,6 مم عام 1419هـ / 1998م (موسوعة المملكة العربية السعودية ، 2011) . فالاوية التي تحدّر من الدرع العربي وتجري غرباً قد لا يتجاوز طولها 120 كم إلى البحر الأحمر ، ولكن على العكس منها الأودية التي تجري إلى الشرق والشمال الشرقي فقد يصل مدى مجريها إلى أكثر من 1200 كم ومن أمثلتها : وادي الرمة ووادي الدواسر (الوليبي، 1992) .

د مها ابراهيم قطيش



شكل (6) مجاري الأودية

ج - المياه الجوفية قليلة العمق (الضحلة) : يقع معظم منطقة عسير ضمن الدرع العربي الذي يتكون من صخور نارية و متغولة قديمة ، و تغطي الرواسب الفيوضية في بعض الأجزاء هذه الصخور القديمة، ولذا فإن المنطقة تحتوي فقط على مياه جوفية قليلة العمق مخزونة في الرواسب الفيوضية بالأودية (Alluvial Aquifers) وما تحتها من صخور مجوأة (Weathered) وصدوع و شقوف (Fractures) . وتكون بطون الأودية من خليط من المواد الصخرية المفككة التي رسّبتها المياه الجاربة في العصر الرباعي ، وتختلف سماكتها و حجم حبيباتها من مكان إلى آخر ، فسماكتها قد لا تتعدي عدداً قليلاً من الأمتار ولكنها في بعض الأمكنة قد تصل إلى عشرات الأمتار و لكن الرواسب تكون أقل سماكة و أكثر خسونة في الأجزاء العليا من الأودية ، و تزداد سماكتها ونوعيتها باتجاه الأجزاء السفلية منها . و تخزن رواسب الأودية كميات من المياه الجوفية المتجمدة (أي التي تعتمد على مياه الأمطار و السيلول الحالية ) و تعد المورد المائي الطبيعي الدائم في المنطقة .. و تتركز الطبقة الوحيدة الحاملة للمياه في مناطق هضبة عسيرة في التكوينات الطمية التي حملت بواسطة المياه السطحية من المرتفعات وترسبت في أودية الهضبة منذ العصور المطيرة في الزمن الرابع مثل أودية حوض بيشة ووادي تنليث .

- (6) موسوعة المملكة العربية السعودية ، 2011 ، مكتبة الملك عبد العزيز العامة ، باب عسير ، ص 66  
 (7) الوليسي، عبدالله بن ناصر. 1992. تعرج الانهار والأودية، دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية ، العدد 12، سلسلة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود ،الرياض، ص 33

## ثانياً: التكوين الجيولوجي:

### - التكوينات الصخرية :

تعاقب التكوينات الجيولوجية في الرف العربي من المملكة من الغرب إلى الشرق أي من الأقدم إلى الأحدث بدأ بتكوين ساق و انتهاء بتكوين النيوجين . و تكشف الصخور الرسوبيّة في الرف العربي في شمال شرق أبها في تكوين الوجيد . سمي بهذا الاسم نسبة إلى جبال الوجيد وهو يتكون من حجر الرمل ذي التطبّق المُتَّخَلِّفِ والمتجانس إلى حد كبير ويعود إلى العصر البرمي او أقدم من ذلك و قد تقطعت هضبة الوجيد بصورة معقدة نتيجة للتعرية باشكالها المتعددة و يقع حجر الرمل هذا فوق صخور القاعدة مباشرة كما توجد بعض صخور الوجيد منعزلة فوق قمم الجبال العالية . أما ارسابات الزمنين الثالث والرابع السطحية والتي تشمل ارسابات الفيوضية و ضمور الأودية التي تعكس تأثير عدد من الفترات المطيرة خلال الزمن الرابع وأغلب هذه ارسابات اصابها الحف الشديد او اتبّل

خلال الفترات الجافة و المطيرة المتتابعة ، وقد ارسب اغلب الطمي على الدرع العربي اثناء الفترات المطيرة الثلاث الاخيرة من الزمن الرابع .

قد تزامنت نشاطات بركانية ذات صبغة متوسطة من صخور الانديزيت والداسيت مع مجموعة الباحه و تربت فوقها و اطلق عليها مجموعة جدة ومن ثم تعرضت هذه التكوينات السابقة الى حركات ادت للتشوه صخورها وبالتالي تربت مجموعات الصخور المتقطفة السفلی الممثلة في مجموعة عبله ومجموعة ملبان وهى توجد في الجزء العلوي من مجموعة جدة و تتكون هذه المجموعات من الصخور النارية و البركانية المتحولة متفاوتة وتبعد متباعدة او متورقة(الشنطي ، 1993)

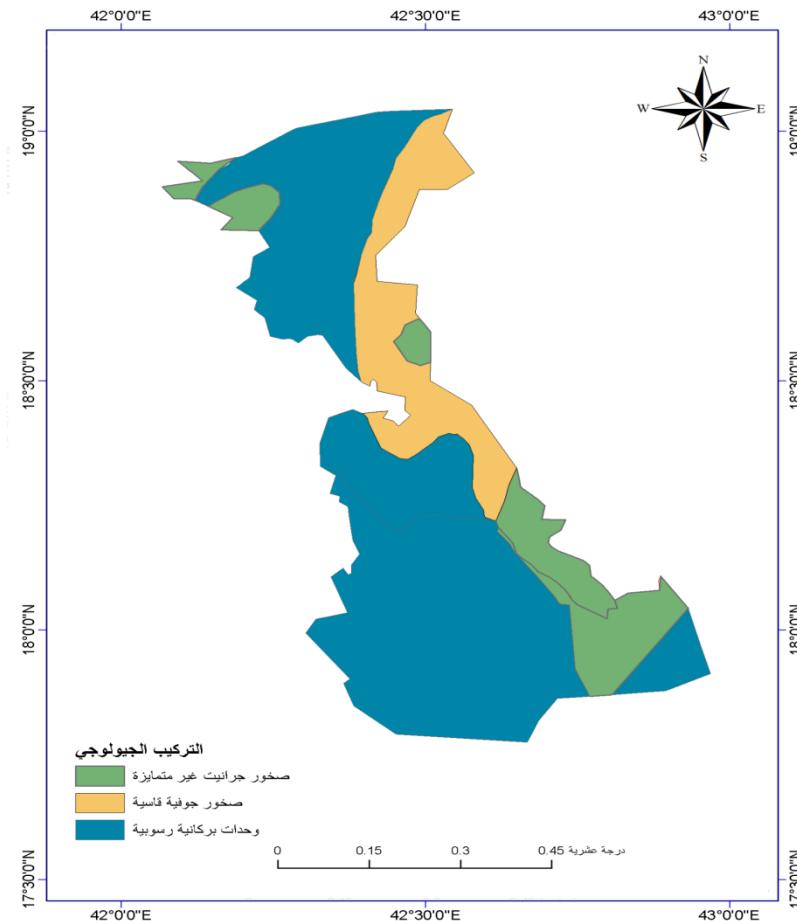
تبين التكوينات الجيولوجية في الحوض، وفيما يلي إيجاز لأهم هذه التكوينات من الأقدم إلى الأحدث. فالصخور النارية والمحوله التي ترجع إلى عصر ما قبل الكمبري الذي يعتبر أقدم التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة ، وهناك الصخور الرسوبية ممثلة في الحجر الرملي والحجر الجيري بالإضافة إلى الرواسب السطحية مثل رواسب الأودية، ورواسب المراوح الفيوضية شكل(7). ويمكن التعرف على التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة كما يلي:

جدول(3) التكوينات الجيولوجية في المنطقة من الأقدم إلى الأحدث.

الزمن	التكوينات الجيولوجية	العصر
حقب الحياة الحديثة	العصر الرباعي والرواسب السطحية	العصر الحديث
حقب الحياة المتوسطة	رواسب وديانية	عصر البلستوسين و عصر المهولسين
حقب الحياة القديمة	صخور جرانيت غير متمايزة	عصر الكامبري
حقب الحياة القديمة	صخور جرانيتية قلوية	عصر الكامبري
حقب الحياة القديمة	وحدات بركانية رسوبية	عصر ما قبل الكامبري

المصدر اعتماداً على بيانات الخرائط الجيولوجية مقاييس 1:500000 الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية

(8) الشنطي، احمد محمود ، 1993 جيولوجية الدرع العربي ، مركز النشر العلمي -جامعة الملك عبد العزيز جدة . 16 ص



شكل (7) التكوينات الجيولوجية للمنطقة

**التركيب الجيولوجي :**

تنقسم أبها من الناحية الجيولوجية إلى قسمين رئيسيين متباينين هما: الدرع العربي و جزء من سهول تهامه في الغرب و جزء من الرف العربي في الشمال الشرقي .

**أ - الدرع العربي :**

هو الأساس الذي بنيت عليه الطبقات الرسوبيّة ويتَّأْلِفُ من مجموعة مختلَفةٍ من الصخور النارية والمتحولة زهُو يتَّكَوَنُ بصورةٍ رئيسيةٍ من صخور جوفيةٍ (بلتونية) قبل كمبريةٍ و متحولة ، إلى جانب بعض هضاب البازلت من الزمن الثالث . وقد استقر هذا الدرع من الزمن الكامبيري (Burdon, 1973) وبفعل الحث تكون سهلٌ كبيرٌ ضم بعض الجبال المنفردة (Inselbergs)، وأصابت التعرية معظم هذا الدرع منذ الزمان الباليوزوي الوسيط حتى الزمن الثالث الوسيط ليصير كتلةً منخفضةً التضاريس قريبةً من مستوى سطح البحر . وقد تمُضِّ عن تكون البحر الأحمر في الزمن الثالث ارتفاع في الدرع لا يزال مستمراً و تأثر بهذه العملية نظام الصرف فالمصارف العميقة الضيقَة التي تحكم فيها بنية الأرض تتدفق خلال هذه الجروف شديدة الانحدار (Whitney, 1983) يشغل الدرع العربي معظم أبها ما عدا الجزء الشمالي الشرقي الذي تعطيه الصخور الرسوبيّة .

وقد تعرض الدرع العربي خلال العصور الجيولوجية المختلفة إلى حركات واضطرابات باطنية وإلى عوامل التعرية المختلفة حتى وصل إلى شكله الحالي ، ويرتفع الدرع العربي بالاتجاه نحو الغرب ليصل أقصى ارتفاع في جبل السودة 3015 م قرب أبها .

(9)Burdon ,d (1973)**Groundwater Resources of Saudi Arabia** ,in M,ElAyouty.(ed) Groundwater Resources in Arab Countries Science Monograph No2,7,Cairo:ALESCO,, ,PP.1-61

(10)Whitney.j(1983).**Erosional History and Surficial Geology of Western Saudi Arabia:Jiddah** .Ministry of petroleum and Mineral Resources Technical Record USGS-TR-04-

يتكون الجزء الجنوبي من الدرع العربي من سلسلة من الصخور البركانية التي يرجع عمرها ما بين 100-80 مليون سنة مضت وهي التي تتمثل في وحدتين رئيسيتين من الصخور وهما الصخور النارية والمتكونة خلال الحقب البروتيروزي (William 1983)

#### ب - الرف العربي :

يقع الرف العربي إلى الشرق من الدرع العربي ويشغل شمالي شرقى أبها وقد كانت مياه بحر تیش العظيم فيما قبل الكمبري تغطي الجزء الشرقي منها . ويتألف الرف العربي الروسي من مجموعة مختلفة من التكوينات الجيولوجية ترسّبت خلال الأزمنة و العصور الجيولوجية المختلفة نتيجة لانحسار مياه البحر و يزداد سمك هذه التكوينات كلما اتجهنا شرقاً من الدرع العربي نحو الخليج العربي (الوليبي, 1997)

#### ج- سهل تهامة :

يطلق اسم تهامة- محلياً - على السهل الساحلي على طول البحر الأحمر والتلال السفحية المجاورة له وهو منطقة تضاريسية انتقالية ضيقة بين رف البحر الأحمر و حافة مرتفعات السروات العالية إلى جهة الشرق وتغطي جزءاً من بنية تهامة و صخورها هرماً ربيحة جرقتها الأودية من الجبال الساحلية

## 2 - الخصائص التركيبية التكتونية Tectonic and Structural Geology

#### 1- الصدوع :

يظهر في المنطقة العديد من البني الجيولوجية كالصدوع Folds والطيات Faults نظراً لمحاذاتها لمنطقة الانهدام وما رافق ذلك من نشاط تكتوني تمثل بالحركات التي تعرضت لها المنطقة خصوصاً خلال الزمن الثالث Tertiary. وتميز بعض الطواهر البنوية بتجدد حركاتها الأفقية والرأسيّة، حيث يوجد العديد من الدلائل على الحركة الأفقية من خلال مقارنة الحدود الجيولوجية على جانبي الصدوع أما الحركة العمودية ف تستدل عليها من اختلاف التكوينات الجيولوجية على جوانب الصدوع.

#### 2 - الطيات:

تظهر في المنطقة العديد من الطيات كنتيجة للرفع العام الذي تعرضت له المنطقة بسبب تشكيل انهام البحر الأحمر مما صاحب ذلك من انحسار للمنطقة لجهة الشرق، ونتيجة للصدوع الرئيسية مما أضافي على المنطقة لاند سكيب مميز من المرتفعات والمنخفضات. اذ تمثل الالتواءات في المنطقة عدداً من الطيات المحدبة و التي تمثل خط تقسيم المياه بين أحواض المنطقة ، حيث تأثرت بحركات أرضية قادمة من الشمال الشرقي ، وكان ناتجها محدود وذلك بسبب قلة سمك الرواسب بشكل عام مما انعكس في شكل طيات باهته أقباب محدودة الأبعاد أو أحواض داخلية (5)

#### 3- الفوائل والشقوق :

تنشر الشقوق والفوائل في كل أنواع صخور المنطقة، وهي تأخذ الشكل الرأسي والأفقي، اذ تسرع العمليات الجيومورفولوجية كالانهيارات الصخرية، مما يؤدي إلى تراجع الحافات الصدعية والصخرية وانتشار الكتل الصخرية الكبيرة الحجم التي المتتساقطة على سفوح المنحدرات.

---

(11) William (1983)Geologic map of the ABHA Quadrangle ,Kingdom of Saudi Arabia

(12) الوليبي, عبدالله بن ناصر. 1997. جيولوجية وجيومورفولوجية المملكة العربية السعودية ، الطبعة الثانية ، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض

## المسح الجيومورفولوجي:

Abschaffung المسح والتحليل الجيومورفولوجي إحدى الخطوات المهمة التي تسبق عملية تقييم الأرضي Evaluation، ووضع الخطط التنموية بناء على الموارد الأرضية المتوفرة، لما ترتكز عليه تلك المسوحات من فهم وتحليل لأشكال السطح وتدخلها مع الموارد الطبيعية المناخية والنباتية والموارد الصخرية والتربة وأخيراً استعمالات الأرضي . (Pokorney, 1963) وتستخدم الوسائل الكفيلة لزيادة دقة ونجاح عملية التحليل مثل: أساليب الاستشعار عن بعد كمرئيات الأقمار الصناعية والصور الجوية والتحليل المخبري.

ولما كان هدف الدراسة تحديد الوحدات الأرضية والتعرف على خصائصها ، ومن هنا تم إعداد الخرائط الجيومورفولوجية التطبيقية اللازمة ، من خلال القيام بمسح جيومورفولوجي تطبيقي للمنطقة، ولتحقيق هذا استخدم نظام المسح الجيومورفولوجي الخاص بالمعهد الدولي لعلوم الفضاء وعلوم الأرض الهولندي The ITC system of Geomorphological Survey الذي يعد أحد الأنظمة الأرضية المستخدمة بكفاءة في دراسة الأرضي وتقسيمها للأغراض التنموية (Van Zuidam, 1979; Verstappen, 1983).

لقد قسمت عملية المسح الجيومورفولوجي لمنطقة الدراسة وفق عدة مراحل على النحو التالي:  
المرحلة الأولى: وهي المرحلة التحضيرية وشملت تحليل الخرائط الموضوعية والصور الجوية، والمرئيات الفضائية، ومراجعة التقارير والدراسات السابقة .

المرحلة الثانية: تفسير الصور الجوية والمرئيات الفضائية التي تعد من الأدوات الرئيسية في إنشاء الخرائط الجيومورفولوجية، لأنها من الصعب تمييز جميع تفاصيل أشكال الأرض من العمل الميداني، حيث تمتاز بأنها تعطي تسجيلاً مفصلاً وكاملاً لأشكال الأرضية مما يزيد من كفاءة المسح الجيومورفولوجي. ولكن هذا لا يعني أن تحليل الصور الجوية هو بديل للعمل الميداني إلا أنها مهمة في التخطيط له.

المرحلة الثالثة: إعداد الخرائط الأساسية لمنطقة الدراسة وإعداد الخرائط للوحدات الأرضية الأولية.

المرحلة الرابعة: التحقق الميداني للتأكد من الأشكال الأرضية التي تم التعرف عليها من المرئيات الفضائية والصور الجوية، وتصنيفها في الخرائط الأولية وتحديد المكافئات الصخرية وتوزعها المكاني، كذلك التأكد من التوزع المكاني للغطاء النباتي والتعرف ميدانياً على خصائص الرواسب السطحية ونوعيتها بمختلف الوحدات الأرضية و التأكد من الاستعمالات الحالية للأرضي خاصة الأرضي الرعوية والحرجية والحالة العامة لها.

المرحلة الخامسة: إعداد الخرائط النهائية خارطة الوحدات الأرضية باستخدام برمجية Arc GIS 10.1.

وقد تم تحديد الوحدات الأرضية الرئيسية ، حسب نظام المسح الجيومورفولوجي الهولندي الخاص بالمعهد الدولي لمسوحات الفضاء وعلوم الأرض ITC ، بناء على التجانس المورفولوجي (الشكل الخارجي) والتجانس الجيومورفولوجي (التكوين الصخري البصري) والتجانس في الأصل والتطور وكذلك التجانس المورفوديناميكي .

حيث يقوم النظام الهولندي على المنهج اللاند سكبي Land Scape Approach في تصنیف الأرضي حيث يسهل باستخدام هذا المنهج تحديد الوحدات الأرضية على أساس جيومورفولوجي وبمساحات صغيرة نسبياً هذا ويمكن تحديد أربعة رتب من الأرضي باستخدام النظام الهولندي (فرحان، 1989 ) وهي :

### 1- العناصر الأرضية :Terrain Components

يمتاز العنصر الأرضي على طول زوج من المحاور (أحداً ماواز للمحور الرئيسي للانحدار والآخر ثانوي وعمودي عليه) بثبات معدلات تغير الانحدار ومعدلات تغير التقوس Curvature ، سواء كان المنحدر محدباً أو مقعرأً أو بميل ثابت أو إذا كان المنحدر مستقيماً. ويتميز العنصر الأرضي بتجانس التربة على مستوى القطاع، وتجانس التجمع النباتي واستمراره وصغر مساحته، مما يصعب توقيعه على الخرائط إلا من خلال الدراسة الميدانية واستخدام صور جوية ذات مقياس كبير 1:25000.

(13)Bokorney, J. and Tyzynsks, M. (1963). **Method of Evaluation of Relief for land planning purposes:** one example of the region of karakov. Harper & Row. Pub, New York.

(14)Van Zuidam, R.A. (1979). **Terrain Analysis and Classification Using Arial Photographs. I.T.C.** Enscchede, Netherlands-

Verstappin, H. (1983). **Applied Geomorphology , Geomorphological survey for environmental Development.** (1<sup>st</sup> Ed.). New York, Elsevier4

(15) الفرحان، يحيى- بحيري، صلاح- أبو سفط، محمد (1989). دراسات في جيومورفولوجية جنوب الأردن، الطبعة الأولى، عمان، الجامعة الأردنية.

## 2- الوحدة الأرضية Terrain Unit

تمثل الوحدة الأرضية أي منطقة تتكون من وحدة جيومورفولوجية مفردة تتميز بتجانس التربة والغطاء النباتي، وت تكون الوحدة الأرضية من عدد محدود من العناصر الأرضية تتكرر بنفس النطاق الفوتوغرافي والخصائص، ويعتبر نمط الانحدار الشائع ومجموعات التربة والغطاء النباتي المميز للوحدة الأرضية محصلة لتكرار العناصر الأرضية التي تتكون منها.

ويمكن وصف الوحدة الأرضية موروفومترياً (أبعادها، درجة الميل، المساحة، المنسوب)، أما بالقياس الميداني أو القياس من الخرائط الطبوغرافية أو الصور الجوية، ويؤخذ بعين الاعتبار عند تحديد الوحدة الأرضية (أو الوحدة الجيومورفولوجية) التضرس العام والتكونين الصخري والترابي والأصل والعمليات الجيومورفولوجية البائدة والنشطة.

## 2- النظام الأرضي Terrain System

يعرف النظام الأرضي على أنه المنطقة التي تتميز بتطور جيومورفولوجي معين يترتب عليه تكرار نمط تضاريس وتربة وغطاء نباتي معين، ويكون النظام الأرضي من مجموعة محددة من الوحدات الأرضية المتكررة والتي ترتبط معاً في النشأة والتطور، ويظهر النظام الأرضي في الصور الجوية ومرئيات الأقمار الصناعية بنمط فوتوغرافي وظيفي متميزة عن النظم الأرضية الأخرى.

كما يعتبر عنصر التغير في نمط التصريف المائي وكثافة الشبكة المائية كمعيار آخر لتحديد النظام الأرضي، إذ عندما يتغير نمط التصريف المائي أو كثافة الشبكة المائية فإن ذلك يعني ظهور نظام أرضي جديد، وبعكس تغير نمط التضرس المحلي دوماً التباين الواضح في النظم الأرضية.

## 4- الإقليم الأرضي Terrain Province

يسمى أيضاً المقاطعة الأرضية أو الإقليم الجيومورفولوجي، وهو أكبر الوحدات التصنيفية الأرضية في النظام الهولندي، هذا ويتميز الإقليم الأرضي بتجانس التكوين الجيولوجي على مستوى المجموعة الجيولوجية كالصخور الجرانيتية أو صخور الحجر الرملي أو الصخور الكلسية وغيرها.

ويكون الإقليم الأرضي من مجموعة متكررة من النظم الأرضية وحيث يبدأ التغير في خصائص الإقليم الأرضي يظهر إقليم أرضي آخر.

### الوحدات الأرضية التي تم التعرف إليها هي :

بها تم التعرف على الوحدات الأرضية الرئيسية وعدها عشرة وحدات شكل (8) وقد أعطيت تلك الوحدات أسماء حسب خصائصها الجيومورفولوجية مثل أسطح التسوية العليا أو حسب تكوينها ال رسوبي مثل الاودية الممتلئة والسهل الفيسي وغيرها من الخصائص التي أسهمت في إعطاء تلك الوحدات الأرضية ملامحها المميزة واستخدم نظاماً ترقيميًّاً للوحدات الأرضية على النحو التالي:

#### الوحدات الرئيسية:

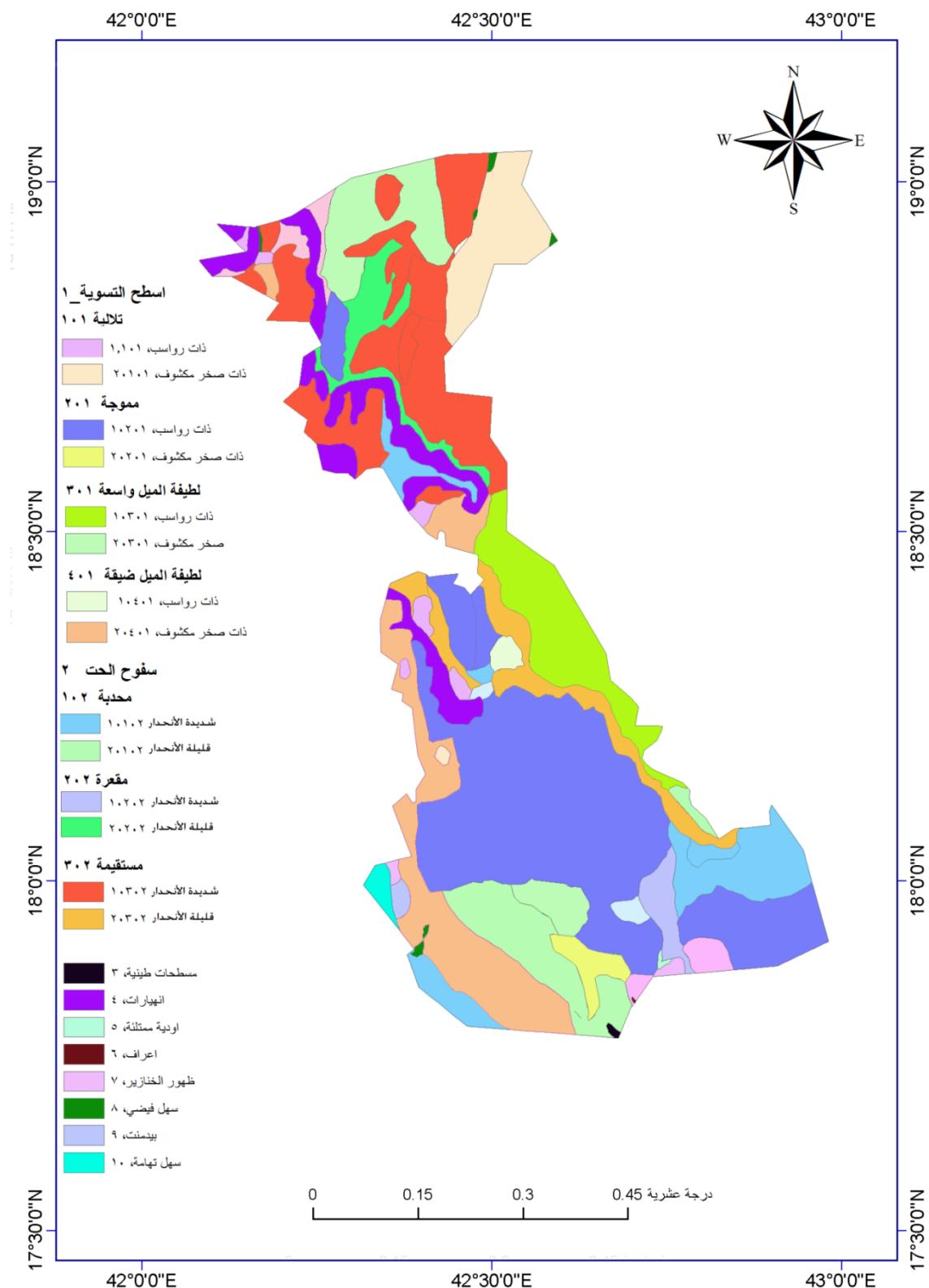
1	الأسطح المستوية العليا
2	سفوح الحت
3	مسطحات طينية
4	الانهيارات الأرضية
5	الاودية الممتلئة
6	الاعراف
7	ظهور الخنازير
8	السهل الفيسي
9	البيدمنت
10	سهل تهامه

وقد صنفت تلك الوحدات الرئيسية إلى إثنان وعشرون وحدة أرضية ثانوية كما يلي جدول (4):

جدول (4) الوحدات الأرضية في أنها

الرقم	الوحدة الأرضية	الرمز
	الأسطح المستوية العليا	1
	الأسطح المستوية العليا التالية	1-1
1	ذات الرواسب السطحية	1-1-1
2	ذات الصخر المكشوف	2-1-1
	الأسطح المستوية العليا المموجة	2-1
3	ذات الرواسب السطحية	1-2-1
4	ذات الصخر المكشوف	2-2-1
	الأسطح المستوية العليا لطيفة الميل واسعة	3-1
5	ذات الرواسب السطحية	1-3-1
6	ذات الصخر المكشوف	2-3-1
	الأسطح المستوية العليا لطيفة الميل ضيقة	4-1
7	ذات الرواسب السطحية	1-4-1
8	ذات الصخر المكشوف	2-4-1
	سفوح الحت	2
	سفوح الحت محبة	1-2
9	شديدة الانحدار	1-1-2
10	لطيفة الانحدار	2-1-2
	سفوح الحت مقعرة	2-2
11	شديدة الانحدار	1-2-2
12	لطيفة الانحدار	2-2-2
	سفوح الحت مستقيمة	3-2
13	شديدة الانحدار	1-3-2
14	لطيفة الانحدار	2-3-2
15	مسطحات طينية	3
16	الانهيارات الأرضية	4

17	الاودية الممتلئة	5
18	الاعراف	6
19	ظهور الخنازير	7
20	السهل الفيوضي	8
21	البيدمنت	9
22	سهل تهامة	10



شكل (8) الوحدات الأرضية في أبها

### Planation Surfaces Unit

### 1 : وحدة الأسطح المستوية العليا

تمثل المناطق التي قامت عمليات الحت بتسويتها خلال فترة زمنية طويلة، وتتميز باستواء سطحها إذ لا تتجاوز درجة انحدارها ( $6^{\circ}$ ) ، وترتبط أسطح التسوية بالحركات التكتونية إذ أن بداية تشكيلها تحتاج إلى قوى ورفع وتجدد

شباب الأودية، فوجود سلسلة من أسطح التسوية يشير إلى حركات تكتونية حدثت في المنطقة وأدت إلى انخفاض مستوى الأساس في بيئة المصب. (البحر الاحمر) تنتشر أسطح التسوية بتنوعها التلالية والمتموجة ولطيفة الميل واسعة ولطيفة الميل ضيقة في الأجزاء الوسطى والشمالية والجنوبية من المنطقة في منابع الانهار مثل بيشة و حلوي و عتود ، تتوزع على مساحة كبيرة تقدر بحوالي ( 2155.82 كم<sup>2</sup> ) منها ( 1455.85 كم<sup>2</sup> ) ذات صخر مكشوف و ( 699.097 كم<sup>2</sup> ) ذات رواسب سطحية ، ثلثها غير صالحة للزراعة اذ ان معظمها صالح للزراعة ، يقطنها معظم سكان أبها و تنتشر بها المباني .

## 2 : وحدة سفوح الحت Denudational Slopes Unit

تقدر مساحتها حوالي ( 1274.82 كم<sup>2</sup> ) منها ( 580.65 كم<sup>2</sup> ) لطيفة الانحدار و ( 693.53 كم<sup>2</sup> ) شديدة الانحدار ، توجد سفوح الحت على جوانب الأودية وتمتد باتجاهات مختلفة ، حسب منابع الأودية الرئيسية والفرعية . وهذه المنحدرات ذات خصائص انحدارية مختلفة من حيث درجة الانحدار وطول شكل المنحدر، وتتراوح درجة انحدارها ما بين ( 32-7 )° ، وتزداد قمم انحدارها كلما اتجهنا غرباً نتيجة لزيادة تعمق الأودية لمجاريها بفعل الحت الرأسي والجانبي ونشاط العمليات المورفوديناميكية على سفوح تلك المنحدرات كما هو الحال في المنحدرات الواقعية على جانبي وادي حلوي ووادي عتود، إذ تشكلت هذه السفوح نتيجة عمليات التعرية والتي رافقت الحركات التكتونية من عمليات رفع وهبوط. ويتخاذ المقطع الطولي لمنحدرات التعرية أشكالاً مختلفة تترواح ما بين الشكل المستقيم Straight والشكل الم-curved Concave والشكل المحدب Convex وذلك تبعاً لتأثير النشاط الحتى والترسيب للأودية.

## 3 : وحدة المسطحات الطينية Mud flats Unit

تغطي مساحة ( 0.78 % ) من مجمل مساحة منطقة الدراسة ، وهي مساحة قليلة مقارنة بمساحة المنطقة الاجمالية ، تمتاز بانحدار اقل من ( 4° ) وتسود بها الصخور البركانية الروسوبية ، اما تربتها فهي جبسي اورثيدز ، اهم العمليات الجيومورفولوجية السائدة بها التعرية المائية خاصة التعرية الغطائية ، تنتشر في اودية المنطقة سواء المتوجه شرقاً او تلك المتوجه غرباً ، كما انها صالحة للزراعة لذا يمارس بها السكان المحليون الزراعة الموسمية ، معتمدين على ما تحمله الاودية من مياة جارية ، كما ان بعضهم يمارس تربية الماشي ، كما ان توفر الطرق لتلك المسطحات الطينية ساهم في وصول السكان لها .

## 4 : وحدة الانهيارات الأرضية Mass-Wasting Unit

تقع هذه الوحدة شمال غرب وجنوب غرب منطقة الدراسة ، و تمثل ما مساحتها ( 9.47 % ) من مجمل مساحة منطقة الدراسة ، يتراوح منسوبها ما بين ( 1230-2700 ) متر تعانى من عدم استقرار سفوحها اذ يصل انحدارها لاكثر من ( 40 ) فسفوحها منحدرة جداً، كما تكتربها الشقوق بالإضافة لارتفاع الكثافة التصريفية وارضها معظمها صخور ، اذ تصل تغطية الصخور لحوالي ( 85 ) %، تنشط بها العمليات الجيومورفولوجية مثل الانزلالات الصخرية والتساقط الصخري باشكاله بسبب شدة انحدار السفوح المصاحب لكثرة الشقوق الصخرية والتقطيع الشديد للمجاري المائية ، مما تطلب مشاريع تنموية ضخمة لحل تلك المشاكل ، خاصة ان الطرق الحيوية التي تربط المنطقة مع بقية مدن المملكة تمر خلالها .

## 5 : وحدة الأودية الممتلة Full Wadeis Unit

تمثل ما مساحتها ( 0.40 % ) من مجمل مساحة منطقة الدراسة ، يتراوح منسوبها ما بين ( 1900-570 ) متر تتنوع تربتها بسبب ما تنقله الاودية من حمولة من مناطق مختلفة ذات ترب مختلفة التكوين والتراكيب الجيولوجية ، فهي تربة جبسي اورثيدز وتربة توري سامنتس وتربة توري فلوفنتس ، اما انحدارها فيقل عن ( 20 )° ، تنتشر اراضي هذه الوحدة في مناطق مختلفة من أبها ، واهم العمليات الجيومورفولوجية التي تسود بها التعرية المائية ، تصل نسبة التغطية النباتية بها ( 28 % ) من مجمل مساحتها ، يمارس السكان المحليون زراعة المدرجات في هذه الوحدة بكثرة اعتماداً على مياه الاودية التي ترتفدها .

## 6 : وحدة الأعراف Ridges Unit

تنتشر على مساحة قليلة أذ تمثل ما مساحتها (8.05%) من مجمل مساحة أبها ، تنتشر هذه الوحدة بمحاذاة تعرجات الاودية اي ما بين الروافد النهرية و قرب إلقاءها في جنوب وجنوب غرب منطقة الدراسة ، تقع على مستوى (350) متر فوق مستوى سطح البحر، في حين تزيد درجة انحدار سفحها عن (20)%. يغطي سطحها الصخور اذ تبلغ نسبة تغطية الصخور (40%) من مساحتها، مما يقلل من صلاحيتها للزراعة.

### Hog back Unit

### 7 : وحدة ظهور الخازير

تمثل ما مساحتها (0.45%) من مجمل مساحة أبها ، تبلغ نسبة تغطية الصخور (40%) من اراضي الوحدة ، تنتشر هذه الوحدة بمحاذاة تعرجات الاودية على م نزوب (420) متر فوق مستوى سطح البحر، في حين تزيد درجة انحدار سفحها عن (30)%. فهي شديدة الانحدار. اهم العمليات الجيومورفولوجية بها التعرية المائية بالإضافة لكثره الشقوق في صخور سفحها ،اما بالنسبة لصلاحيتها للزراعة فهي محدودة الصلاحية .

### Flood Plain Unit

### 8 : وحدة السهل الفيسي

السهل الفيسي عبارة عن شريط يمتد بمحاذاة مجرى النهر يتكون من الرواسب الناتجة عن مختلف عمليات الحت (الرأسي والجانبي) التي يرس بها النهر أثناء جريانه مع تناقص كل من الانحدار وسرعة الجريان بحيث يقوم بالترسيب عند أحد ضفافه بينما تتعرض الضفة المقابلة للحت مؤدياً إلى تعرج مجرأه وقد تتوضع هذه الرواسب أثناء فيضان النهر.

تظهر وحدة السهول الفيضية على جوانب الاودية ، وتربة السهول الفيضية هي رواسب حديثة ، تنتشر هذه الوحدة على ما مساحتها (10.4) كم<sup>2</sup> من أراضي منطقة الدراسة ، اما بالنسبة لانحدار سطحها فيتراوح معدل انحدار سطحها ما بين (5-7)% ، في حين أن التغطية النباتية تغطي (20)% من مساحتها ، تمارس الزراعة المروية بكثرة فيها خاصة السهول الفيضية المحاذية لواadi بيشه . تظهر في الجزء الغربي من المنطقة الملي بالرواسب الحديثة و تتكون من الرمل والحصى المغطاة بطبقة من الحصى المختلف وتبدو بشكل مسطح ومصفول ويظهر بها الغطاء النباتي و تتبع عصر البلاستوسين (القططاني، 2010)

### Pediment Unit

### 9: البيدمنت

تقع وحدة البيدمنت جنوب غرب منطقة الدراسة ، أذ يتدرج سهل تهامه في الارتفاع شرقاً ليصير سطحاً تحتانياً او بيدمنت منحوتاً داخل الصخور الأساسية للدرع العربي في صخور القاعدة الأركية و صخور الزمن الثالث ، وقد تم نحت البيدمنت بعد آخر حركة تكتونية على طول منطقة القص التي تحدد الحافة الشرقية لأخدود البحر الاحمر يمتد البيدمنت على مساحة قليلة في منطقة الدراسة بنسبة تصل (0.43%) ، وهو يقع بمحاذاة سهل تهامه من الشرق على منسوب (230) متر فوق مستوى سطح البحر ، هذا ويمكن تميز هذه الوحدة بسهولة عما يجاورها فهي شكل أرضي حتى صخري تكثر به الشقوق والمفاصل الصخرية ، تربتها كالسي اورثيدز و تصنف أراضي هذه الوحدة على أنها غير صالحة للزراعة .

### Tuhamah Plain Unit

يطلق اسم تهامه- محلياً - على السهل الساحلي على طول البحر الاحمر والتلال السفجية المجاورة له ، وهو منطقة تضاريسية انتقالية ضيقة بين رف البحر الاحمر و حافة مرتفعات السروات العالية الى جهة الشرق ، وتغطي جزءاً من بنية تهامه و صخورها رمال ريحية جرفتها الاودية من الجبال الساحلية ، اما بالنسبة لهذه الوحدة في منطقة الدراسة فهي تتشكل نسبة قليلة من منطقة الدراسة (0.71%) وتقع في جنوب غربها على منسوب (160) متر فوق مستوى سطح البحر ، تسود بها الصخور البركانية الروسوبية و تربتها توري سامنتس وتوري فلوفنتس مما جعلها صالحة للزراعة .

(16) القططاني ، خيرية، 2010،**الخصائص المورفومترية لحوض وادي عتود جنوب غرب المملكة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة الملك خالد،المملكة العربية السعودية، ص 38**

## جدول (5) خصائص الوحدات الأرضية في أنها

الوحدات الأرضية	المساحة %	المنسوب /م	نسبة الانحدار	التكوين الجيولوجي	العمليات الجيومورفولوجية	نوع التربة	استعمال الأرض السائد
الأسطح المستوية العليا التلالية ذات الرواسب السطحية	%1.5	-750 2850	4 >	صخور بركانية رسوبية	تسود بها التعرية الريحية والارساب الهوائي	جبسي اورثيدز- توري سامنتسو فلو فنتس	سكنى وهي صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا التلالية ذات الصخر المكشوف	%7.2	-1275 1800	4 >	وصخور جوفية قاسية	تسود بها الشقوق والتعرية المائية	جبسي اورثيدز	صخرية وهي غير صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا المموجة ذات الرواسب السطحية	%4.38	-850 2600	4 >	صخور بركانية رسوبية وصخور جوفية قاسية	تسود بها التعرية الريحية	جبسي اورثيدز- توري سامنتسو فلو فنتس	سكنى وهي صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا المموجة ذات الصخر المكشوف	%1.79	750	4 >	صخور بركانية رسوبية	تنتشر بها الصدوع	جبسي اورثيدز	صخرية وهي غير صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا لطيفة الميل واسعة ذات الرواسب السطحية	%9.57	2094	4 >	وصخور جوفية قاسية وجرانيت غير متباينة	تسود بها التعرية الريحية والتعرية المائية	جبسي اورثيدز- توري سامنتسو فلو فنتس	سكنى وهي صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا لطيفة الميل واسعة ذات الصخر المكشوف	%10.6	-780 2350	4 >	صخور بركانية رسوبية	تسود بها الشقوق والتعرية المائية	جبسي اورثيدز	صخرية وهي غير صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا لطيفة الميل ضيقه ذات الرواسب السطحية	%0.06	2274	4 >	صخور بركانية رسوبية	تسود بها التعرية الريحية والتعرية المائية	توري سامنتسو فلو فنتس	سكنى وهي صالحة للزراعة
الأسطح المستوية العليا لطيفة الميل ضيقه ذات الصخر المكشوف	%14.13	1366	4 >	صخور بركانية رسوبية وصخور جوفية قاسية وجرانيت غير متباينة	تسود بها الشقوق والتعرية المائية	جبسي اورثيدز- توري سامنتسو فلو فنتس و كالسي اورثيدز	صخرية وهي غير صالحة للزراعة
سفوح الحت محدبة شديدة الانحدار	%10.96	-1000 2372	>30	صخور بركانية رسوبية وصخور جوفية قاسية	تسود بها الشقوق والتعرية المائية	جبسي اورثيدز- توري سامنتسو فلو فنتس	صخري وهي صالحة للزراعة
سفوح الحت محدبة لطيفة الانحدار	%0.49	2600	4 >	صخور جرانيت غير متباينة	تسود بها التعرية المائية	جبسي اورثيدز- توري سامنتسو فلو فنتس	سكنى وهي صالحة للزراعة

صالحة للزراعة صخري وهي	جسي اورثيدز و سال اورثيدز	تسود بها التعرية المائية والريحية والتعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	>30	770	%2.05	سفوح الحت مقعرة شديدة الانحدار
صالحة للزراعة سكنى وهي	جسي اورثيدز - توري سامنتس وفلوفنتس	تسود بها الشقوق والتعرية المائية	صخور بركانية رسوبية وصخور جوفية فاسية	5 >	2400	%3.92	سفوح الحت مقعرة لطيفة الانحدار
صالحة للزراعة صخري وهي	جسي اورثيدز	تسود بها الشقوق	صخور بركانية رسوبية	>30	-750 2500	%4.09	سفوح الحت مستقيمة شديدة الانحدار
صالحة للزراعة سكنى وهي	جسي اورثيدز - توري سامنتس وفلوفنتس	تسود بها الشقوق	صخور جرانيت غير تميزة وصخور بركانية رسوبية وصخور جوفية فاسية	4 >	-800 2700	%7.79	سفوح الحت مستقيمة لطيفة الانحدار
رواسب صالحة للزراعة	جسي اورثيدز	تسود بها التعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	4 >	450	%0.78	مسطحات طينية
صالحة للزراعة صخري غير	جسي اورثيدز	تسود بها الشقوق والصدوع والتعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	>40	-1230 2700	%9.47	الانهيارات الأرضية
رواسب صالحة للزراعة	جسي اورثيدز - توري سامنتس وفلوفنتس	تسود بها التعرية المائية	صخور جرانيت غير تميزة	>20	-570 1900	%0.40	الاودية الممتدة
صالحة للزراعة صخري غير	جسي اورثيدز	تسود بها التعرية الريحية والتعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	>20	350	%8.05	الاعراف
صالحة للزراعة تصلخ لا	كالسي اورثيدز و جسي اورثيدز	تسود بها الشقوق والتعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	>30	420	%0.45	ظهر الخازبر
صالحة للزراعة زراعي وهي	توري سامنتس و توري فلوفنتس	تسود بها التعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	4 >	-200 1800	%0.20	السهل الفيضي
صالحة للزراعة تصلخ لا	كالسي اورثيدز	تسود بها التعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	4 >	230	%0.43	البيدمنت
صالحة للزراعة زراعي وهي	توري سامنتس و توري فلوفنتس	تسود بها التعرية المائية	صخور بركانية رسوبية	3 >	160	%0.71	سهل تهامه

## بيان أراضي أبها:

إن التوجه للتتوسيع في الأنشطة الاقتصادية واستغلال معطيات البيئة شبه الصحراوية في منطقة أبها ، من شأنه أن يفرض اتجاهها جديداً في تصنيف الأراضي لتحديد الموارد الأرضية وفهم الأخطار البيئية المتنوعة من جهة أخرى. إن عملية تصنيف الأراضي ترشد المخطط وصانع القرار في اختيار الأماكن الملائمة للمنشآت الهندسية كالمراكمز

العمرانية والطرق والمنشآت الزراعية والصناعية، ونطاقات كل من الزراعة، الري، التحرير، التي تتواءم مع الطاقة الكامنة لكل منظومة أرضية وفقاً لإمكانياتها المترافق، أو إعطاء المخطط وصاحب القرار المرونة الكافية في تعديل وتبدل الخطط التنموية بما يتوافق مع النظم البيئية وإدراتها وحسن استغلالها.

لذا هناك طلب متزايد على الدراسات الجيومورفولوجية التي تساعده في اتخاذ القرارات المناسبة ، لإحداث تنمية اجتماعية واقتصادية متوازنة (التنمية المستدامة) واستعمال مناسب للموارد البيئية . يعد التقييم الجيومورفولوجي للأراضي عملية بسيطة نسبياً وغير مكلفة ، ويمكن من خلالها وبالناظر مع الأساليب الأخرى ، تحديد المواقع المناسبة لإقامة أنماط مختلفة من استعمالات الأراضي وباستخدام أساليب التصنيف المعتمدة.

### **الأصناف الأرضية والعوامل المؤثرة بها : التحليل العائلي Factor Analysis**

إن تقييم الوحدات الأرضية لأي هدف يعتمد على القدرة على تحويل الخصائص الوصفية للوحدات الأرضية إلى متغيرات كمية ، لتسهل عملية تصنيف الوحدات الأرضية بناء على قياساتها المورفومترية والكمية المتشابهة لكل وحدة من هذه الوحدات وقياس التباين المكاني بينها.

وتعتمد هذه التباينات على خصائص الوحدات الطبيعية كالترابة ونوعية الصخر والمناخ والنبات الطبيعي والاستعمالات الحالية للأراضي والأخطار الجيومورفولوجية وغيرها ، ومدى ملائمتها لدعم المشاريع التي تقام عليها من جهة واستجابتها لعملية الإدارة البيئية من جهة أخرى للحد من الآثار البيئية التي قد تترجم عن استعمالات الأرضي المختلفة (Grant, 1975). من هنا تشكل الاختبارات الإحصائية أدلة أساسية للتأكد من وجود الفوارق بين الوحدات الأرضية التي تم تحديدها ، وتعتبر الأصناف الأرضية برتبتها المختلفة نتاج الفاهيم الخاصة بتصنيف وتقييم الأرضي والتي يقوم عليها النظام الهولندي باستخدام الصور الجوية والتحقق الميداني (Carrara, 1987). وتقوم الفرضية المقاييسية في أي مشروع لتصنيف الأرضي على وجود فوارق بين الرتب الأرضية، وعند تخطي حدود رتبة أرضية معينة تظهر خصائص أرضية جديدة تتنمي لرتبة أخرى (فرحان، 1989).

واستناداً على الدراسة التفصيلية خاصة التي تتعلق في العوامل الطبيعية كأشكال سطح الأرض والتربة وأصنافها والنظام الهيدرولوجي وغيرها من العوامل التي تساعده على إظهار التباين بين الوحدات الأرضية ومن ثم تصنيفها، استخدمت الباحثة عشرون متغيراً جدول (6) تمثل الخصائص المورفومترية والجيولوجية والجيومورفولوجية والمناخية والتربة وغيرها كونت مصفوفة إحصائية (22 وحدة أرضية × 19 متغيراً)، لاختبار فرضية وجود تباين معنوي بين الوحدات الأرضية.

استخدمت الباحثة أسلوب التحليل العائلي للكشف عن العلاقات المترافقية بين المتغيرات وتحديد أوجه التشابه بينها وحصر العلاقات في عدد من العوامل (Field, 2003). حيث يتم تجميع المتغيرات المعتمدة المستخدمة في الدراسة إلى عدد محدود من العوامل Factors المشتقة، والتي يرتبط كل منها بمجموعة معينة من المتغيرات المستخدمة. وبعد التحليل العائلي طريقة تصنفيه تبدأ بدراسة العلاقات بين المتغيرات كل على انفراد، من أجل الوصول إلى تحديد العلاقات ضمن الظاهرة الواحدة . وتعتبر مرحلة تحليلية في عملية التقييم تليها مرحلة التصنيف للوحدات الأرضية في أنماط، على أساس درجة التمايز والاختلاف في خصائصها والشكل العام للدراسة المكانية، ويتم فيه جمع المناطق المعينة وعلى اقتراض أن كل وحدة يمكن فهمها جيداً ، وبشكل من التعميم على منطقة ذات نطاق أوسع للمكان الذي هي جزء منه (Chorley, 1972).

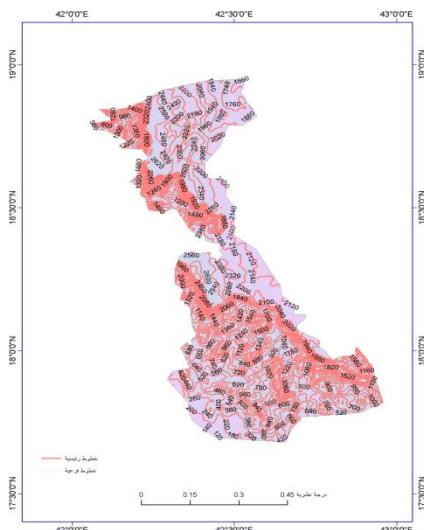
(17)Grant, K. (1986). The Puce programme for terrain evaluation for engineering purpose 1. Principles In: Davidson, D.N. , Land evaluation (P. 115-144), New York: Van Nostrand Reinhold Company.

(18)Carrara, A. (1978). Digital Terrain Analysis for Land Evaluation. Harper & Row. Pub, New York.

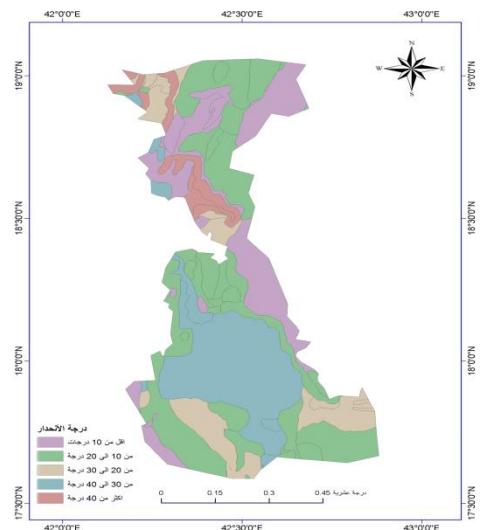
(19)الفرحان، يحيى- بحيري، صلاح- أبو سبط، محمد ( 1989). دراسات في جيومورفولوجية جنوب الأردن، الطبعة الأولى، عمان، الجامعة الاردنية.

(20)Field, A. (2003). Discovering Statistics Using SPSS for Windows. Sage Publications. London.

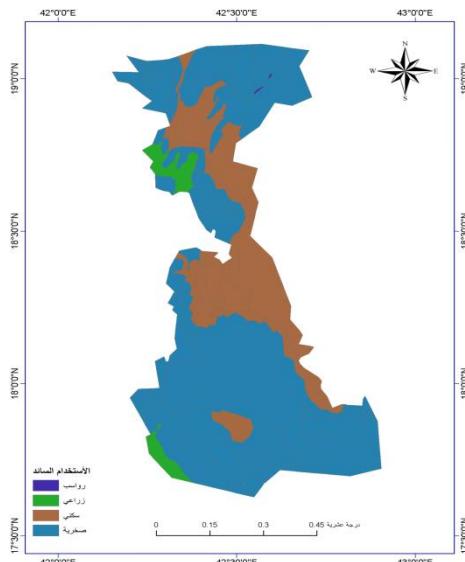
(21)Chorley, R.J. (1972). Spatial Analysis in Geomorphology, Harper & Row. Pub,



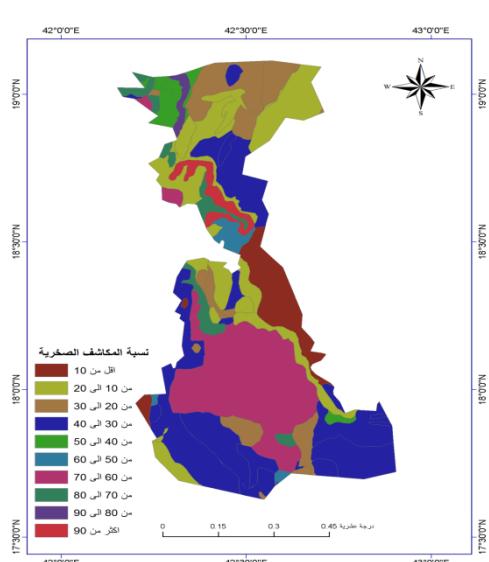
شكل (10) خطوط الکنور للمنطقة



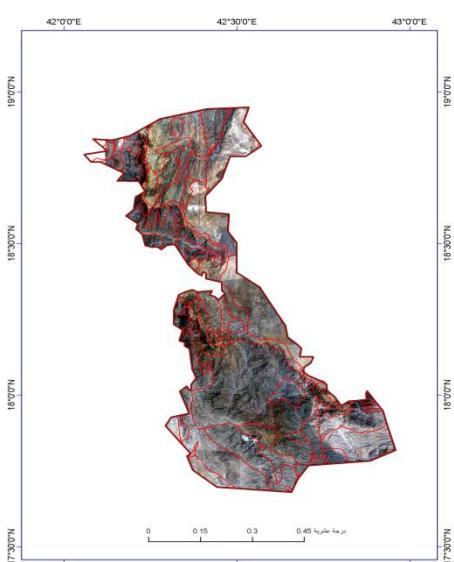
شكل (9) درجات الانحدار للمنطقة



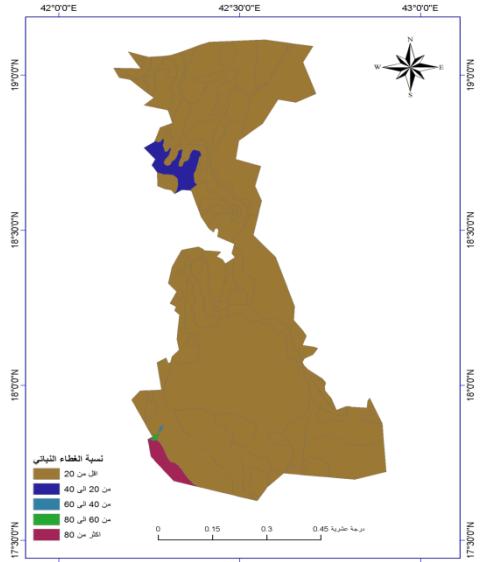
شكل (12) الاستخدام الحالي للمنطقة



شكل (11) نسبة المكافحة الصخرية للمنطقة



شكل (13) الصورة الفضائية للمنطقة



شكل (13) نسبة الغطاء النباتي

ويبداً التحليل بتكوين مصفوفة ارتباط أولية للمتغيرات المشمولة بالدراسة ثم تلخص بمصفوفة عاملية موجزة ،بحيث ترتبط المتغيرات مع العوامل بقيم يطلق عليها التشبعت Loadings ، والتي تشير إلى المتغيرات ذات التشبعت الأكثر على ذلك العامل ،أما الاشتراكيات Communalities فتشير إلى نسبة التباين الذي تفسره العوامل مجتمعة لكل متغير من المتغيرات ، والتي إذا ما حسب مجموع مربعاتها لكل عامل فإنها تعطي القيمة المميزة Eigen Value ، والتي تشير إلى نسبة التباين الذي يفسره العامل الواحد من مجموع التباين (Field, 2003).

وأدخلت مصفوفة الوحدات الأرضية ( 22 وحدة أرضية  $\times$  19 متغيراً) إلى حزمة البرمجيات الإحصائية للعلوم الاجتماعية بغرض تحليلها باستخدام التحليل العامل Factor Analysis باستخدام أسلوب تحليل المكونات الأساسية Principal Component Analysis حيث يتم تدوير العوامل بشكل عمودي Varimax Rotated بعد تعديل بياناتها باستخدام Z-scores حيث أصبحت قيماً معيارية.

جدول (6) المتغيرات المستخدمة في اختبار التباين بين الأصناف الأرضية

المتغير		المتغير	
اتجاه المنحدر	11	صنف التربة	1
صنف التربة	12	التكوين الجيولوجي	2
درجة الحرارة درجة مئوية	13	طول شبكة التصريف	3
معدل الأمطار ملم / سنة	14	الكتافة التصريفية كم / كم <sup>2</sup>	4
نسبة تغطية النباتات الطبيعية بما فيها الأحراج	15	درجة الانحدار	5
استعمال الأرض الحالي	16	نسبة المكافحة الصخرية	6
إمكانية الوصولية (الطرق)	17	بعد عن الطرق كلم	7
بعد عن الطرق كلم	18	إمكانية الوصولية (الطرق)	8
صلاحيتها للزراعة	19	صلاحيتها للزراعة	9
		طول المنحدر / م	10

ويبداً التحليل بتكوين مصفوفة ارتباط أولية للمتغيرات المشمولة بالدراسة ثم تلخص بمصفوفة عاملية موجزة ،بحيث ترتبط المتغيرات مع العوامل بقيم يطلق عليها التشبعت Loadings ، والتي تشير إلى المتغيرات ذات التشبعت الأكثر على ذلك العامل ،أما الاشتراكيات Communalities فتشير إلى نسبة التباين الذي تفسره العوامل مجتمعة لكل متغير من المتغيرات ، والتي إذا ما حسب مجموع مربعاتها لكل عامل فإنها تعطي القيمة المميزة Eigen Value ، والتي تشير إلى نسبة التباين الذي يفسره العامل الواحد من مجموع التباين (Field, 2003).

#### نتائج التحليل العامل:

أظهرت نتائج التحليل العامل وجود ستة عوامل فسرت نحو ( 82.89 % ) من مجموع التباين الكلي لمتغيرات مصفوفة المعلومات جدول ( 7 ) فقد فسر العامل الأول والثاني والثالث ما نسبته ( 57.79 % ) من التباين المفسر للظاهرة بينما فسرت العوامل الثلاثة التالية لها ما نسبته ( 25.06 ) من مجموع التباين المفسر.

أما بالنسبة لاشتقاق العوامل فإن ارتباط المتغيرات بالعوامل تحددها تشبعت العوامل Factor loading وتقييس هذه التشبعت قوة الارتباط بين كل من العوامل السته والمتغيرات ويقيس الارتباط أيضاً التشبعت لكل متغير حسب

(22) Field, A. (2003). Discovering Statistics Using SPSS for Windows. Sage Publications. London.

جدول (7) مساهمة كل عامل في تفسير التباين بين الوحدات الأرضية

نسبة التباين المفسر التراتبية% Cumulative%	نسبة التباين المفسر% Proportion%	القيمة المميزة Eigen Value	العامل Factor
25.65	25.65	4.87	الأول
45.17	19.52	3.7	الثاني
57.79	12.62	2.4	الثالث
68.81	11.01	2.09	الرابع
76.36	7.55	1.43	الخامس
82.89	6.53	1.24	السادس

قيميتها . وعلى ضوء ارتباط المتغيرات بالعوامل يمكن تحديد العوامل وتسميتها بناء على قوة ارتباط المتغيرات وقيم التشبّعات المشتقة منها والتي يوضحها جدول (8) وذلك على النحو التالي :-

جدول (8) تشبّعات العوامل Factor Loading

العامل السادس	العامل الخامس	العامل الرابع	العامل الثالث	العامل الثاني	العامل الأول	اسم المتغير	
-.012	-.058	-.033	.004	-.063	.922	صنف التربة	1
.174	-.164	.045	.058	-.118	.861	التكوين الجيولوجي	2
-.166	.414	-.036	.231	.017	.799	طول شبكة التصريف	3
.127	.383	.034	.598	.062	.649	الكثافة التصريفية $\text{كم}^2/\text{كم}$	4
-.042	.158	.164	-.123	.916	-.046	درجة الانحدار	5
.094	.088	.117	.243	.848	.055	نسبة المكافحة الصخرية	6
-.015	-.267	.032	.173	.840	-.028	البعد عن الطرق كلم	7
.239	-.170	-.186	.233	-.774	.105	إمكانية الوصولية (الطرق)	8
-.029	-.289	-.404	.089	.431	-.367	صلاحيتها للزراعة	9
.160	.013	.105	.862	-.116	.222	طول المنحدر / م	10
.064	-.283	.123	.862	.185	-.102	عدد الشقوق / $\text{م}^2$	11
.273	.230	-.055	.680	.155	.594	مساحة الوحدة	12

							الأرضية كم <sup>2</sup>	
-.105	-.007	.904	.173	.171	-.111	استعمال الأرض الحالي	13	
.032	.066	.804	.296	.093	.273	عدد الصدوع	14	
.256	.025	.742	-.201	.195	-.165	اتجاه المنحدر	15	
-.226	-.862	.068	-.057	-.243	-.173	درجة الحرارة درجة مئوية	16	
-.272	.736	.181	-.140	-.124	-.098	نسبة تغطية النباتات الطبيعية بما فيها الأحراج	17	
.917	-.103	.041	.055	.023	.062	معدل الأمطار ملم/ سنة	18	
.723	.120	.104	.385	-.242	.034	الارتفاع / م	19	

العامل الأول: وأطلق عليه عامل التكوين الجيولوجي وقد تكشف حول هذا العامل اربعة متغيرات هي:

جدول(9) تشبّعات العامل الأول

تشبعات العوامل	المتغير	الترتيب
.922	صنف التربة	1
.861	التكوين الجيولوجي	2
.799	طول شبكة التصريف	3
.649	الكثافة التصريفية كم / كم <sup>2</sup>	4

تشير نسبة التباين المفسر للعامل ككل ( 25.65 % ) إلى أهمية هذا العامل من حيث عدد المتغيرات المتكتفة حوله وقوتها تشبّعها حيث يلعب عامل التكوين الجيولوجي دورا هاما في تحديد الكثافة التصريفية و طول شبكة التصريف . كما ترتبط التربة إيجابيا بهذا العامل .

العامل الثاني: وأطلق عليه عامل الاندسكيب وقد تكشف حول هذا العامل خمسة متغيرات هي:

جدول(10) تشبّعات العامل الثاني

تشبعات العوامل	المتغير	الترتيب
.916	درجة الانحدار	1
.848	نسبة المكافف الصخرية	2
.840	البعد عن الطرق كلم	3
-.774	إمكانية الوصولية (الطرق)	4
.431	صلاحيتها للزراعة	5

تشير نسبة التباين المفسر للعامل ككل ( 19.52% ) إلى أهمية هذا العامل من حيث عدد المتغيرات المتكثفة حوله وقوتها تشعها ، حيث جاء في المرتبة الثانية بعد عامل التكوين الجيولوجي ، ويعكس هذا العامل قوة العلاقة بين درجة الانحدار ونسبة المكافئ الصخري ، حيث أنها عوامل تساعد على الحد من صلاحيتها للزراعة وأيصال الطرق .

العامل الثالث: وأطلق عليه عامل مساحة الوحدة الأرضية وقد تكشف حول هذا العامل ثلاثة متغيرات هي:

جدول(11) تبعيات العامل الثالث

الترتيب	المتغير	تشبعات العوامل
1	طول المنحدر/ م	.862
2	عدد الشقوق/ $m^2$	.862
3	مساحة الوحدة الأرضية $km^2$	.680

تشير نسبة التباين المفسر للعامل ككل ( 12.62% ) إلى أهمية هذا العامل ، كما يعكس قوة العلاقة بين مساحة الوحدة الأرضية وكثرة الشقوق في الصخور المكسورة من جهة ، وطول المنحدر إذ أن هذه العوامل وجهت الإنسان لأماكن معينة لكي يسكنها .

العامل الرابع: وأطلق عليه عامل الاستعمال الأرضي السائد وقد تكشف حول هذا العامل ثلاثة متغيرات هي:

جدول (12) تبعيات العامل الرابع

الترتيب	المتغير	تشبعات العوامل
1	استعمال الأرض الحالي	.904
2	عدد الصدوع	.804
3	اتجاه المنحدر	.742

لقد فسر هذا العامل ( 11.01% ) من التشتت الموجود في مصفوفة المعلومات الأساسية . يرتبط اتجاه المنحدر ارتباطاً وثيقاً مع عامل الاستعمال الأرضي السائد فالاستعمال السكني ينحصر في السفوح الشرقية والشمالية الشرقية حيث نقل الصدوع .

العامل الخامس: وأطلق عليه عامل الغطاء النباتي وقد تكشف حوله متغيرين هي:

جدول (13) تبعيات العامل الخامس

الترتيب	المتغير	تشبعات العوامل
1	درجة الحرارة درجة مئوية	-.862
2	نسبة تغطية النباتات الطبيعية بما فيها الأحراج	.736

فسر هذا العامل ( 7.55% ) من التشتت الموجود في مصفوفة المعلومات الأساسية . ترتبط درجة الحرارة ارتباطاً وثيقاً مع عامل الغطاء النباتي .

العامل السادس: أطلق عليه عامل الارتفاع عن سطح الأرض وقد تكشف حوله متغيرين هي:

الترتيب	العنوان	تشبّعات العامل
1	معدل الأمطار ملم/سنة	.917
2	الارتفاع / م	.723

فسر هذا العامل (6.53%) من التشتت الموجود في مصفوفة المعلومات ، مما يعكس العلاقة المتبادلة القوية بين الارتفاع عن سطح البحر من جهة ، معدل الامطار من جهة أخرى اذ العلاقة بينهما طردية.

#### نتائج الدراسة:

1. باستخدام المسح الجيومورفولوجي تم تقسيم الحوض إلى عشرة وحدات ارضية رئيسية واثنتي عشرة وحدة فرعية بما مجموعه اثنان وعشرون وحدة ارضية .
2. معظم أراضي أنها تتبع وحدة الاسطح المستوية العليا التي تتوزع على مساحة كبيرة تقدر بحوالي ( 2155.82 كم <sup>2</sup> ) منها ( 1455.85 كم <sup>2</sup> ) ذات صخر مكشوف و ( 699.097 كم <sup>2</sup> ) ذات رواسب سطحية ،معظمها صالح للزراعة .
3. تقع وحدة الانهيارات الأرضية هذه الوحدة شمال غرب وجنوب غرب منطقة الدراسة ، وتمثل ما مساحتها (9.47%) من مجمل مساحة منطقة الدراسة ، تنشط بها العمليات الجيومورفولوجية مثل الانزلاقات الصخرية والتساقط الصخري باشكاله بسبب شدة انحدار السفوح المصاحب لكثرة الشقوق الصخرية والقطع الشديد للمجاري المائية ، مما يتطلب مشاريع تنمية ضخمة لحل تلك المشاكل .
4. تم قياس متغيرات الدراسة باستخدام وسائل الاستشعار عن بعد مثل الصور الجوية والفضائية والعمل الميداني والخرائط الموضوعية مثل الخريطة الجيولوجية . وخريطة التربية والخربيطة الطبوغرافية والتقارير الرسمية لسلطة المصادر الطبيعية وزارة المياه والري ودائرة الإحصاءات العامة وغيرها .
5. أظهر البحث دور عوامل طبيعية وبشرية تؤثر في لاند سكيب أنها وهي ستة عوامل :
  - العامل الأول : عامل التكوين الجيولوجي
  - العامل الثاني : عامل الاندسكيب
  - العامل الثالث: عامل مساحة الوحدة الارضية
  - العامل الرابع: عامل الاستعمال الأرضي السادس
  - العامل الخامس : عامل الغطاء النباتي
  - العامل السادس : عامل الارتفاع عن سطح الارض
6. ان العوامل الستة التي افرزتها هذه الدراسة جاءت منسجمة مع بعضها البعض ومع واقع الحال بالنسبة للمنطقة من حيث خصائصها الطبيعية .
7. سلط البحث الضوء على متغيرات طبيعية ومتغيرات بشرية لها دور كبير في في تقييم الأراضي لتحديد الاستعمال الأمثل لها مثل الاستخدام الحالي و توفر الطرق الواصلية وغيرها .
8. تم إنتاج خرائط خاصة للوحدات الارضية في أراضي أنها .

#### التوصيات:

- 1- يجب الأخذ بعين الاعتبار طبيعة العمليات الجيومورفولوجية المختلفة خاصة الانهيارات الأرضية و التعرية المائية والاخطر المترتبة عليها ، عند تحطيط استعمالات الاراضي في أنها مثل نمط انجراف التربة سواء الانجراف العطائي او الانجراف بالمسيلات او الانجراف الاخدودي او الانجراف القتوى .

د مها ابراهيم قطيش

2. الاعتماد على الخرائط التفصيلية التي تم إعدادها، عند اعداد الخطط التنموية كذلك العمل على تحديث بياناتها دورياً لخدمة التخطيط لتنمية أبها .
- 3- أظهرت الدراسة قوة عامل الاندسكيب الارضي في أراضي أبها ، مما يستدعي الاهتمام أكثر بالمشاريع التنموية التي تحافظ على جمال لاندسكيب أراضي أبها .

## قائمة المراجع

### اولاً: المراجع العربية

أبو سليم , علي (2004), تقييم أثر التدهور البيئي في الجزء الغربي من منخفض الجفر, رسالة دكتوراة غير منشورة, الجامعة الأردنية . عمان ،الأردن

بوروبه, محمد بن فضيل, 1999 م, المدلول الجيومورفولوجي للمتغيرات بالحوض الهيدروغرافي لوادي الكبير الرمال(التل الشرقي – الجزائر) سلسلة رسائل جغرافية, العدد 229 , الجمعية الجغرافية الكويتية . وحدة البحث والترجمة, جامعة الكويت

بوروبه, محمد بن فضيل, 2001 م دراسة مورفومترية تطبيقية لأحواض روافد وادي بيش و وادي عتود (المملكة العربية السعودية)المجلد العربي لمؤتمر الخليج الخامس للمياه, ج , الدوحة. قطرمعية علوم وتقنيات المياه حرب, أحمد (2003). تقييم الموارد الطبيعية في حوض وادي الريان, رسالة دكتوراة غير منشورة, الجامعة الأردنية . عمان ،الأردن

الشنطي،احمد محمود ،1993 جيولوجية الدرع العربي ، مركز النشر العلمي -جامعة الملك عبد العزيز جدة

العساف, هيا (1997). تقييم الموارد في حوض وادي شعيب باستعمال المسح التكاملي . رسالة ماجستير غير منشورة, الجامعة الأردنية . عمان ،الأردن

العمري , نائلة (1989) . تقييم الموارد الطبيعية في منطقة الفصل المائي بين نهرى اليرموك ووادي العرب ، رسالة ماجستير غير منشورة, الجامعة الأردنية . عمان ،الأردن

عواودة. محسن ( 1996). أشكال الأرض واستعمالاتها في ناحية الوسطية ، رسالة ماجستير غير منشورة, الجامعة الأردنية.

عوده، سميح (2005). أساسيات نظم المعلومات الجغرافية، دار المسيرة، عمان.

الفرحان، يحيى- بحيري، صلاح- أبو سقط، محمد ( 1989). دراسات في جيومورفولوجية جنوب الأردن، الطبعة الأولى ، عمان،جامعة الأردنية.

القططاني ، خيرية ،2010،الخصائص المورفومترية لحوض وادي عتود جنوب غرب المملكة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، جامعة الملك خالد،المملكة العربية السعودية

القططاني ، مرعي ، 2003، تدهور البيئة النباتية في منطقة عسير -سلسلة بحوث جغرافية دورية -العدد 275-الجمعية الجغرافية الكويتية-جامعة الكويت

موسوعة المملكة العربية السعودية ،2011، مكتبة الملك عبد العزيز العامة  
وزارة الزراعة والمياه (1406)، الخريطة العامة للتربة . المملكة العربية السعودية .

الوليبي, عبدالله بن ناصر.1992.تعرج الانهار والابودية,دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الابودية الجافة في المملكة العربية السعودية ، العدد12,سلسلة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية,جامعة الملك سعود ,الرياض

الوليبي, عبدالله بن ناصر.1997.جيولوجية وجيومورفولوجية المملكة العربية السعودية ، الطبعة الثانية,مكتبة الملك فهد الوطنية ,الرياض

## ثانياً: المراجع الأجنبية

- Bokorney, J. and Tyzynks, M. (1963). Method of Evaluation of Relief for land planning purposes: one example of the region of karakov. Harper & Row. Pub, New York.
- Carrara, A. (1978). Digital Terrain Analysis for Land Evaluation. Harper & Row. Pub, New York.
- Chorely, R.J. (1972). Spatial Analysis in Geomorphology, Harper & Row. Pub,
- De La Rosa, D. Mayol F. e. , diaz- Pereira E. , Fernandez, M., de La rosa J.R. D. (2004). A Land evaluation decision support system (Micro LEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to Mediterranean region. Environmental Modelling & software . Vol. 19.
- Field, A. (2003). Discovering Statistics Using SPSS for Windows. Sage Publications. London.
- Gonzales X.P. , Avarez C.J. and Crecente R. (2004). Evaluation of Land Distributions with Joint regard to plot size and shape. Agricultural Systems, Vol. 82.
- Grant, K. (1986). The Puce programme for terrain evaluation for engineering purpose 1. Principles In: Davidson, D.N. , Land evaluation (P. 115-144), New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Hormann, G., Horn, A. and Fohrer N. (2005). The evaluation of landuse options in mesoscale catchments prospects and limitations of eco-hydrological models. Published by Elsevier, B.V., ecological Modeling.
- Lewis, Li, J, Rowland J., Tappan G. and Tieszen, L.L. (2204). Evaluation of land performance in Senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series., Journal of Arid Environment, Vol. 59.
- Messing Ingmar, Fagerstrom M.H., Chen, Fu, B. (2003). Criteria for Land Suitability Evaluation in a small catchment on the Loes Plateau in China, Catena, Vol. 54( 215-234).
- Burdon, D ground water resources of Saudi Arabia. in M , ElAyouty.(ed) Groundwater Resources in Arab Countries. Science Monograph, N o. 2, 7, Cairo: ALESCO, 1973, pp. 1-61.
- petroleum and Mineral SaudiArabia:Jiddah .Ministry of Science Monograph No ,2,7,Cairo:ALESCO,,1973,PP.1-61
- Steudler, D., Rajabifared A., and Williamson I.P. (2004). Evaluation of land Administartion Systems. Land Use Policy, 21.
- Van Zuidam, R.A. (1979). Terrain Analysis and Classification Using Arial Photographs. I.T.C. Enschede, Netherlands.
- Verstappin, H. (1983). Applied Geomorphology , Geomorphological survey for environmental Development. (1<sup>st</sup> Ed.). New York, Elsevier4
- Whiteny.j.Erosional History and Surficial Geology of Western Saudi Arabia: Jeddah, Minstry of Petroleum and Mineral Resources. Technical Record USGS-TR-04- 1. 1983.
- William(1983)Geologic map of the ABHA Quadrangle- F>Kingdom of Saudi Arbia

استخدام النموذج الرياضي كأداة فنية متقدمة في إدارة المياه الجوفية في وادي الليث، المملكة العربية السعودية

عبدالرحمن متعب الزهراني

قسم دراسات التصحر- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ص.ب 54141 جدة 21514

### الملخص

تقع المملكة العربية السعودية ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، وتعتبر المياه الجوفية المتتجددة وغير المتتجددة مورداً رئيسياً هاماً فيها، حيث تمتلك خزانات طبيعية من المياه الجوفية غير المتتجددة ذات نوعية مختلفة، تساهم بشكل كبير في التنمية الزراعية. وتعد المياه الجوفية المتتجددة أحد الموارد الرئيسية لمياه الشرب وتعتبر رافداً مهماً في التنمية، إلا أن هذه المياه تتعرض للاستنزاف والتلوث بسبب سوء إدارتها وما تواجهه من ضغوطات من قبل المستخدمين. من خلال تقييم مستوى إدارة المياه الجوفية المتتجددة في وادي الليث باستخدام إطار البنك الدولي لتقييم مستوى إدارة المياه الجوفية، تبين أن هناك قصور عام في تطبيق الأدوات الفنية والوسائل المؤسسية والإجراءات الإدارية، حيث يتم تطبيقها في أدنى مستوياتها. تهدف الدراسة إلى تقييم مستوى إدارة المياه الجوفية في وادي الليث، واستخدام النموذج الرياضي كأداة فنية متقدمة في إدارة المياه الجوفية، حيث تم بناء نموذج رياضي لمحاكاة الخزان الجوفي في وادي الليث وتم معايرته باستخدام بيانات السحب من عام 1990 إلى بداية عام 2014، وبيانات مناسبات المياه الجوفية للعامين 2007 و 2014، باعتبار أن ما قبل عام 1990 كان مرحلة استقرار لعدم توفر البيانات، وتم تشغيل النموذج لأربع فترات مدة كل فترة 6 سنوات. أستخدم النموذج في تقييم السيناريوهات المستقبلية لحالة المياه الجوفية إلى عام 2037. وأظهرت نتائج النماذج أنه في حال زاد كمية السحب 20% عن ما كان عليه في عام 2014 بسبب زيادة الطلب، سيؤدي ذلك إلى غزو مياه البحر إلى الخزان الجوفي في عام 2031. أما في حال تطبيق طرق الري الحديثة ورفع كفاءة الري إلى حوالي 60% بالإضافة إلى استخدام المياه المعالجة والمقدرة بـ  $15,000 \text{ m}^3/\text{اليوم للري}$ ، فإن ذلك يقود إلى تخفيض كمية السحب، وبالتالي يرتفع منسوب المياه الجوفية ولن يكون هناك اقتحام لمياه البحر. إن استخدام النموذج الرياضي لمحاكاة المياه الجوفية في وادي الليث يعتبر تحقيق مرحلة متقدمة في تقدير المورد خاصية عند ربطه باتخاذ القرار، وهذا أحد التوصيات المقرحة في الدراسة.

**الكلمات الدالة:** وادي الليث، المياه الجوفية، إدارة المياه الجوفية، النموذج الرياضي، غزو مياه البحر.

### ABSTRACT

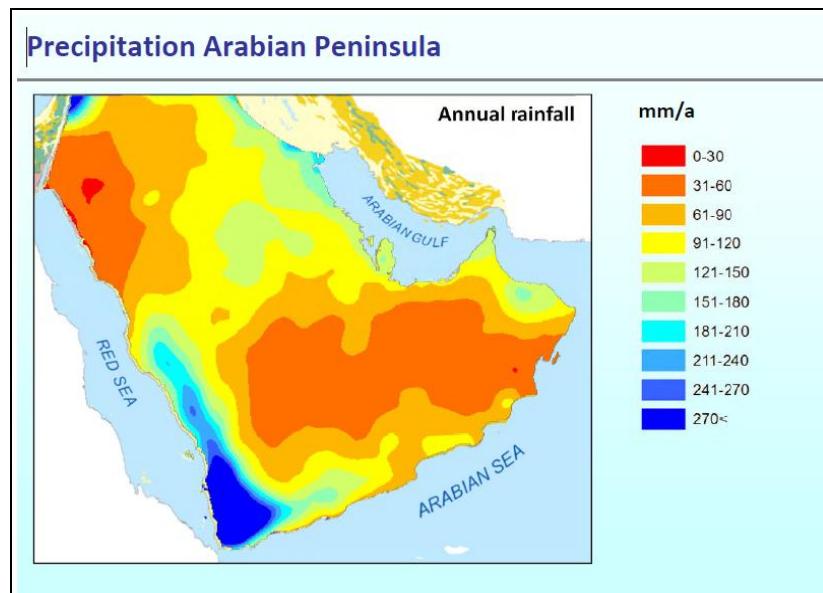
The Kingdom of Saudi Arabia is located within the arid and semi-arid zones, groundwater (renewable and non-renewable) is a major resource, the kingdom has natural reservoir from non-renewable groundwater with different quality, contribute significantly to agricultural development. The renewable groundwater is one of the major supplier for drinking water and contribute in socio-economic and environmental development. However, this resource is exposed to the depletion, pollution and salinization due to poor management and the pressures by users. The research aims to contribute to assessing the levels of the groundwater management in Wadi Al-Leith and design mathematical model as an advance technical tool to groundwater management. When assessing the level of groundwater management in Wadi Al- Leith through using the World Bank framework to assess the level of groundwater management, it illustrated that groundwater management interventions are the minimum of what is required. A mathematical model to simulate aquifer in Wadi Al-Leith has been built. The calibration has been using the available

exploitation data from 1990 to the beginning of 2014 and groundwater levels data for 2007 and 2014, considering that what before 1990 was the steady state due to available data, the modeling is running for four periods, where six years for each period. The mathematical model has been used to assess the future scenarios of groundwater status to 2037. Its results illustrated if the groundwater withdrawal increased about 20% from what it was in 2014 due to demand increasing, it will lead to the seawater intrusion in 2031. But in case using the modern irrigation methods and efficiency raise of irrigation about 60% in addition to the use of treated water which estimated at 15,000 m<sup>3</sup>/day to irrigate the farms nearby the treatment plant, it would lead to the withdrawals reduction, especially in the farms nearby the plant, raise the groundwater levels and thus there is no seawater intrusion. Using the mathematical model in Wadi Al-Leith is to achieve an advanced stage in the resource estimation, especially when linked it with decision-making, this is one of the proposed recommendations.

**Keywords:** Wadi Al-Leith, Renewable and Non-renewable groundwater, Groundwater management, Mathematical modeling, Seawater intrusion.

## المقدمة

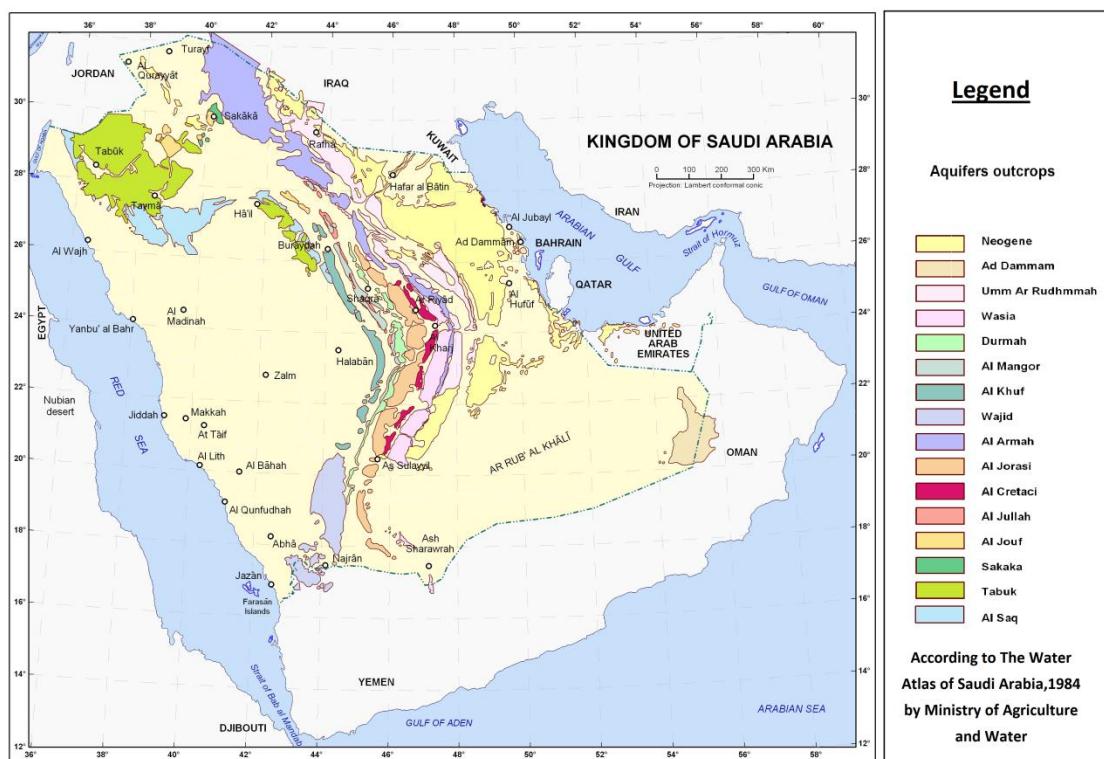
تعد المياه الجوفية مورداً رئيسياً هاماً في المملكة العربية السعودية، وذلك بسبب وقوعها ضمن نطاق المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتصف بالمناخ الصحراوي وندرة الأمطار. وتتراوح معدلات كمية الأمطار في شمال المملكة بين 100 و 150 ملم/السنة وفي الهضبة الوسطى (هضبة نجد) بين 85 و 110 ملم/السنة، أما في المناطق الجنوبية الغربية (مرتفعات جبال السروات) فإن الأمر يختلف إلى حد كبير، حيث يزيد معدل الهطول المطري عن 300 ملم/السنة، ويصل في بعض أجزاء المنحدرات إلى أكثر من 500 ملم/السنة<sup>1</sup> (شكل-1).



<sup>1</sup> الخطيب، 1980

شكل-1: معدل كمية الأمطار السنوية في المملكة العربية السعودية<sup>2</sup>

هناك نوعين من المياه الجوفية في المملكة، مياه جوفية أحذفورية غير متتجدة Non-renewable تتوارد في الطبقات الرسوبيّة في الغطاء الرسوبي أو ما يسمى بالرف العربي Arabian shelf (شكل-2)، والأخرى مياه جوفية متتجدة Renewable groundwater تتأثر مباشرةً بمياه الأمطار وتتوارد بشكل كبير في منطقة الدرع العربي Arabian shield، وتخزن في رسوبيات الأودية، وهي موضوع الدراسة.



شكل-2: المكونات المائية الرئيسية والثانوية في المملكة العربية السعودية

تستهلك المملكة كمية كبيرة من المياه الجوفية المتتجدة وغير المتتجدة، مما ينبع عن مشاكل كبيرة في ندرة المياه بمختلف المناطق بسبب عدم التوازن بين ما يتم استخراجه وما هو متوفّر. أن الدافع وراء هذا الخلل في المقام الأول، عدم التطابق بين استهلاك المياه المفرط لصالح القطاع الزراعي في جميع أنحاء البلاد وما بين توفرها.

## المنهجية

تعتمد منهجية الدراسة على تقييم مستوى الإدارة الحالية للمياه الجوفية في وادي الليث، ومقارنتها بأفضل الممارسات الإدارية المتّبعة عالمياً باستخدام إطار البنك الدولي لتقييم مستوى إدارة المياه الجوفية. بالإضافة إلى

تصميم نموذج رياضي يحاكي حركة المياه الجوفية في وادي الليث كأحد الأدوات الفنية المتقدمة في الإدارة وذلك من خلال:

- تجميع البيانات والخرائط الهيدرولوجية والهيدروجيولوجية والبيانات المتعلقة بخواص المياه الجوفية ومعاملاتها ومعدلات تغذيتها وتصريفها في وادي الليث.
- تطوير نموذج جيولوجي (استخدام البيانات والمعلومات الجيولوجية لتحديد الخواص الليثولوجية للحوض المائي وأبعاد الخزان الجوفي).
- تطوير نموذج هيدروجيولوجي (توصيف الخزان الجوفي: استخدام البيانات والمعلومات الهيدروجيولوجية لوضع تصور لنموذج هيدروجيولوجي مبدئي يمثل الحوض المائي).
- تطوير نموذج رياضي رقمي يحاكي النظام المائي في الحوض (إدخال البيانات، اختبارات الحساسية للمعاملات الهيدروجيولوجية، والمعايرة بواسطة البيانات التاريخية).
- وضع سيناريوهات البديل الفنية المتاحة وتقييمها باستخدام النموذج الرياضي لتحقيق استدامة المياه الجوفية المتعددة لخدمة أهداف التنمية الاجتماعية والاقتصادية في وادي الليث.

### الحوض المائي لوادي الليث

تقع منطقة الدراسة شمال إقليم تهامة على الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية، وتنطل غرباً على البحر الأحمر وتمتد إلى جبال السروات شرقاً. وتنبع إدارياً منطقة مكة المكرمة، وتبعد عن مدينة مكة المكرمة 180 كم جنوباً، كما تبعد عن مدينة جدة 190 كم باتجاه الجنوب أيضاً (شكل- 3)، ويبلغ عدد سكانها 128,529 نسمة<sup>3</sup>، وبمعدل نمو حوالي 6% موزعين بين المناطق الحضرية والقرى الجبلية والساحلية والهجر. يشغل معظم سكانها في الزراعة وتربية المواشي وصيد الأسماك. هذا، بالإضافة إلى أن البعض منهم يعمل في القطاعات الحكومية المختلفة في محافظة الليث.

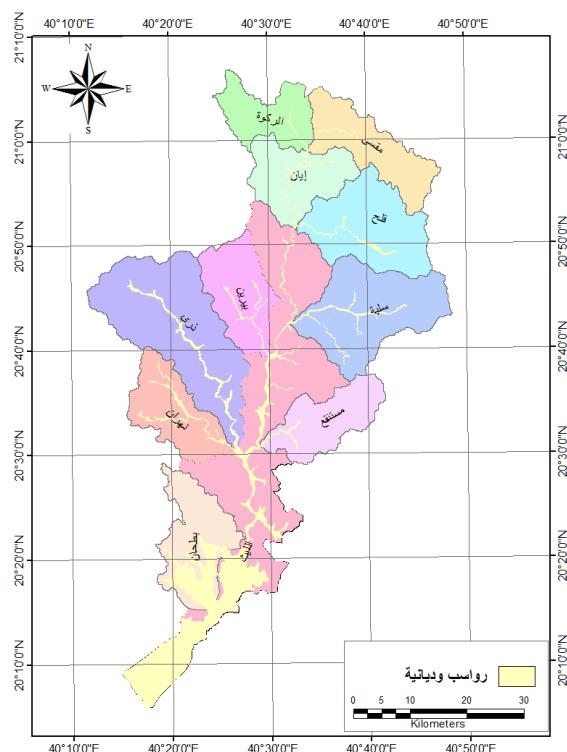
تبلغ مساحة الحوض المائي لوادي الليث حوالي 3157 كم<sup>2</sup> وطوله 115 كم، وأطول مجرى فيه يبلغ 173 كم. يبدأ الوادي الرئيسي بالانحدار من ارتفاع 2000 م فوق سطح البحر متوجهاً جنوباً ليصل إلى منسوب سطح البحر بالقرب من مدينة الليث. ويبلغ متوسط ميل الحوض الساكن 0.28، ويتراوح عرض المجرى بين 100 متر في بدايته و500 م في الجزء الأسفل منه<sup>4</sup>، يوضح الشكل (4) روافد المجرى الرئيسي.

<sup>3</sup> وزارة الاقتصاد والتخطيط، 2010

<sup>4</sup> أكساد وهيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2010



شكل-3: الموقع الجغرافي لحوض وادي الليث



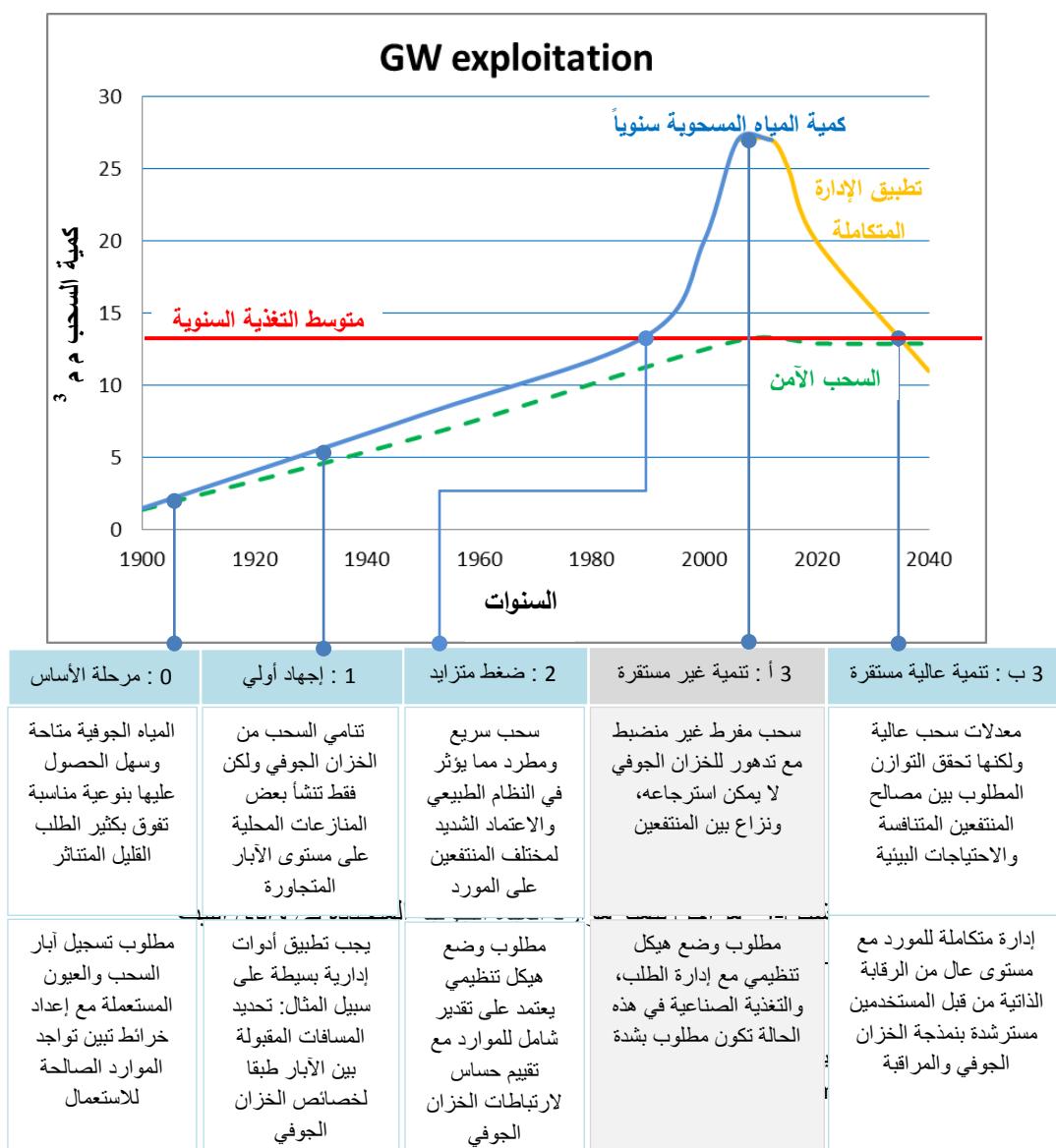
شكل-4: الأحواض الفرعية لحوض وادي الليث

## تقييم مستوى إدارة المياه الجوفية المتتجدة في وادي الليث

تهدف الإدارة السليمة للمياه الجوفية إلى تطبيق الإدارة المتكاملة لموارد المياه الجوفية، وتعنى الإدارة المتكاملة بعملية إدارة المياه والأراضي مع غيرها من الموارد الطبيعية الأخرى ذات العلاقة بشكل منسق، من أجل تعظيم الرفاه الاقتصادي والاجتماعي بأسلوب منصف، مع الأخذ في الاعتبار استدامة النظم البيئية الأساسية<sup>5</sup>. وتتمكن أهمية إدارة الموارد المائية في اعتبار أن المياه أحد حقوق الإنسان الأساسية والتي لا يجب التخلص منها. كما تكمن أهمية الإدارة في معالجة ظاهرة شح موارد المياه نتاجاً للزيادة التي يشهدها العالم في عدد السكان في الوقت الحاضر وتغيير نمط الاستخدام خاصة في المناطق الجافة. ونتيجة لشح مياه الأمطار ومع زيادة الضغوط على الموارد المائية من كافة القطاعات (الحضرية، الزراعية، الصناعية)، فهناك ضرورة ملحة إلى وضع استراتيجيات للتخطيط والإدارة من أجل الاستدامة الاجتماعية والاقتصادية والإيكولوجية، ويتطلب ذلك تحليل التفاعلات المتغيرة القائمة بين العمليات البيئية (تغير المناخ، الأحداث البيئية، التصحر، النمو الاقتصادي للزراعة، الصناعات، الاحتياجات من الطاقة)، والعمليات الاجتماعية والثقافية<sup>6</sup>.

## مراحل تنمية موارد المياه الجوفية المتتجدة في وادي الليث

تقدير كمية المياه الجوفية المسحوبة من الحوض المائي لوادي الليث بـ 27.06 مليون م<sup>3</sup>/السنة<sup>7</sup>. بينما تقدر كمية المياه التي تغذي الخزان الجوفي 17-10 مليون م<sup>3</sup>/السنة<sup>8</sup>، أي أن الخزان الجوفي في وادي الليث يمر بعجز بمتوسط 13.5 مليون م<sup>3</sup>/السنة. يمكن القول أن تنميته غير مستقرة (شكل-5).



إن تجاوز معدل المياه الجوفية التي يتم ضخها من الطبقة الحاملة عن معدل المياه المغذية للخزان الجوفي ومع الاستمرارية في ذلك لفترات طويلة، سيؤدي حتماً إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية وتدهور نوعيتها. ويطلب هذا الوضع إجراءات وتدخلات إدارية عديدة، منها وضع هيكل تنظيمي مع التركيز على إدارة الطلب، كما أن التغذية الصناعية سواء من مياه السيل أو المياه المعالجة الفائضة عن الاستخدام البشري تعد أمراً ضرورياً في هذه الحالة. لذا، فهناك ضرورة إلى تخفيض معدلات السحب من المياه الجوفية لتعادل كمية التغذية. ويطلب هذا الأمر إدارة متكاملة لهذا المورد الحيوي مع مستوى عالي من الرقابة من قبل المستخدمين، بالإضافة لعمل نموذج رياضي للخزان الجوفي لمساندة متذبذبي القرار في تصميم برنامج المراقبة والحماية من الأنشطة السطحية.

وتحتاج المرحلة الحالية لاستخدام المياه الجوفية في وادي الليث تدخلات إدارية تتناسب مع هذه المرحلة. يمثل الجدول (1) مراحل استغلال الخزان الجوفي والتدخلات الإدارية المطلوبة لكل مرحلة. وقد تم تحديد مستوى الإجراءات الإدارية الموجودة حالياً في وادي الليث ومقارنتها بما يجب أن يتم لحالة الحوض، حيث تبين أن مستوى الإدارة المائية في الحوض لا تتناسب مع الوضع المائي في الحوض. توجد فجوة كبيرة بين ما يجب القيام به وما يتم حالياً في جميع المجالات، الأمر الذي يهدد استدامة الخزان الجوفي. حالياً يتم تطبيق الأدوات الفنية والوسائل المؤسسية والإجراءات الإدارية المطلوبة في أدنى مستوياتها، وفي بعض الأحيان شبه معدومة مثل المشاركة الجماهيرية، مما يتطلب رفع مستوى التدخلات الإدارية لتتناسب مع الضغوط الواقعة على المياه الجوفية.

**جدول-1: مستويات وسائل وأدوات إدارة المياه الجوفية والتدخلات الضرورية لكل مرحلة من مراحل تنمية موارد المياه الجوفية المتعددة في وادي الليث.**

<b>مستوي تطوير الأدوات أو الوسائل المعاشرة طبقاً لمراحل الضغط الهيدروليكي</b>				<b>أدوات و وسائل إدارة المياه الجوفية</b>
3	2	1	0	
<b>الأدوات الفنية</b>				
نماذج مربوطة بدعم اتخاذ القرار وتستخدم للتخطيط والإدارة	نموذج رقمي جاهز لمحاكاة سيناريوهات مختلفة للضخ	نموذج تصوري يستند إلى بيانات حقلية	معرفة أساسية للخزان الجوفي	تقدير المورد
إدخال النوعية في خطط التخصيص	فهم لعمليات نوعية المياه	تفاوت النوعية أصبح معيار عند التخصيص	لم تحدث قيود على النوعية	تقييم النوعية
استخدام برامج المراقبة في الإدارة	تأسيس برامج مراقبة نمطية	مراقبة المشروع، تبادل البيانات لغرض محدد	لا يوجد برنامج مراقبة منظم	مراقبة الخزان الجوفي
<b>الوسائل المؤسسية</b>				
حقوق متغيرة بناء على خطط الإدارة	إدراك أن التغيرات الاجتماعية تتراوّز حقوق المياه التقليدية	توضيح لحقوق المياه العارضة محلياً (خلال حالات قضائية)	حقوق المياه المعتادة	حقوق المياه
التسهيل والضبط من خلال الرقابة الذاتية لأصحاب المصلحة	تنظيم نشاط وإنفاذ من قبل مؤسسة مختصة	تنظيم محدد (ضرورة الترخيص للأبار الجديدة، قيود على الحفر)	تنظيم اجتماعي فقط	الاحتياطات التنظيمية
إطار قانوني شامل لإدارة الخزان الجوفي	النص القانوني لتنظيم مستخدمي المياه الجوفية	إعداد قانون مورد المياه ومناقشته	لا تشريع مائي	التشريع المائي
مشاركة المنتفعين والمنظّمين في مسؤولية إدارة الخزان الجوفي	إشراك تنظيمات أصحاب المصلحة في الهيكل الإداري (مثل مجالس الخزان الجوفي)	مشاركة تفاعلية وظهور إتحادات المستخدمين	تفاعل محدود بين المنظّمين ومستخدمي المياه	مشاركة أصحاب المصلحة
تفاعل واتصال فعال بين أصحاب المصالح	سلعة اقتصادية وجزء من منظومة متكاملة	مصدر محدود (حملات لحفظ على الماء وحمايته)	المياه الجوفية تعتبر مصدر غير محدود ومجاني	نشر الوعي والتعليم
التسليم بالقيمة الاقتصادية (تعرفة مناسبة وزيادة إمكانية إعادة التخصيص)	إدراك القيمة الاقتصادية (تفايسن واستهداف الدعم للوقود)	رسوم رمزية فقط على ضخ المياه	بالكاد تلحظ التأثيرات الاقتصادية (الإستغلال مدحوم بشكل كبير)	الأدوات الاقتصادية
<b>الإجراءات الإدارية</b>				
اليات للموازنة بين تدابير وقائية من	إدراك التأثيرات	اهتمامات ضئيلة	منع التأثيرات الجانبية	

استخدامات الماء المستخرج وفوائد بقاء المياه بالمكان	إدراك لقيمة المياه بالمكان	الجانبية (على المدى القصير والبعيد)	بالتأثيرات الجانبية	
تحصيص منصف لاستخدامات الماء المستخرج وفوائد بقاء المياه بالمكان	تحديد أولويات استخدام الماء المستخرج	المنافسة بين المستخدمين	قيود محددة على التحصيص	تحصيص المورد
السيطرة على جميع مصادر التلوث الموضوعية والمنتشرة الجديدة، مواجهة التلوث القادم	السيطرة على مصادر التلوث الموضوعية الجديدة/ أو وضع الآبار الجديدة في نطق آمنة	تطبيق سطح الأرض لكن لا ضوابط أكثر إيجابية	بعض الضوابط على استخدام الأرض والتخلص من النفايات	ضبط التلوث

\* ملاحظة: اللون البرتقالي القائم يعني المستوى الإداري للمياه الجوفية في وادي الليث، واللون البرتقالي الفاتح يعني نسبة معينة تم تحقيقها.

للوصول إلى تنمية عالية ومستقرة، ولتحقيق التوازن المطلوب بين المنتفعين والاحتياجات البيئية، ينبغي القيام بعض التدخلات الإدارية المطلوبة:

#### أولاً / الأدوات الفنية:

- في تقدير الموارد، هناك معرفة أساسية للخزان الجوفي، ويوجد نموذج تصوري يستند إلى بيانات حقلية، ولكن لا يوجد نموذج رقمي للمحاكاة، لذا من الضروري أن يتم تطوير بناء نموذج رياضي في حوض وادي الليث مع سيناريوهات مختلفة للضغط لتقدير سلوك وتصرف المورد الجوفي، وبعد بناء النموذج الرياضي هناك حاجة إلى ربطه بدعم اتخاذ القرار لاستخدامه في التخطيط والإدارة، وبالتالي يكون قد حقق المستوى الأعلى لتقدير المورد في الحوض.
- في تقييم النوعية، يوجد فهم لنوعية المياه، ولكنها بحاجة إلى إدخال النوعية في خطط توزيع حصص المياه الجوفية.
- مراقبة الخزان الجوفي، لا يوجد برنامج مراقبة دوري للخزان الجوفي في وادي الليث، ولذا يجب تصميم برنامج مراقبة يتم فيها تبادل البيانات لاستخدامها في التخطيط والإدارة.

#### ثانياً / الوسائل المؤسسية:

- حقوق المياه، لا يوجد في وادي الليث حقوق واضحة للمياه، وإنما الحقوق التقليدية، لذا يجب تحديد حقوق المياه وكذلك يجب الأخذ في الاعتبار أن الحقوق قد تتغير بناء على الخطط الإدارية.
- الاحتياطات التنظيمية، يوجد تنظيم محدد في وادي الليث ممثلة في التراخيص للأبار الجديدة وقيود على الحفر، ولكن هناك حاجة ماسة إلى التسهيل والضبط من خلال الرقابة الذاتية لأصحاب المصلحة.
- التشريع المائي، هناك تشريع مائي معد من قبل وزارة المياه والزراعة (سابقاً)، ولكنه بحاجة إلى المراجعة والتنفيذ من قبل وزارة المياه والكهرباء، وكذلك يحتاج إلى إطار قانوني شامل لإدارة الخزان الجوفي.

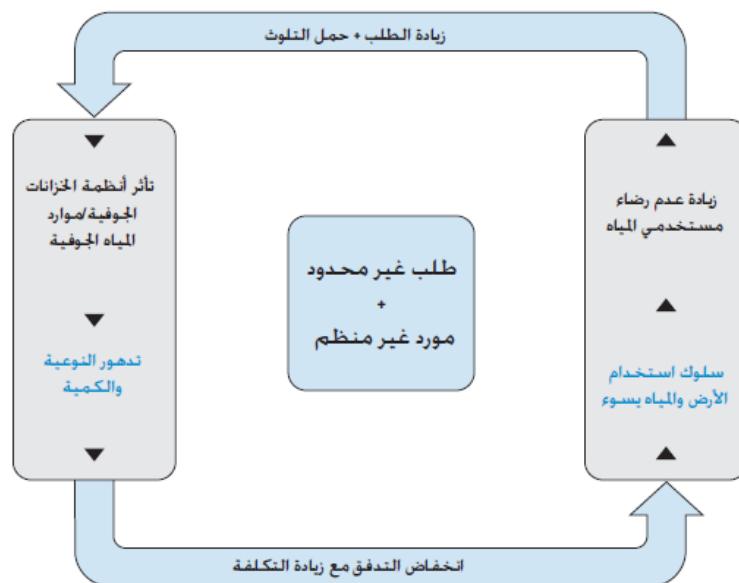
- مشاركة أصحاب المصلحة، لا توجد مشاركة فعالة وصريحة في وادي الليث، وكذلك الحال في معظم الأحواض المائية بالمملكة. لذا يجب تعزيز المشاركة الجماهيرية في مسؤولية إدارة الخزان الجوفي.
- نشر الوعي والتعليم، لا يوجد توقيع كافية بأهمية المحافظة على المياه الجوفية في وادي الليث، ومعظم المزارعين يعتبرونها مصدر غير محدود ومجاني، وهناك حاجة لرفع مستوى التوعية لدى المزارعين.
- الأدوات الاقتصادية، هناك تعرفة للمياه في المملكة لجميع القطاعات المختلفة على هيئة شرائح مطبقة في المدن الرئيسية والشركات الزراعية الكبرى، ولكن في وادي الليث وفي معظم المناطق الأخرى لا يوجد عدادات على آبار المواطنين، مما يمكنهم من سحب المياه الجوفية قدر احتياجاتهم كما أن بعض ملاك الآبار يقومون ببيع المياه، وبؤدي هذا إلى استنزاف المياه الجوفية. لذا يجب اعتبار المياه سلعة اقتصادية يجب المحافظة عليها.

### ثالثاً / الإجراءات الإدارية:

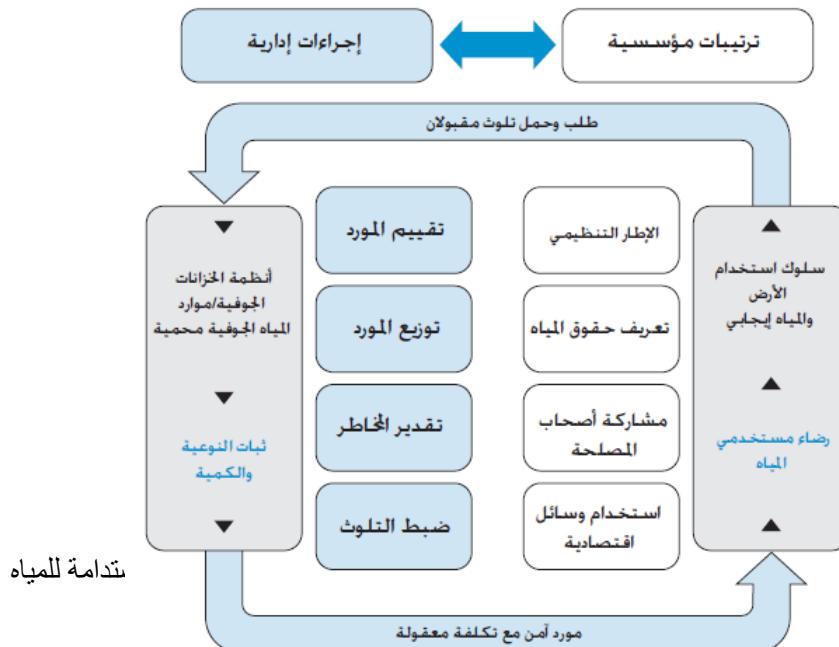
- منع التأثيرات الجانبية، لا يوجد اهتمامات بالتأثيرات الجانبية في وادي الليث، وينبغي من أجل ذلك اتخاذ تدابير وقائية أكبر لإدراك قيمة المياه في الخزان بدون استخراج، وعمل آليات للموازنة بين استخدامات المياه المستخرجة وفوائد بقائها في الخزان.
- تحصيص المورد، تستند المنافسة بين المنتفعين في استخراج المياه الجوفية في وادي الليث، ولا يوجد أولويات لاستخدام المياه المستخرجة، حيث يجب توزيع حصة المياه بشكل منصف لاستخدامات المياه المستخرجة وفوائد بقائتها في الخزان.
- ضبط التلوث، هناك بعض الضوابط على استخدام الأراضي والتخلص من النفايات في وادي الليث ولكنها غير فعالة، ولا يوجد تنطبق (حرب الآبار) في وادي الليث، لذا ينبغي إنشاء مناطق حماية للمياه الجوفية باستخدام النماذج الرياضية، وكذلك السيطرة على جميع مصادر التلوث المنتشرة والجديدة من خلال التشريعات المناسبة.

يتضح جلياً بعد تقييم مستويات إدارة المياه الجوفية المعنوم بها حالياً في وادي الليث، أن التعامل مع الخزان الجوفي في الوادي يبدو وكأنه في مراحله الأولى من الاستغلال بينما هو في الواقع في مراحل متقدمة منه. وتقود هذه الأوضاع إلى ما يعرف بالحلقة المفرغة (شكل- 6)، ويمكن أن ينتج عنها انخفاض كبير في منسوب الماء الجوفي وتدور نوعيته بسبب غزو مياه البحر المالحة لطبقة المياه الجوفية.

ولتحويل الحلقة المفرغة إلى حلقة فعالة، يجب الأخذ في الاعتبار الإجراءات الإدارية والترتيبيات المؤسسية (شكل-7) والتي لم يتحقق منها في وادي الليث إلا تقييم المورد فقط وبقية الترتيبات والإجراءات لم تؤخذ في الاعتبار. لذا فإن إدراك البعد الاجتماعي - الاقتصادي (أي جانب إدارة الطلب) مهم مثل البعد الهيدروجيولوجي (جانب إدارة المورد) وتكاملهما مطلوب دائماً.



شكل-6: الحلقة المفرغة نتيجة لتنمية المياه الجوفية بدون تنفيذ الإجراءات الإدارية وال المؤسسية (GW-MATE)،  
الإدارة المستدامة للمياه الجوفية، 2002-2006، المذكرة (1)

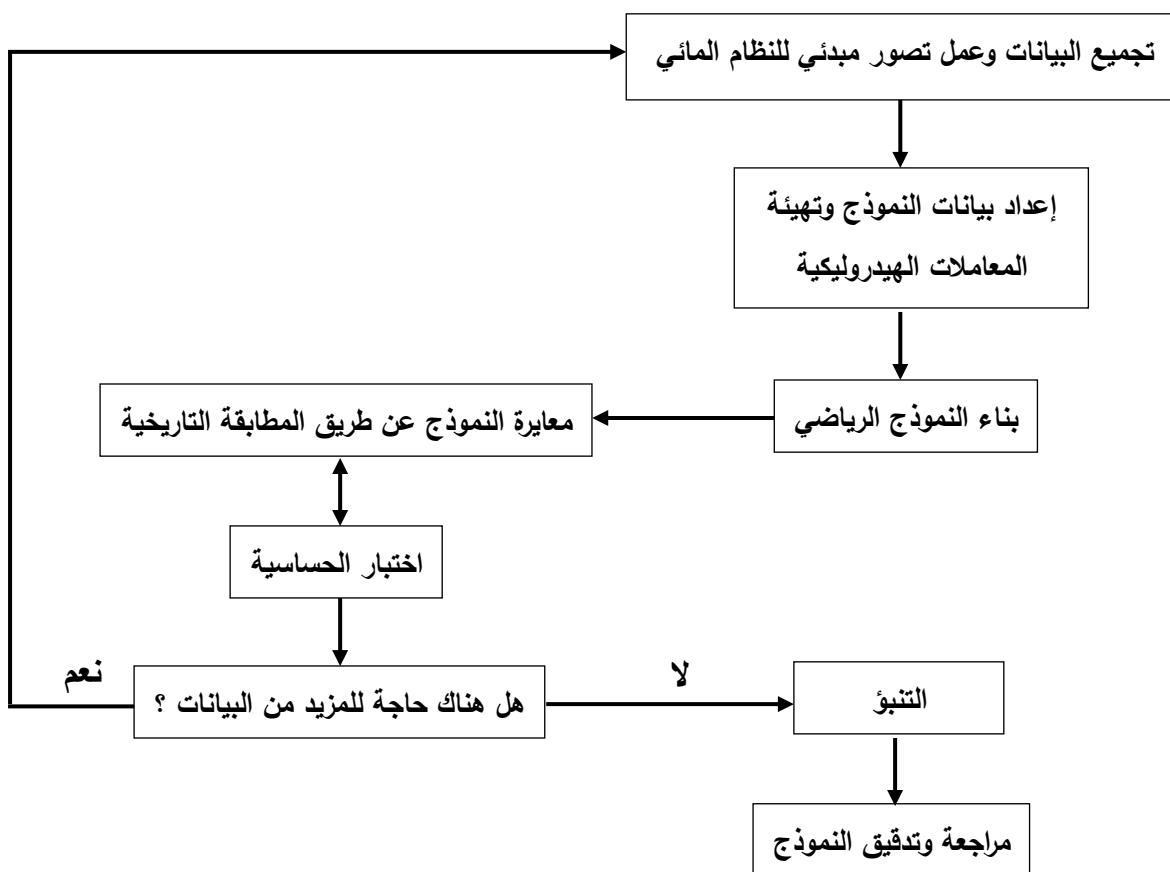


شكل-7: الحلقة الفعالة :

### نمذجة حركة المياه الجوفية والسيناريوهات المستقبلية في وادي الليث

تعتبر المياه الجوفية المصدر الرئيسي للمياه في المناطق ذات الأمطار القليلة، خاصة في دول مجلس التعاون التي تتصرف بمحودية وندرة الموارد المائية بسبب وقوعها ضمن المناطق الجافة. لذلك من الضروري ترشيد استخدام المياه في تلك الدول من خلال تخطيط سليم يعتمد على استخدام النماذج الرياضية الرقمية لتساعد متizzie القرار في التخطيط والاستثمار الأمثل للمشاريع المائية.

يتكون استخدام النماذج الرياضية في دراسات موارد المياه الجوفية من خمس خطوات رئيسية (شكل-8).



شكل-8: خطوات النماذج الرياضية<sup>9</sup>

#### 4. 3 أبعاد شبكة النموذج والشروط الحدودية

تم تصميم النموذج بحيث يغطي منطقة الجزء السفلي من الحوض وتقدير مساحتها  $1350 \text{ كم}^2$  بطول 45 كم وعرض 30 كم (صف X 254 عمود). أبعاد الخلايا تتراوح ما بين أكبر قيمة  $500 \text{ م} \times 500 \text{ م}$  وأصغر قيمة  $62.5 \text{ م} \times 62.5 \text{ م}$  حول الآبار، ويوجد عدد من الخلايا أبعادها  $250 \text{ م} \times 250 \text{ م}$  و  $125 \text{ م} \times 125 \text{ م}$ . وتقدر مساحة الخلايا الفعالة  $225 \text{ كم}^2$ . والخزان الجوفي عبارة عن خزان جوفي غير محصور *Unconfined aquifer*، وتم تحديد الشروط الحدودية *Boundary conditions* له بحيث تكون في الجزء السفلي له والمتصل بالبحر ثابتة المستوى المائي *Constant head*، بينما تم استخدام المستوى المائي المتغير أو العام *General head* لتمثيل مناسبات المياه الجوفية في روافد الأودية العليا للسماح بانخفاض أو زيادة الكميات المنتفحة من هذه الروافد بحسب مستويات السحب من الخزان الجوفي في المنطقة التي يتم نمذجتها (شكل-9).

<sup>9</sup> زباري، 2005

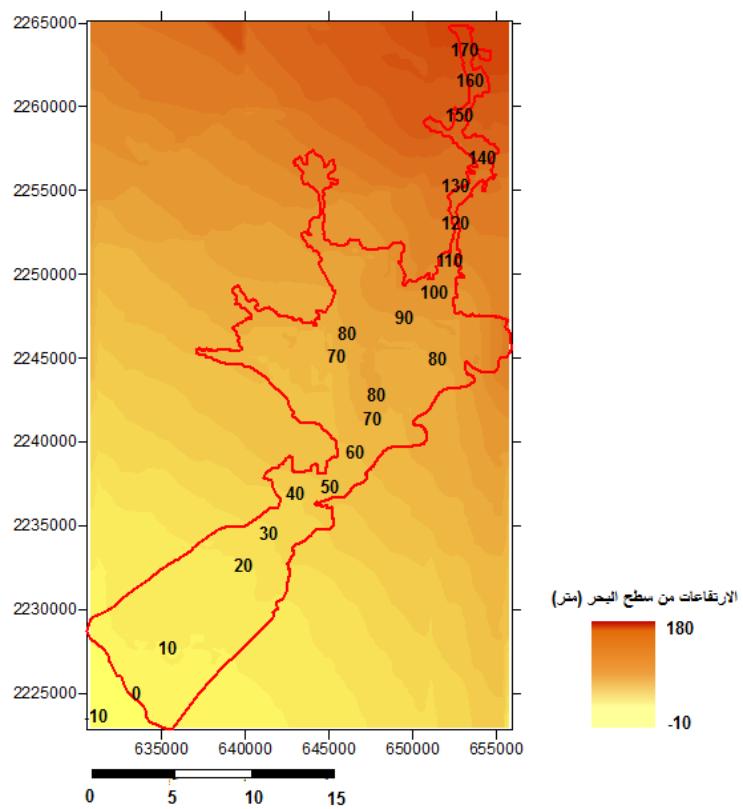


شكل-9: الشروط الحدودية للخزان الجوفي السفلي لوادي الليث

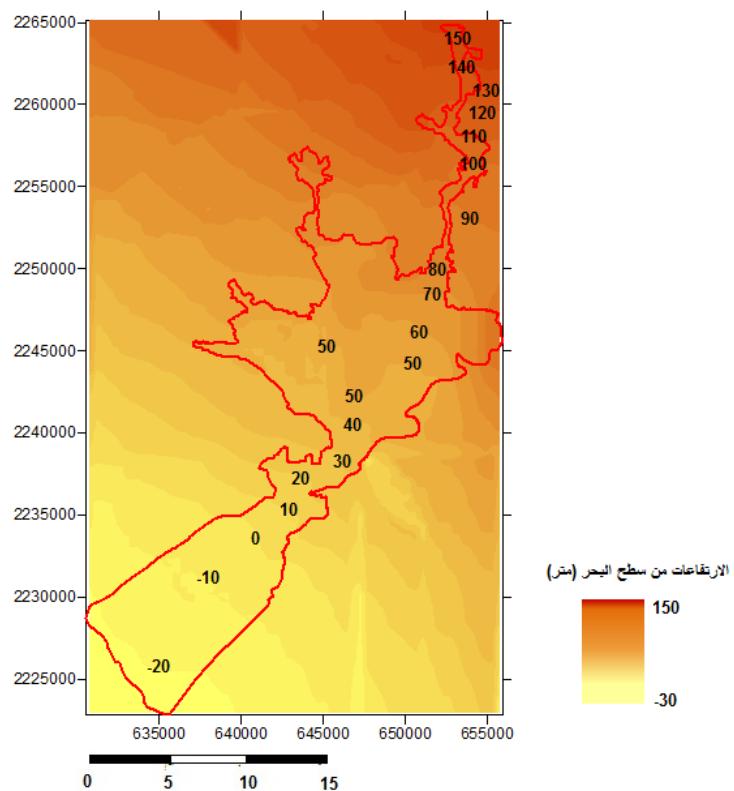
#### 4.4 مدخلات النموذج

##### 4.4.1 المدخلات البنائية Structure

تم بناء الطبقة العلوية Top of layer للنموذج باستخدام نقاط الارتفاعات في الخريطة الطبوغرافية 1:250,000، ومن ثم تحويل نقاط الارتفاعات إلى خريطة ارتفاعات رقمية (شكل- 10)، وتحويله إلى برنامج كطبقة ارتفاعات. وبالنسبة لتحديد الطبقة السفلية للخزان Bottom of layer تم Processing Mudflow اعتماد متوسط سماكة الرواسب في حسابها (شكل-11).



شكل-10: نموذج ارتفاعات الطبقة العلوية Top of layer للحوض السفلي من وادي الليث



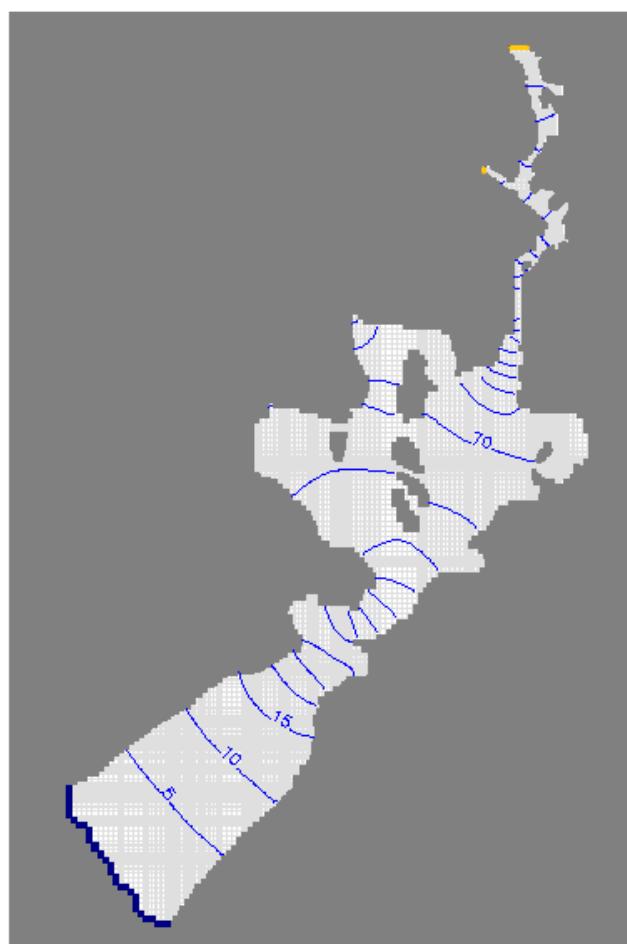
شكل-11: نموذج ارتفاعات الطبقة السفلية Bottom of layer للحوض السفلي من وادي الليث

#### 4.4.2 المدخلات الهيدروليكيّة Hydraulic parameters

التوصيل الهيدروليكي Hydraulic conductivity في الجزء السفلي من الخزان يتراوح بين 160 – 170 متر/اليوم<sup>10</sup>، وبمتوسط 165 متر/اليوم. وتم تقدير المسامية Porosity بـ 40%， وكذلك تم تقدير قيمة العطاء النوعي Specific yield بـ 0.25، وتم إدخال جميع المعطيات السابقة في النموذج الرياضي.

#### 4.5 مستويات المياه الجوفية قبل عام 1988 في مرحلة الاستقرار Steady state

تم تحديد مستويات المياه الجوفية قبل عام 1988، أثناء تشغيل النموذج في مرحلة الاستقرار Steady state، وبناء على مستويات المياه الجوفية المقاسة في آبار المراقبة التابع لشركة SAUDI ARABIAN DAMES & MOORE، تم تثبيت مستويات المياه الجوفية في أعلى الحوض كحدود ثابتة Constant head، وبعد تشغيل النموذج ومن خلال الميزان المائي Water budget للخزان بعد تقسيم الحدود العليا إلى مناطق فرعية Sub-region، تم التعرف على كمية المياه الجوفية الداخلة للحوض، ومن ثم إنشاء آبار شحن لكل خلية في الحد الأعلى للحوض ليتم إلغاء الحد الثابت العلوي، وإعادة التشغيل مرة أخرى للوصول إلى مستويات المياه الجوفية المتوقعة قبل عمليات تطور السحب واستغلال المياه الجوفية (شكل-12).



شكل-12: مستويات المياه الجوفية في مرحلة الاستقرار Steady state قبل عام 1988

#### 4.6 معايرة النموذج

Saudi Arabian Dames & Moore, 1988<sup>10</sup>

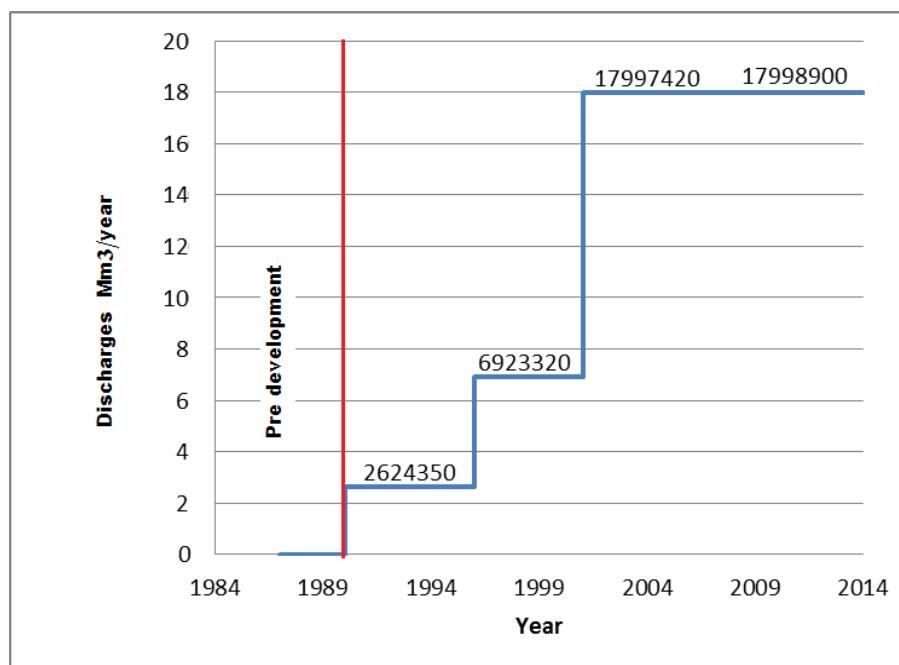
تم تشغيل النموذج ومعاييره اعتماداً على بيانات السحب المسجلة لعدد من الآبار عام 2007، ثم تحديث البيانات الحقلية الخاصة بمستويات المياه الجوفية وكذلك تحديد تواريخ حفر الآبار وتقدير كمية السحب من المياه الجوفية، حيث أن بعض الآبار مغلقة لا يمكن القياس فيها، وبناءً على ذلك تم تقدير كميات السحب في الآبار التي لا يوجد لها بيانات عن طريق حساب مساحات المزارع المعلوم فيها كمية المياه المسحوبة وقسمة كمية السحب على مساحة تلك المزارع والناتج تم ضربه في مساحات المزارع الغير معلوم فيها كمية السحب (شكل- 13)، ومن ثم عمل المعايرة.



شكل-13: تقدير كمية المياه المسحوبة في الجزء السفلي من حوض وادي الليث

#### 4.6.1 مراحل استغلال المياه الجوفية خلال الفترة (1990 - مارس 2014)

مررت المياه الجوفية بعدة مراحل من الاستغلال، حيث بدأت في أوائل التسعينيات وما قبلها كاستغلال بسيط للاستخدامات المختلفة المنزلية والزراعية، ومن ثم بدأ التطور في عمليات السحب في نهاية التسعينيات حتى الآن، ويوضح (شكل-14) مراحل استغلال الخزان الجوفي في الجزء السفلي من الحوض. تم تشغيل النموذج ومعاييره على المرحلة الانتقالية Transient لمدة 24 سنة مقسمة إلى 4 فترات إجهاد 4- stress periods (1995، 2001، 2007، مارس 2014).



شكل-14: مراحل استغلال الخزان الجوفي في الجزء السفلي من الحوض

#### 4.6.2 مقارنة مستويات المياه الجوفية للعامين 2007 ومارس 2014

عند مقارنة مستويات المياه الجوفية للعامين 2007 وبداية 2014 المقاسة Observed مع قيمها المحسوبة Calculated وقت المعايرة، وجد أن القيم المحصلة من النموذج بعد المعايرة تعتبر مقاربة مع القيم المقاسة، وبالتالي يمكن عمل التنبؤات المستقبلية. يوضح الجدول ( 2 و 3 ) مستويات المياه الجوفية المقاسة والمحسوبة لفترتين (2007 و بداية 2014).

جدول-2: مستويات المياه الجوفية المقاسة والمحسوبة عام 2007

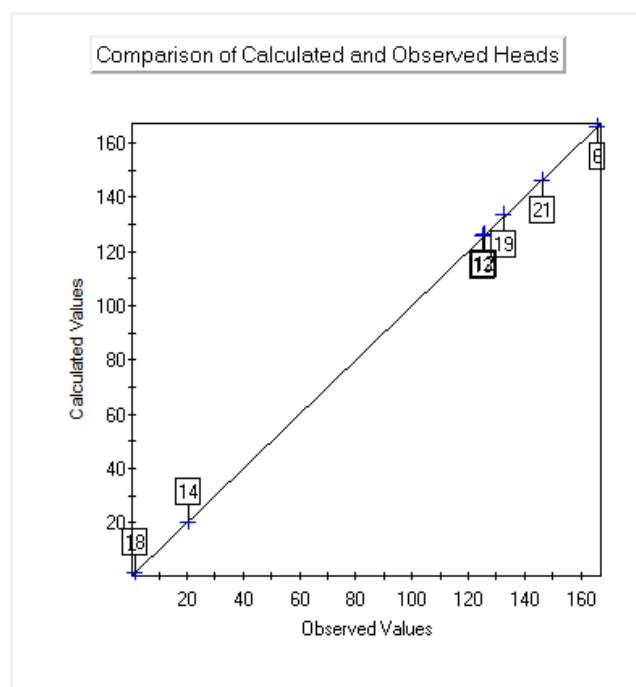
ID	Observed_2007	Calculated	Difference
5	166.4	166.38	0.02
6	166.2	165.35	0.85
7	165.69	164.63	1.06
19	132.54	132.12	0.42
21	146.31	146.9	-0.59
12	125.64	124.74	0.9
13	125	124.37	0.63
14	20.65	19.55	1.1
16	-0.07	-0.72	0.65
18	1.51	1.92	-0.41

جدول-3: مستويات المياه الجوفية المقاسة والمحسوبة بداية عام 2014

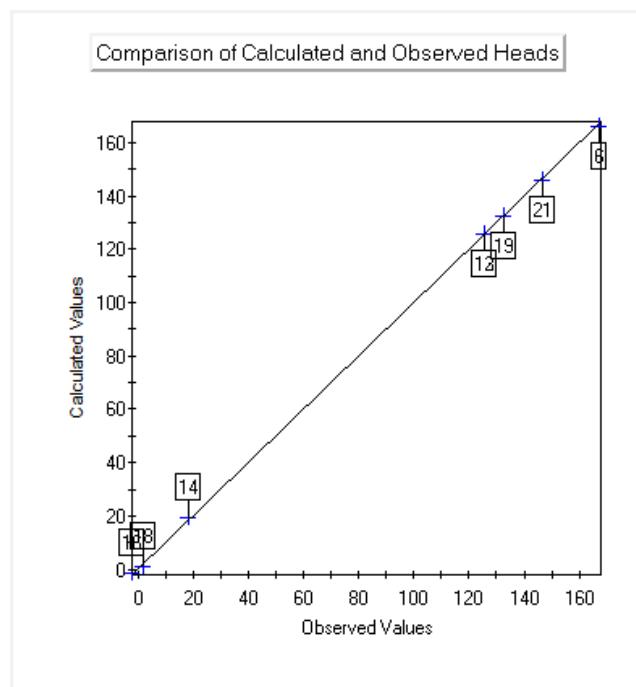
Well ID	Observed_2014	Calculated	Difference
5	167.83	167.42	0.41
6	167.01	166.19	0.82
8	163.12	162.28	0.84

19	132.78	132.31	0.47
21	146.46	146.55	-0.09
12	125.81	125.21	0.6
13	125.85	125.05	0.8
14	18.61	17.81	0.8
16	-2.77	-2.22	-0.55
18	1.83	0.85	0.98
11	155.72	155.56	0.16
28	153.17	153.02	0.15
20	136.31	135.35	0.96
27	26.61	25.42	1.19
32	3.79	2.61	1.18
30	2.89	2.04	0.85
17	2	1.38	0.62
23	1.7	0.74	0.96
25	1.63	0.71	0.92
26	0.42	0.44	-0.02
29	1.33	0.85	0.48

ولتتعرف على مدى الترابط بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة، فإن الأشكال (15 و 16) توضح ذلك.



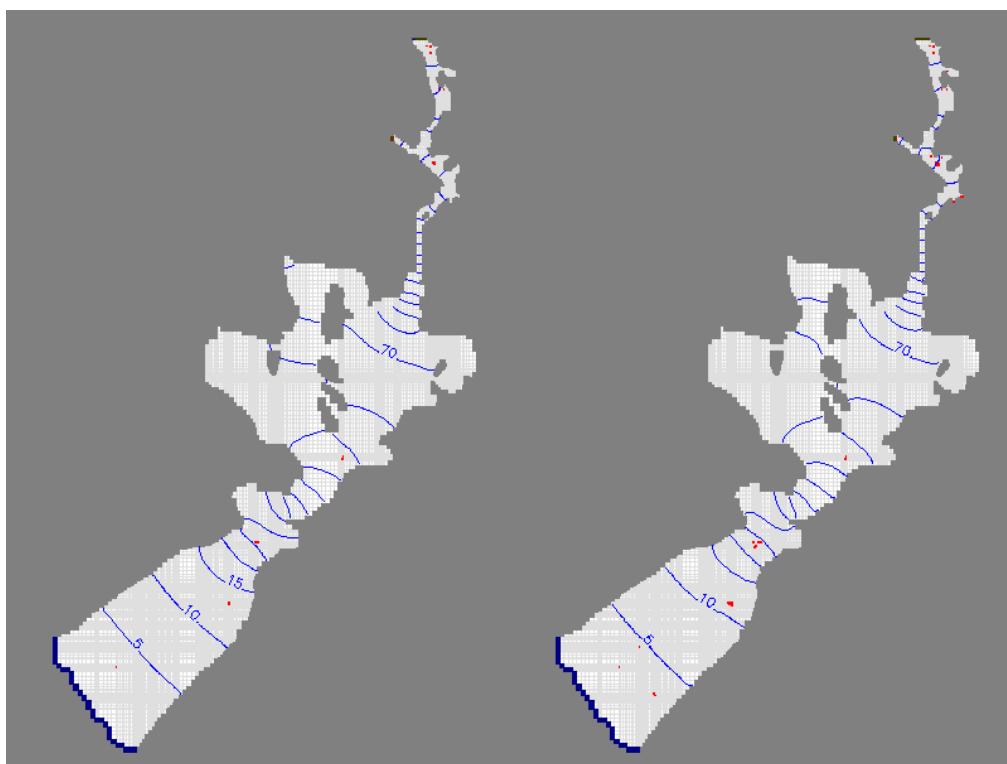
شكل-15: مقدار الترابط بين القيم المقاسة والمحسوبة لمستويات المياه الجوفية عام 2007



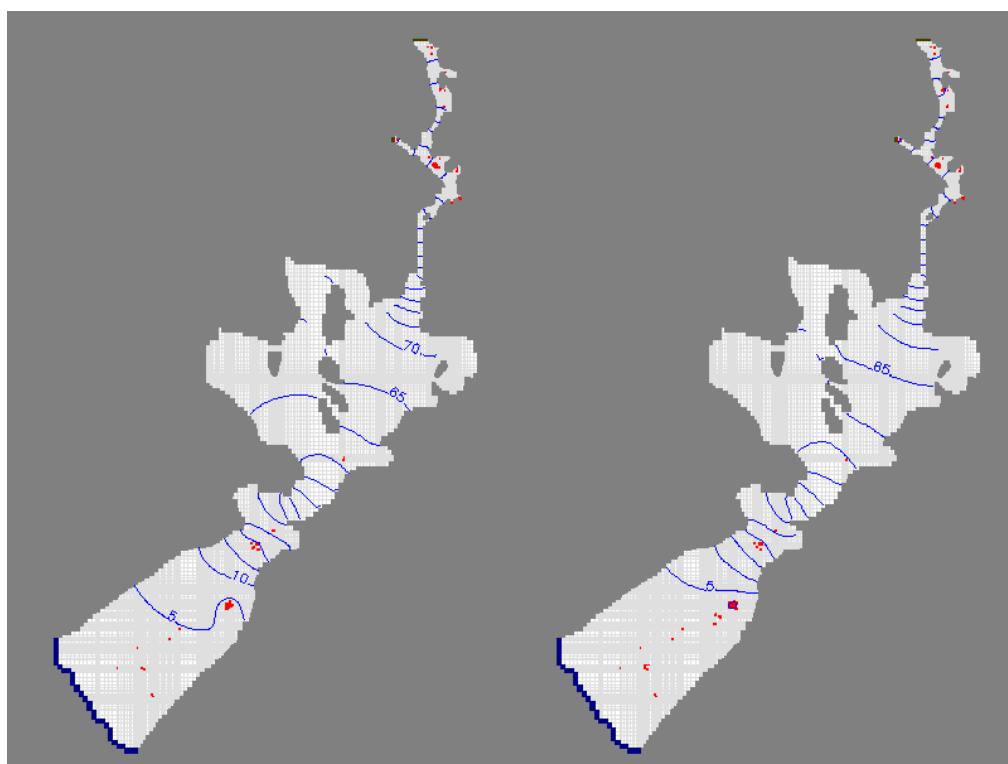
شكل-16: مقدار الترابط بين القيم المقاسة والمحسوبة لمستويات المياه الجوفية بداية عام 2014

#### 4.6. 3 مستويات المياه الجوفية للمراحل الأربع (1995، 2001، 2007، 2014)، بداية 2014

تفاوتت مستويات المياه الجوفية في الخزان الجوفي للجزء السفلي من الحوض حسب التنمية الزراعية في وادي الليث، حيث بدأ المنسوب في الانخفاض من فترة إلى أخرى في بعض الآبار. تبين الأشكال ( 17 ، 18 ، 19 و 20 ) مراحل التنمية في الخزان الجوفي والذي أنعكس سلباً على مستويات المياه الجوفية.



شكل-17: مستويات المياه الجوفية عام 1995      شكل- 18: مستويات المياه الجوفية عام 2001



شكل-20: مستويات المياه الجوفية عام 2014

شكل-19: مستويات المياه الجوفية عام 2007

خلال الأعوام 2007 إلى بداية 2014 كان هناك انخفاض في منسوب المياه الجوفية إلى ما دون الصفر من منسوب سطح البحر، وقد كان ذلك واضحاً في البئر رقم 16 مما قد يتسبب في تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية Seawater intrusion، وذلك بسبب كثرة الأنشطة الزراعية واستغلال المياه الجوفية كمصدر رزق وبيعها لأصحاب الشركات والمقاولات.

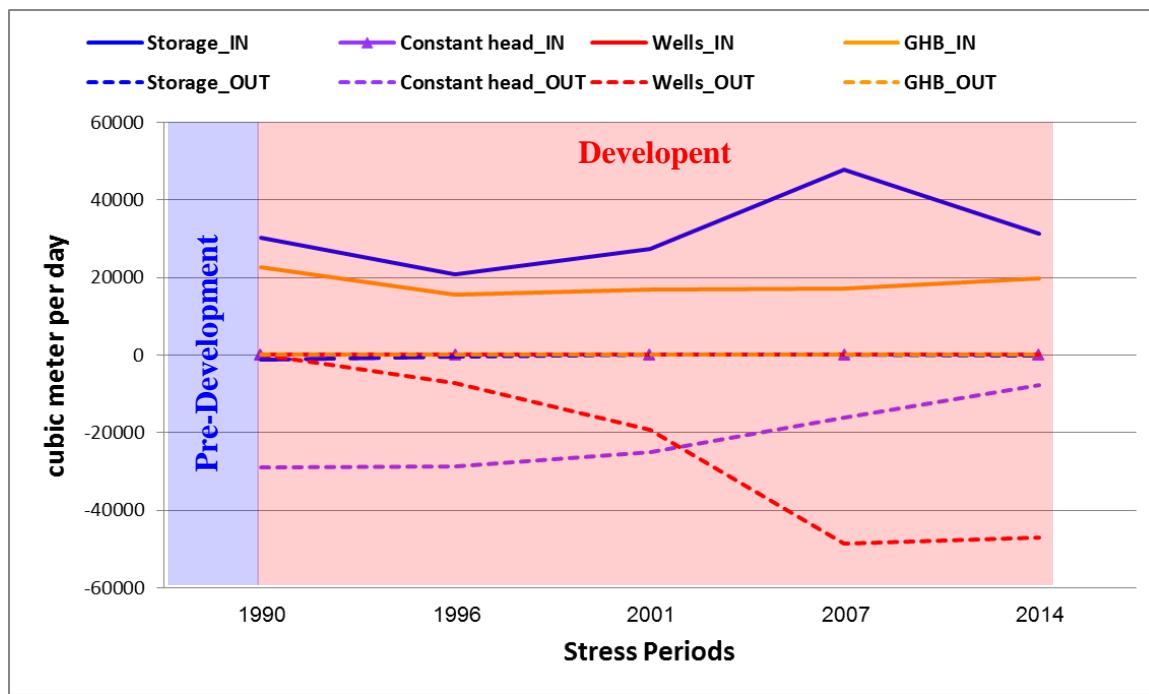
#### 4.7 الميزانية المائية في الجزء السفلي من وادي الليث

معايير النموذج بالمقارنة بين مخرجات النموذج والنظام الطبيعي في الخزان الجوفي السفلي لوادي الليث، تم حساب الميزانية المائية Water Budget لذلك الجزء كما هو موضح في الجدول (4)، وذلك للتعرف على كمية المياه الداخلة والخارجة من الخزان الجوفي السفلي خلال الأعوام من 1990 إلى بداية 2014. وقد تبين أنه لا يوجد تداخل لمياه البحر Seawater Intrusion إلى الخزان الجوفي، حيث أوضحت نتيجة الضاغط الهيدروليكي الثابت Constant head والموضوعة على حد البحر أنه لا يوجد مياه من البحر داخلة إلى الطبقة، وذلك بعد تشغيل النموذج على المرحلة الانتقالية Transient لأربع فترات زمنية (1996، 2001، 2007، 2014) (شكل-21). ربما لو كان الوضع على ما هو عليه من حيث كميات السحب بعد فترة من الزمن، لكان هناك هبوط في منسوب المياه الجوفية مما يسمح بغزو مياه البحر لطبقة المخزون الجوفي.

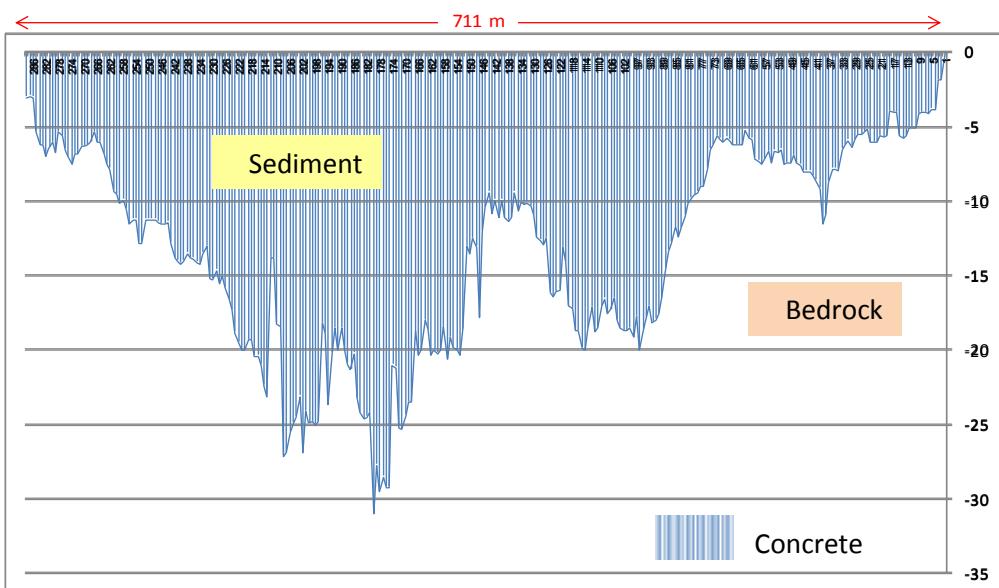
جدول-4: الميزانية المائية للجزء السفلي من وادي الليث لمرحلة انتقالية من أربع فترات

Stress Period		1996	2001	2007	2014
Storage	IN	20699.9941	27290.3828	47865.8555	31255.9414
	OUT	419.7032	0	0.002885	71.7737
Constant head	IN	0	0	0	0
	OUT	28609.084	25025.3965	16174.3701	7857.8418

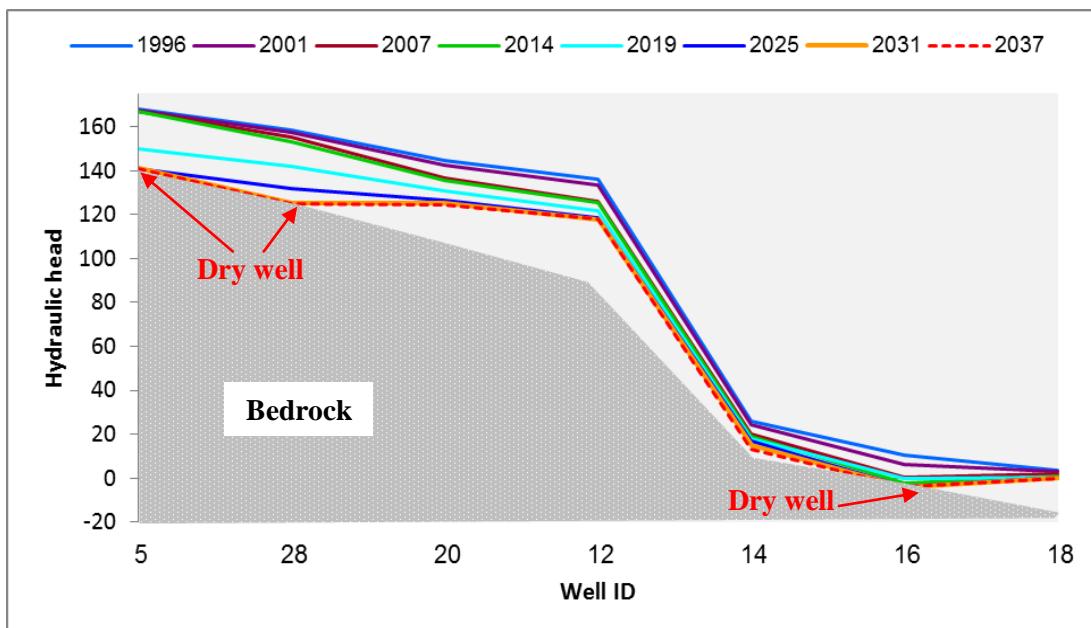
Wells	IN	0	0	0	0
	OUT	7190	19168	48713	47135
Head Dep. Bounds	IN	15518.7959	16903.0156	17021.5176	19808.6719
	OUT	0	0	0	0
Total	IN	36218.7891	44193.3984	64887.375	51064.6133
	OUT	36218.7891	44193.3984	64887.3711	51064.6172
Total (IN - OUT)		0	0	0.0039	-0.0039
Percent Discrepancy			0		



يوجد في وادي الليث سد جوفي يصل إلى صدور الفادعه نم إساعه من قبل وزارة المياه والكهرباء في أعلى الجزء السفلي من الحوض لحجز المياه الجوفية (شكل- 22)، تم حفر آبار في المنطقة الواقعة قبل السد لسحب المياه الجوفية وضخها عبر أنابيب إلى محطة الشعيبة. وهذا الإجراء قد يسبب منع لحركة المياه الجوفية وعم تمكنها من الوصول إلى الخزان الجوفي في الجزء السفلي من الحوض. لو أستمر سحب المياه الجوفية كم هو الحال في عام 2014 ومنع السد الجوفي من حركة المياه، فمن المتوقع أن يكون هناك هبوط لمنسوب المياه الجوفية في الآبار الواقعة بعد السد، وكذلك في الآبار التي يُسحب منها كميات كبيرة من المياه مثل البئر (رقم 16)، وبالتالي تكون المياه الجوفية فيها معرضة للنضوب. يوضح الشكل (23) الجفاف المتوقع للأبار بعد إنشاء السد الجوفي، حيث أن البئر رقم (5) قد يحدث له جفاف خلال الفترات الزمنية (2025، 2031، 2037)، والبئر رقم (28) قد يحدث له جفاف خلال الفترة الزمنية (2031، 2037)، وتلك الآبار قريبة من السد الجوفي. أما البئر رقم (16) والذي يتم سحب كميات كبيرة منه بالإضافة للأبار المجاورة له، فمن المتوقع إنه سيتعرض للجفاف خلال الفترة الزمنية (2019، 2025، 2031، 2037) وهي الفترات التي سيتم التنبؤ بها للتساوي مع عدد سنوات فترات تشغيل النموذج، وذلك في حال أستمر الضخ كما هو عليه الآن في عام 2014.



شكل-22: السد الجوفي في أعلى الجزء السفلي من حوض وادي الليث



شكل-23: مناسيب المياه الجوفية بعد إنشاء السد الجوفي وفي ظل بقاء السحب كما هو في 2014

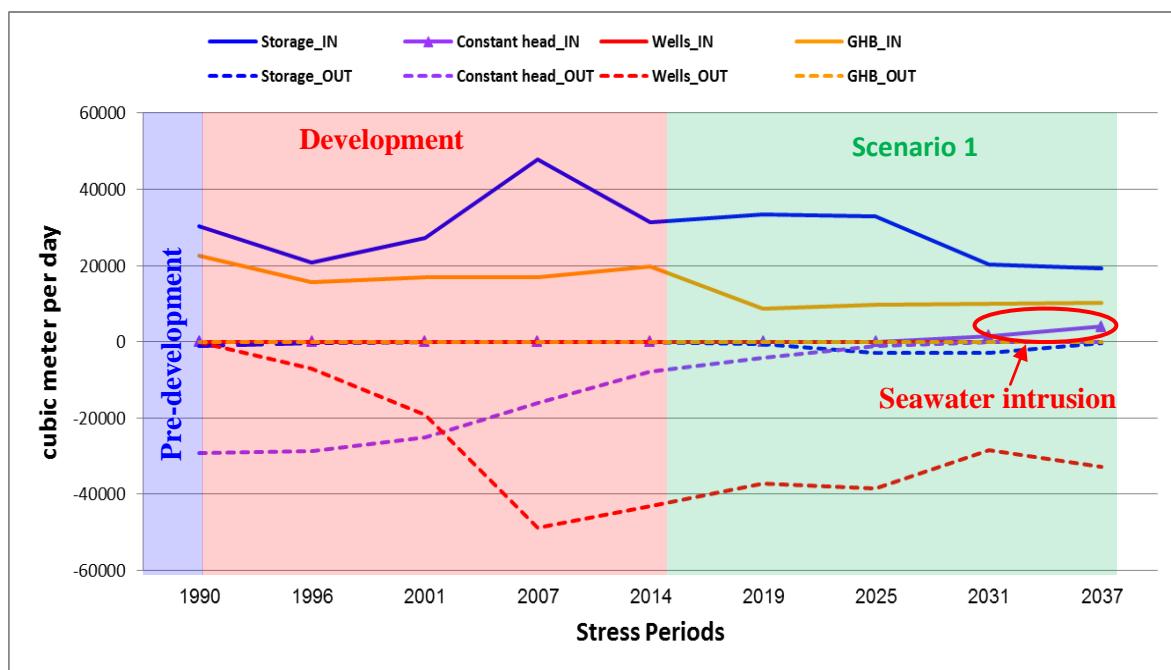
#### 4.8 السيناريوهات المستقبلية

بعد الانتهاء من المعايرة واختبار حساسية النموذج يمكن التنبؤ بسيناريوهات مستقبلية للوضع الذي قد يؤول إليه الخزان الجوفي في المستقبل، وقد تم تقسيم الفترات الزمنية المستقبلية إلى أربعة مراحل، كل مرحلة ستة سنوات من عام 2019 إلى نهاية عام 2037 (حيث تكون مجموع السنوات التي يمكن التنبؤ بها 24 سنة، وتكون متساوية لسنوات التشغيل من الفترة 1990 إلى بداية 2014). ولقد تم حصر عدد من السيناريوهات المستقبلية تمثل بعض

الإجراءات والتدخلات الإدارية المتاحة للمسئولين للمساهمة في تقليل استنزاف المياه الجوفية في وادي الليث ومقارنتها بسيناريو مريري يمثل استمرار الوضع على ما هو عليه بدون تدخل.

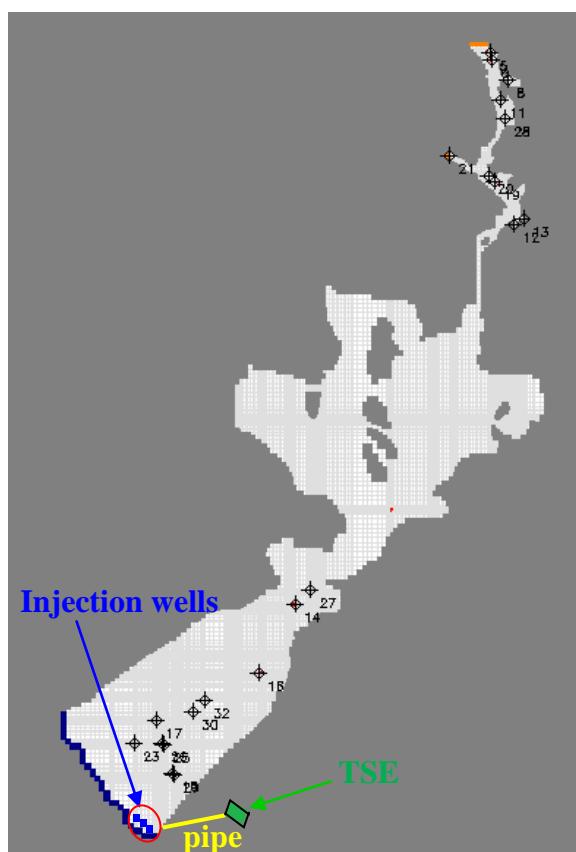
#### ٤.٨.١ السيناريو الأول: زيادة معدلات السحب نظراً لزيادة الطلب على المياه الجوفية لقطاع الزراعي

في هذا السيناريو تم الافتراض أن هناك توسيع في التنمية الزراعية نتج عنه زيادة في كميات السحب عن ما كان عليه في عام 2014 بنسبة 20% (الزيادة في كميات السحب من عام 2001 إلى عام 2007 بلغت حوالي 38%) ومن عام 2007 إلى عام 2014 تقريراً نفس الكمية، وتم الافتراض أن هناك زيادة في معدلات السحب بزيادة 20% عن ما كانت عليه في عام 2014، وتكون الزيادة تراكمية لكل الفترات (2019، 2025، 2031، 2037) وصولاً إلى نهاية الفترة في (2037). أظهرت الميزانية المائية (شكل-24)، أن هناك غزو لمياه البحر المالحة إلى طبقة المياه الجوفية في العام 2031 بكمية تقدر بـ  $1477 \text{ m}^3/\text{اليوم}$  وكذلك في العام 2037 بكمية تقدر بـ  $3899 \text{ m}^3/\text{اليوم}$ ، وهذا يؤدي إلى تدهور في نوعية المياه الجوفية في الخزان الجوفي وتتصبح غير صالحة للاستخدامات المختلفة.



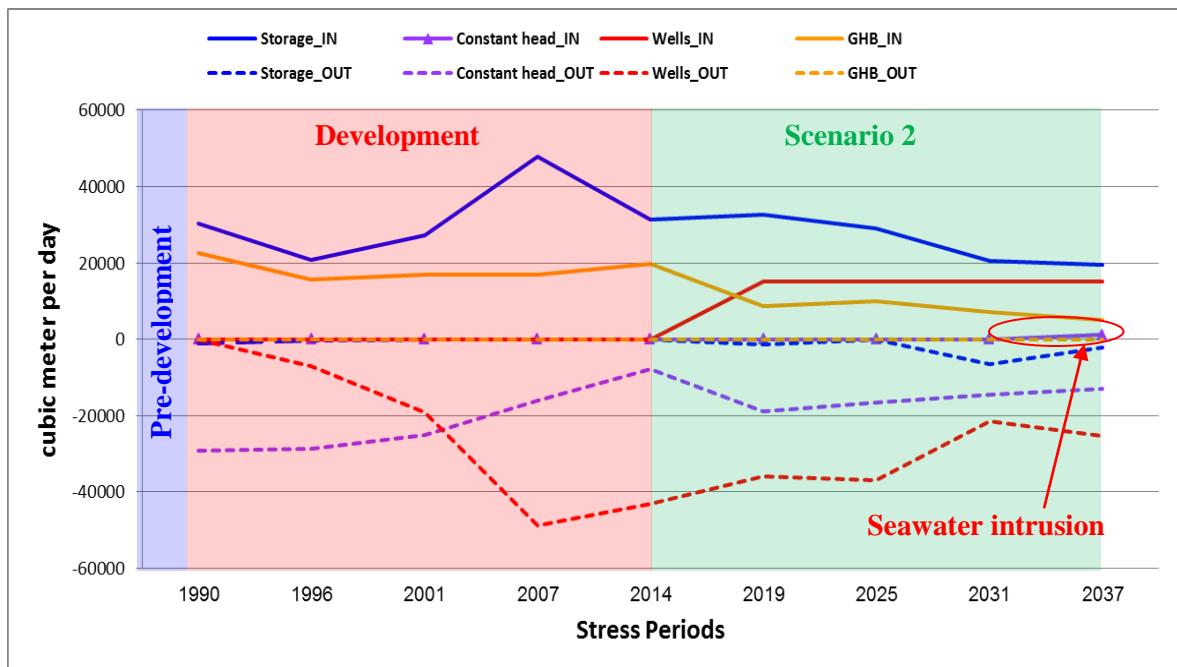
#### ٤.٨.٢ السيناريو الثاني: حفن المياه المعالجة بالقرب من البحر لصد عزو مياه البحر لطبقة المياه الجوفية

في نهاية العام 2017، سوف يكتمل بناء محطة المعالجة الثلاثية في مدينة الليث حسب المعلومات الواردة من وزارة المياه والكهرباء. في هذا السيناريو تم افتراض حفن المياه المعالجة والمقدرة بـ  $15000 \text{ m}^3/\text{اليوم}$  في نهاية الحوض بالقرب من البحر، وذلك لمنع غزو مياه البحر لطبقة المياه الجوفية (شكل-25).



شكل-25: موقع محطة المعالجة وآبار الحقن المقترحة

وقد أوضحت نتائج الميزانية المائية في السيناريو الثاني (شكل-26)، أن مياه البحر المغتسلة لطبقة المياه الجوفية قد تختفي عن ما كانت عليه في السيناريو الأول، حيث المتوقع أن تكون كمية مياه البحر المغتسلة لطبقة في عام 2031 ( $0.01 \text{ m}^3/\text{اليوم}$ ) وهي كمية ضئيلة جداً، وفي العام 2037 من المتوقع أن تكون كمية المياه الداخلة  $1070 \text{ m}^3/\text{اليوم}$ . أي أن كمية مياه البحر الداخلة قد انخفضت عن ما كانت عليه في السيناريو الأول والذي تم بدون إجراء عملية حقن المياه المعالجة بنسبة 99% في العام 2031 ونسبة 72% في العام 2037. وبما أن هناك نمو في عدد السكان في وادي الليث بمعدل 3% فمن المرجح أن وزارة المياه والكهرباء سوف تزيد من سعة محطة المعالجة، وبالتالي تزيد كمية المياه المعالجة التي يتم حقنها بالقرب من البحر لمنع أو تقليل كمية مياه البحر التي تغزو الطبقة الجوفية.



تجدر الإشارة إلى أن هناك معايير يجب الأخذ بها عند تنفيذ عمليات الحفن، حيث يجب عمل برنامج مراقبة لنوعية المياه المعالجة التي سيتم حقنها عن طريق مراقبين من وزارة المياه والكهرباء، وذلك بأخذ عينات من المياه المعالجة ثلاثةً وتحليلها لمعرفة قيم العناصر المختلفة. يوضح الجدول (5) أقصى مستويات التلوث لمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثةً<sup>11</sup>. كما أن الجدول (6)، يوضح معايير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأغراض الزراعية للري المقيد وغير المقيد<sup>12</sup>.

جدول-5: أقصى مستويات التلوث لمياه الصرف الصحي المعالجة ثلاثةً<sup>13</sup>

أقصى مستويات التلوث (ملجم/لتر)	الخواص	
خالية	الخواص الطبيعية	المواد الطافية
(أ) 10		المواد الصلبة العالقة TSS
8.4 – 6		الأس الهيدروجيني pH
(أ) 10	الخواص الكيميائية العضوية	الأكسجين الحيوي المستهلك BOD <sub>5</sub>
لا يوجد		الزيوت والشحوم Oil & Grease
0.002		فينول Phenol
2.2 (ب) (عدد/100 مل)	الخواص الجرثومية	عدد عصيات القولون البرازية
1 بيضة حية (عدد/لتر)		عدد بويضات الديدان المعيشية
10	خواص المركبات الكيميائية	النترات N-NO <sub>3</sub>
5		الأمونيا N-NH <sub>3</sub>
5		الألومنيوم Al
0.1	الخواص الكيميائية	الزرنيخ As
0.1		البريليوم Be
0.75		البورون B
0.01		الكادميوم Cd
(+) 0.5		الكلورين الحر Cl <sub>2</sub>
0.1		الكروم Cr

<sup>11</sup> وزارة المياه والكهرباء، 1422 هـ

<sup>12</sup> وزارة المياه والكهرباء، 1422 هـ

<sup>13</sup> وزارة المياه والكهرباء، 1422 هـ

0.05	الكوبالت Co
0.4	النحاس Cu
1	الفلوريد F
5	الحديد Fe
0.1	الرصاص Pb
2.5	اللithيوم Li
0.2	المanganese Mn
0.001	الزئبق Hg
0.01	الموليبدينوم Mo
0.2	النيكل Ni
0.02	السيلينيوم Se
0.1	الفانديوم V
4	الزنك Zn

(أ-1) المعدل الشهري لكل من TSS , BOD<sub>5</sub> لا يزيد عن 10 ملجم/لتر.

(أ-2) المعدل الأسبوعي لكل من TSS , BOD<sub>5</sub> لا يزيد عن 15 ملجم/لتر.

(ب) تعتبر مياه الصرف الصحي المعالجة مطهرة بدرجة غير معدية وكافية لاستخدامها في الري غير المقيد إذا لم يزد الرقم الأعلى المحتمل MPN لعصيات القولون البرازية عن 2.2 عدد لكل 100 ملتر (أو ما يكافئها من طرق القياس الأخرى) وفقاً لما تحدده نتائج الاختبار الجرثومي خلال أسبوع كما لا تزيد عن 23 لكل 100 ملتر في أي عينة (أو ما يكافئها من طرق القياس الأخرى).

(+) لا يقل عن 0.2 ملجم/لتر في حالة استخدام الكلور في التطهير.

جدول-6: معايير استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الأغراض الزراعية للري المقيد وغير المقيد<sup>14</sup>

الحد الأقصى المسموح به		الخواص
للري غير المقيد	للري المقيد	
2500 جزء في المليون	2500 جزء في المليون	التركيز الكلي للأملاح الذائبة TDS
لا يوجد	1 بويضة حية (عدد/لتر)	عدد البويلضات الحية للديدان المعوية

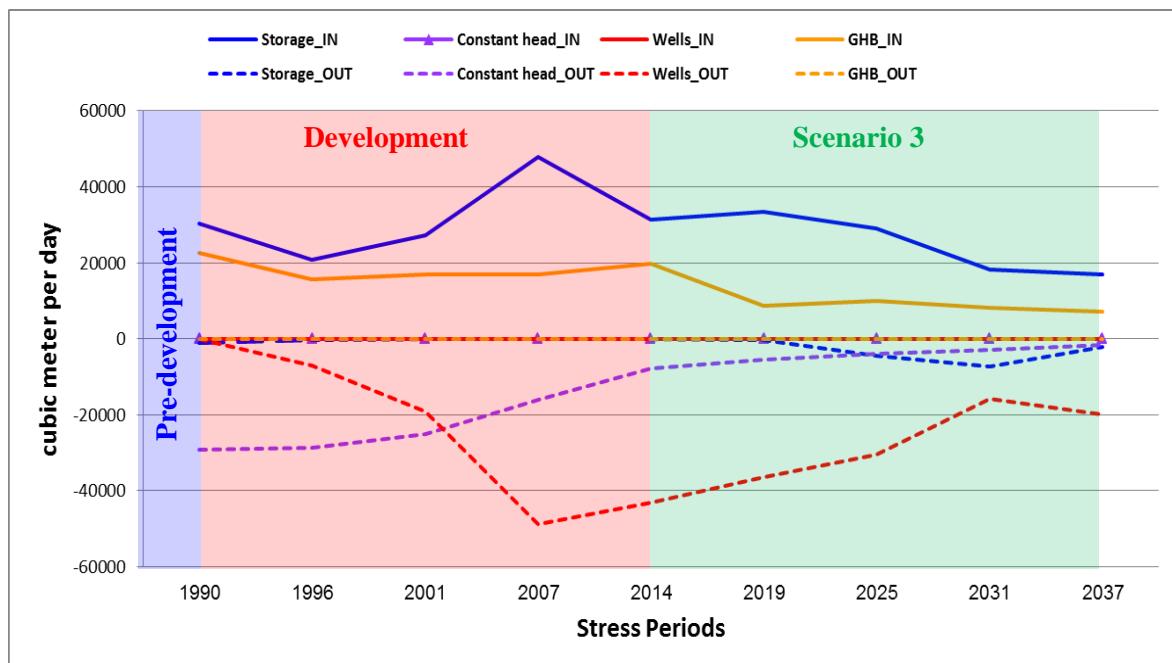
#### 4. 8. 3 السيناريو الثالث: استخدام المياه المعالجة في الري لتخفيض كمية السحب من الآبار القريبة من محطة المعالجة وفق معدلات السحب في السيناريو الأول

في هذا السيناريو، تم افتراض أن مياه الصرف الصحي المعالجة والمقدرة بـ 15 ألف م<sup>3</sup>/اليوم، يتم استخدامها في القطاع الزراعي بدليلاً للمياه الجوفية التي سيتم تخفيضها في المزارع التي بالقرب من محطة المعالجة، وبالتالي يتم توفير هذه الكمية من المياه الجوفية من آبار تلك المزارع، وأن كمية السحب مماثلة للسيناريو الأول (أي أن هناك زيادة في معدلات السحب نتيجة للتوسيع الزراعي). يوضح الجدول (7) انخفاض كمية السحب بعد الاستفادة من المياه المعالجة والمقدرة بـ 15 ألف م<sup>3</sup>/اليوم. ويتوقع أن لا يكون هناك غزو من مياه البحر إلى طبقة المياه الجوفية حسب الميزانية المائية للسيناريو الثالث (شكل-27)، حيث أن كمية المياه المعالجة التي تم الاستفادة منها ساهمت في تخفيض كمية السحب من المياه الجوفية.

جدول-7: تخفيض كمية السحب بعد الاستفادة من المياه المعالجة في القطاع الزراعي للأبار القريبة من محطة المعالجة

كمية السحب بعد الاستفادة من مياه المعالجة (م <sup>3</sup> /اليوم)	المياه المعالجة (م <sup>3</sup> /اليوم)	نسبة تخفيض كمية السحب (%)	السنة	كمية السحب حسب السيناريو الأول (م <sup>3</sup> /اليوم)
11644.1	15000	56	2019	26644.1
16706.4	15000	47	2025	31706.4
22730.7	15000	39.7	2031	37730.7
29899.54	15000	33.4	2037	44899.54

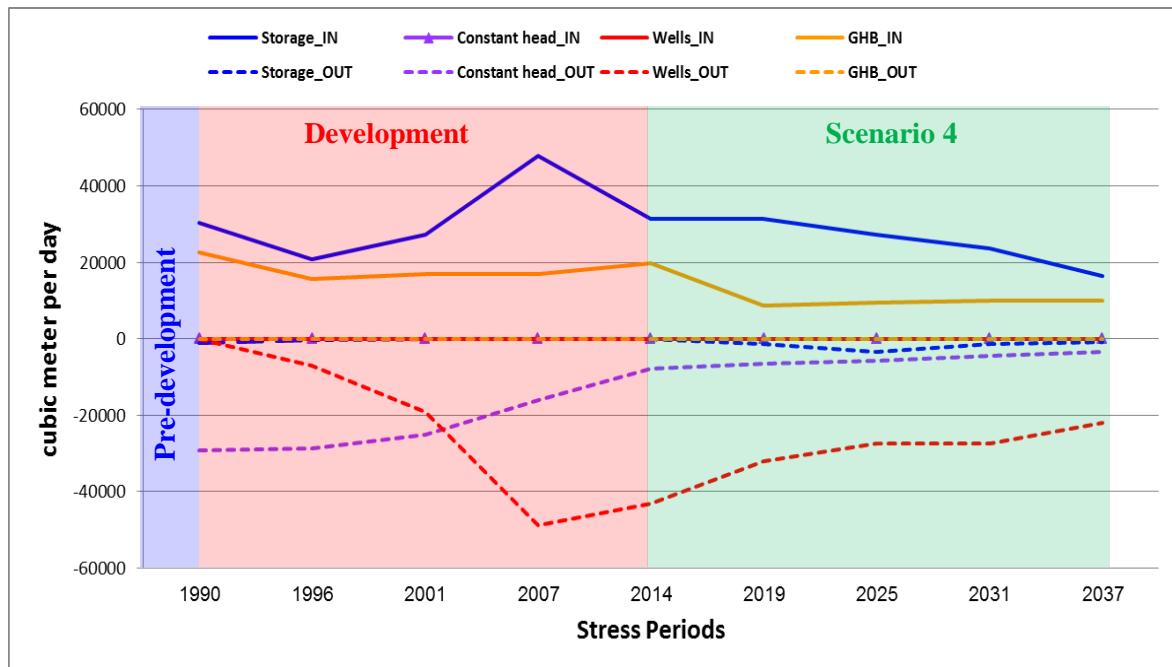
<sup>14</sup> وزارة المياه والكهرباء، 1422 هـ



شكل-27: الميزانية المائية للسيناريو الثالث

#### 4.8. السيناريو الرابع: استخدام المياه المعالجة في الري لتخفيض كمية السحب من الآبار القريبة من محطة المعالجة وفق معدلات السحب للعام 2014

في هذا السيناريو، تم افتراض أن المياه المعالجة والمقدرة بـ 15 ألف م<sup>3</sup>/اليوم يتم الاستفادة منها في القطاع الزراعي ومكملة للمياه الجوفية التي سيتم تخفيضها في المزارع التي بالقرب من محطة المعالجة، وبالتالي يتم توفير 15 ألف م<sup>3</sup>/اليوم من المياه الجوفية من آبار تلك المزارع. وأن كمية السحب انخفضت عن ما كانت عليه في العام 2014، حيث أن كمية السحب من المياه الجوفية للأبار القريبة من محطة المعالجة كانت حوالي 22390 م<sup>3</sup>/اليوم في العام 2014 وتم تخفيض ما نسبته 67% إلى أن وصلت حوالي 7388 م<sup>3</sup>/اليوم في الفترات (2019، 2025، 2031، 2037) بعد الاستفادة من المياه المعالجة. ويتوقع أن لا يكون هناك غزو لمياه البحر إلى طبقة المياه الجوفية حسب الميزانية المائية للسيناريو الرابع (شكل-28).

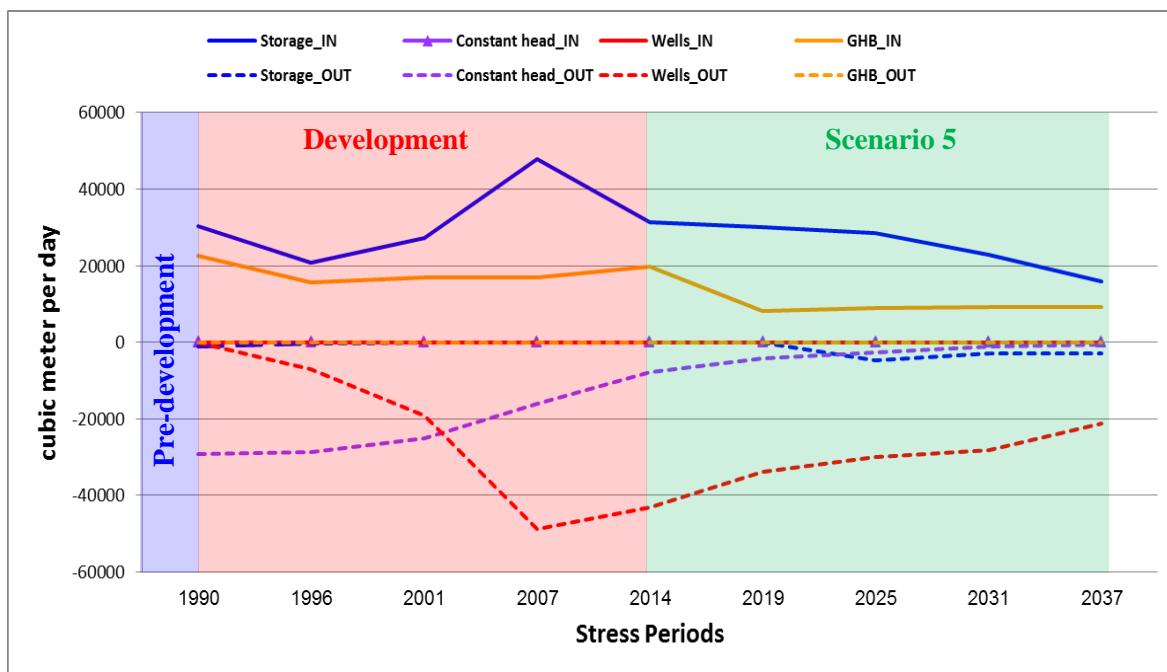


شكل-28: الميزانية المائية للسيناريو الرابع

بل على العكس كان هناك ارتفاع لمناسيب المياه الجوفية في تلك الآبار القريبة من محطة المعالجة مما يساعد المزارعين في ممارسة أنشطتهم الزراعية دون الضغط على المياه الجوفية بشرط أن تراقب نوعية المياه الجوفية ومعرفة مدى ملائمتها للزراعة بعد حقن مياه الصرف الصحي المعالجة.

#### 4.8.5 السيناريو الخامس: رفع كفاءة الري باستخدام طرق الري الحديثة

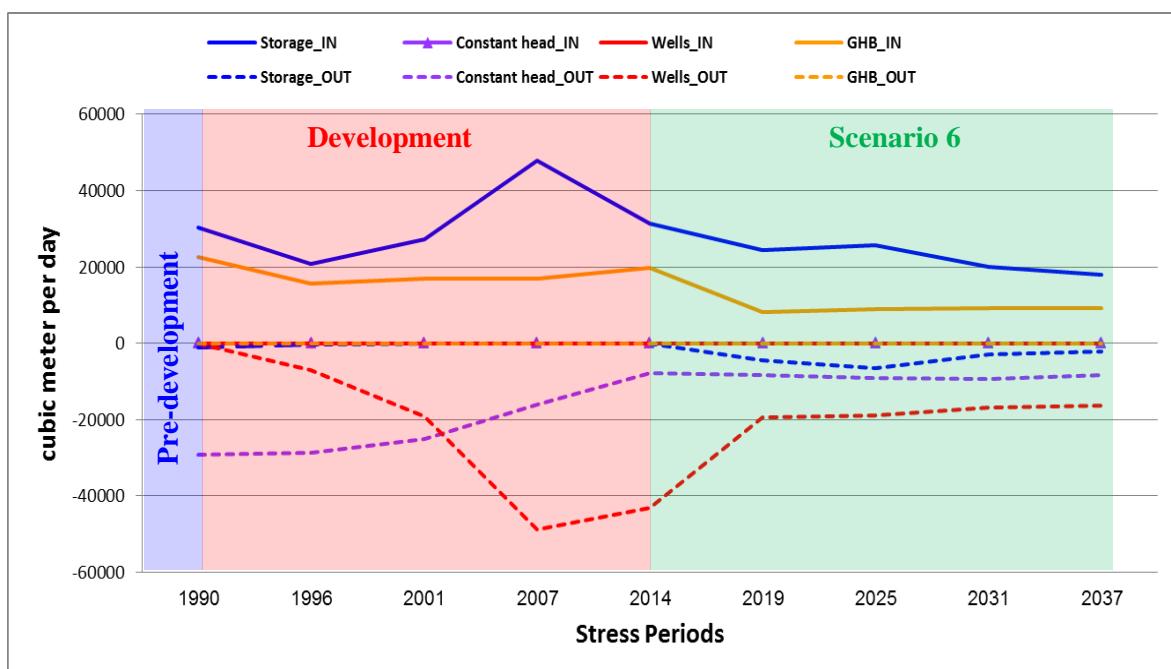
معظم المزارع في وادي الليث تستخدم الطريقة التقليدية في الري وهي الري بالغمر Flood irrigation مما يقلل من كفاءة الري Irrigation efficiency والتي في الغالب تقدر بـ 30 - 40%， يوجد بعض المزارع التي تستخدم طريقة الري بالتنقيط Drip irrigation والتي تعتبر طريقة رى حديثة. لا توجد دراسات تحدد نسبة المزارع التي تروى بالغمر أو بالتنقيط في وادي الليث، كما لا يوجد دراسات تحدد كفاءة الري بدقة في الوادي، ولكن هناك توجه من قبل المزارعين وبتشجيع من وزارة الزراعة على استخدام الري بالتنقيط. لذا، تم الافتراض في هذا السيناريو أن كفاءة الري زادت في وادي الليث وارتقت إلى حوالي 60% نتيجة إلى استخدام طرق الري الحديثة، وبالتالي انخفضت كمية سحب المياه الجوفية بنسبة 20%， حيث كانت كمية سحب المياه الجوفية في عام 2014 حوالي 22390 م<sup>3</sup>/اليوم وأصبحت حوالي 17912 م<sup>3</sup>/اليوم في الفترات الزمنية (2019، 2025، 2031، 2037) نتيجة رفع كفاءة الري. يوضح الشكل (29)، الميزانية المائية للسيناريو الخامس في وادي الليث، حيث لا يتوقع وجود غزو لمياه البحر لطبقة المياه الجوفية إلى عام 2037، كما أن المياه الجوفية التي تتدفق إلى البحر بدأت تقل إلى أن وصلت إلى حوالي 594 م<sup>3</sup>/اليوم في نهاية الفترة التشغيلية (2037). ولكن هذا الانخفاض في كمية المياه الجوفية المتدايرة إلى البحر بسبب انخفاض مناسيب المياه الجوفية، قد يؤدي إلى غزو مياه البحر للطبقة الحاملة للمياه الجوفية فيما بعد عام 2037.



شكل-29: الميزانية المائية للسيناريو الخامس

#### ٤. ٨. ٦ السيناريو السادس: رفع كفاءة الري واستخدام المياه المعالجة لري المزارع القريبة من محطة المعالجة مع معدلات سحب مماثلة لعام 2014

هذا السيناريو الأخير، وتم افتراض أن كفاءة الري ارتفعت إلى حوالي 60% نتيجة استخدام طرق الري الحديثة وبالتالي تم خفض حوالي 20% من كمية المياه الجوفية المسحوبة عن ما كانت عليه في العام 2014. علاوة على ذلك، سيتم الاستفادة من المياه المعالجة في القطاع الزراعي وتكون مكملة للمياه الجوفية التي سيتم تخفيضها في المزارع القريبة من محطة المعالجة، وبالتالي يتم توفير 15 ألف م<sup>3</sup>/اليوم من المياه الجوفية من آبار تلك المزارع. وكانت محصلة هذا السيناريو (والذي يمثل السيناريو الرابع مع السيناريو الخامس)، أن كمية السحب انخفضت عن ما كانت عليه في العام 2014، حيث أن كمية السحب من المياه الجوفية للأبار القريبة من محطة المعالجة حوالي 22390 م<sup>3</sup>/اليوم في عام 2014 وتم تخفيض ما نسبته 84% إلى أن وصلت حوالي 2912 م<sup>3</sup>/اليوم في الفترات (2019، 2025، 2031، 2037). يوضح الشكل (30) الميزانية المائية للسيناريو السادس، حيث يتضح انخفاض كمية السحب مما أدى إلى ارتفاع مناسب المياه الجوفية خاصة في الثلث الأخير من الجزء السفلي للحوض نتيجة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وتخفيض كمية السحب. كما يتوقع أن لا يكون هناك غزو لمياه البحر إلى طبقة المياه الجوفية، بل أن هناك كميات من المياه الجوفية المتدفقة إلى البحر والذي يعني أن الطبقة قد تشبعت بالمياه نتيجة خفض كمية السحب والاستفادة من المياه المعالجة في الري.



شكل-30: الميزانية المائية للسيناريو السادس

#### 4. 9 تحليل السيناريوهات

أصبح من الممكن معرفة المسار الذي قد يسلكه الخزان الجوفي بعد اقتراح السيناريوهات الستة، فأما استمرار التنمية وعدم إجهاد المخزون الجوفي أو النضوب وخسارة المياه الجوفية ووقف عجلة التنمية. ويمكن ترتيب السيناريوهات المقترحة حسب النتائج والتي تساعده في استدامة استثمار المخزون الجوفي، كالتالي:

1. السيناريو السادس: رفع كفاءة الري واستخدام المياه المعالجة لري المزارع القريبة من محطة المعالجة مع معدلات سحب مماثلة لعام 2014
2. السيناريو الخامس: رفع كفاءة الري باستخدام طرق الري الحديثة.
3. السيناريو الرابع: استخدام المياه المعالجة في الزراعة لتخفيض كمية السحب من الآبار القريبة من محطة المعالجة وفق معدلات السحب في عام 2014
4. السيناريو الثاني: حقن المياه المعالجة بالقرب من البحر لصد غزو مياه البحر لطبقة المياه الجوفية.

#### الاستنتاجات والتوصيات

#### الاستنتاجات

من خلال هذه الدراسة، تم الوصول إلى أبرز الاستنتاجات في ما يتعلق بالجانب الإداري والفني لمستويات إدارة المياه الجوفية في وادي الليث، وكذلك في ما يتعلق بالجانب الهيدروجيولوجي.

فيما يتعلق بالجانب الإداري والفني لمستويات إدارة المياه الجوفية في وادي الليث، تبين أن هناك قصور عام في تطبيق الأدوات الفنية والوسائل المؤسسية والإجراءات الإدارية في وادي الليث، حيث يتم تطبيقها في أدنى مستوياتها، وفي بعض الأحيان تكون شبه معهودة مثل المشاركة الجماهيرية. بالإضافة لذلك، فإن التشريعات المائية غير فعالة بالشكل المطلوب، وهي بحاجة إلى تنفيذ جميع موادها المذكورة، وبمتانة دقيقة من قبل وزارة المياه والكهرباء، مع إضافة مادة لمراقبة المياه الجوفية. أما بالنسبة لحقوق استخدام المياه الجوفية فنجد أن هذه الحقوق تقليدية، بمعنى أن من لديه صك ملكية لمزرعته أو أرضه له الحق في سحب المياه الجوفية واستخدامها فيما أراد. والمياه الجوفية ليس لها قيمة اقتصادية في وادي الليث وتعتبر مجانية الاستعمال وكذلك الحال في بقية الأحواض المائية في المملكة. كما تبين أنه لا يوجد مناطق حماية للمياه الجوفية في وادي الليث مما يسبب تلوثها واستنزافها، ولا يوجد برنامج مراقبة دورية ومستمرة للمستويات المائية والنوعية للمياه الجوفية في وادي الليث.

أما فيما يتعلق بالجانب الهيدروجيولوجي، يوجد تباين في معدلات السحب للمياه الجوفية ل كامل الحوض، حيث تزيد معدلات السحب بشكل كبير في الجزء السفلي من الحوض مع اختلاف وتتنوع الغرض من عمليات السحب، منها ما هو للزراعة ومنها ما هو لبيع المياه للشركات. ومما زاد الأمر سوءاً، الري المفرط من قبل العمالة الأجنبية وري المزارع بطريقة الري التقليدي (الري بالغمر) لمعظم المزارع في الوادي باستثناء بعض المزارع الفليلة التي تستخدم طرق الري الحديث. هناك انخفاض في بعض مناسبات المياه الجوفية في الجزء السفلي من الحوض إلى ما تحت منسوب البحر، مما قد يؤدي إلى اقتحام مياه البحر للمياه الجوفية Seawater intrusion مسبباً تلوثاً بالأملاح مما ينتج عنه عدم الاستفادة من تلك المياه الجوفية مستقبلاً. أن عدم وجود تقييم حديث وشامل لموارد المياه الجوفية في وادي الليث يصف ويقدر بدقة الموازنة المائية، ينتج عنه انخفاض في مستويات المياه الجوفية. ولقد أوضح النموذج الرياضي أنه عند حقن المياه المعالجة ثلاثة في الطبقة الحاملة للمياه الجوفية بالقرب من منطقة الجفاف التي تكونت نتيجة سحب المياه الجوفية، فإن منسوب المياه الجوفية في تلك المنطقة قد أرتفع مما يساعد المزارعين في ممارسة أنشطتهم الاقتصادية.

## التوصيات

بناء على الاستنتاجات، تم التوصل إلى عدد من التوصيات المساعدة لرفع مستوى إدارة المياه الجوفية في وادي الليث والمحافظة على المخزون الجوفي، من أهمها:

- يتطلب الوضع الحالي لمستويات إدارة المياه الجوفية المتدنية في وادي الليث إجراءات وتدخلات إدارية عديدة رفيعة المستوى على المستويات الفنية والمؤسسية والإدارية، ومن أهمها وضع هيكل تنظيمي مع التركيز على إدارة الطلب والحماية من التلوث، وتحديد موقع التغذية الصناعية سواء من مياه السيول أو المياه المعالجة.
- يجب تحديث التشريعات المتعلقة بحقوق المياه واعتبار أن المياه ملكية عامة، وتركيب أجهزة لقياس كمية المياه المنتجة تمهدًا لوضع تعرفة مناسبة، ويمكن التدرج في هذا بحيث تكون رمزية في بادئ الأمر لإعطاء المستهلك الشعور بالقيمة الاقتصادية لها.
- لتحقيق إدارة فعالة للمياه الجوفية لابد من إصدار قانون يستوجب المشاركة الجماهيرية، وإشراك المنتفعين في إدارة الخزان الجوفي ليشعروا عظم المسؤولية.
- يجب على وزارة المياه والكهرباء تقييم قابلية تعرض الخزان الجوفي للتلوث، وإنشاء وتحديد مناطق حماية للمياه الجوفية.
- من أجل حماية أفضل للمياه الجوفية من الاستنزاف والتلوث ينبغي تحديد قيمة اقتصادية لها، أي وضع تعرفة، وإن كانت رمزية، ويستوجب ذلك وضع عدادات لمياه الآبار.

- يتطلب من الجهة المعنية بقطاع المياه في وادي الليث أن تصمم برنامجاً للمراقبة كأحد الأدوات الفنية في إدارة المياه الجوفية، وذلك للكشف عن التغيرات العامة في جريان المياه الجوفية واتجاهاتها ونوعيتها، وتقييم وضبط تأثير بعض المخاطر على المياه الجوفية.
- يجب استخدام تقنيات حصاد الأمطار واستغلال مياه الجريان السطحي لتغذية المخزون الجوفي بطرق فنية تتناسب مع طبيعة المنطقة.
- توعية المزارعين الذين يتبعون طريقة الري التقليدية، بتطمين القوات المائية منعاً للتسرب والتبخّر، وتشجيعهم على استخدام طرق الري الحديثة لتجنب الخزان الجوفي مشكلة النضوب خاصة في الجزء السفلي من الحوض وبعد إقامة السد الجوفي.
- بناء القدرات وتدعيم المؤسسات في مجال المياه.
- بناء قواعد بيانات خاصة بالموارد المائية، وتحديث البيانات بشكل دوري ومستمر.
- الاستفادة من المياه المعالجة ثلاثة والتي من المتوقع أن تنتج في نهاية العام 2017 لري المزارع القريبة من محطة المعالجة بعد توعية المزارعين وتشجيعهم على استخدامها، أو استخدامها من قبل البلدية لري أشجار الحدائق والشوارع عوضاً عن استخدام المياه الجوفية.

**المراجع:**

- الخطيب، عبدالباسط (1980)، سبع سنابيل خضر، المملكة العربية السعودية، وزارة الزراعة والمياه، ترجمة مؤسسة الشرق الأوسط للتحرير والترجمة – بيروت – لبنان.
- الإسكوا (2002) لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا ، مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة " الإدارة المتكاملة للموارد المائية" ، جوهانسبرغ، 26 آب/أغسطس – 4 أيلول/سبتمبر 2002.
- أكساد وهيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2010)، تقرير فني عن دراسة التصحر في المنطقة الجنوبية الغربية.
- اليونسكو (2010) منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة، الديناميات المتكاملة لمستجمعات المياه وطبقات المياه الجوفية.
- وزارة الاقتصاد والتخطيط (2010)، مصلحة الإحصاءات العامة والمعلومات، التعداد السكاني.
- وزارة المياه والكهرباء (1422)، اللائحة التنفيذية لنظام مياه الصرف الصحي المعالجة وإعادة استخدامها.
- زباري، وليد خليل (2005)، تطبيقات نمذجة المحاكاة الرياضية في تنمية وإدارة موارد المياه الجوفية. مجلة التقدم العلمي، 49: 76 - 84
- Ministry of Water and Electricity (MOWE) (2012), Annual Report.
- SAUDI ARABIAN DAMES & MOORE (1988), Representative Basins Study for wadies: Yiba, Habawnah, Tabalah, Liyyah and Lith, Main Report.

## قياس تدهور الغطاء النباتي الطبيعي وأثره على ارتفاع درجات الحرارة بمنطقة سهل بنغازى

### باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د/ مختار عشري عبد السلام محمد (محاضر)

د/ أحمد محمد جعودة (محاضر)

جامعة بنغازى - كلية التربية

جامعة عمر المختار - كلية التربية

#### الملخص :

يهدف هذا البحث إلى دراسة تدهور الغطاء النباتي الطبيعي وأثره على ارتفاع درجات

الحرارة بمنطقة سهل بنغازى ؛ حيث تم الاعتماد على تحليل صورتين فضائيتين من القمر لاندستس تم

التقطهما في فترتين مختلفتين هما ( 1986 - 2013 ) بهدف تحديد حجم التدهور التي تعرضت له

الغطاء النباتية الطبيعية بمنطقة الدراسة ومعرفة اتجاهاته ، ومدى تأثير ذلك على زيادة معدلات

الحرارة ، أيضاً تم أخذ عينة مكونة من ( 120 موقع ) موزعة على ثلاثة نطاقات

(النطاق الساحلي ، النطاق الأوسط ، والنطاق الجنوبي) حيث تم استخلاص بيانات مؤشر الغطاء النباتي

والحرارة لكل موقع واستخدام معامل الارتباط للتعرف على العلاقات بين هذه المتغيرات لكل نطاق

على حدة . هذا و توصلت الدراسة إلى بعض النتائج أهمها ، حدوث زيادة كبيرة في مساحة الأراضي

التي تتصرف بغضائها النباتي الضعيف جداً في عام ( 2013 ) على حساب الأراضي التي كانت تتميز

بغطاء نباتي ضعيف أو متوسط في عام ( 1986 ) ، كما تبين من خلال تحليل الصور الفضائية أن

الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية أكثر المناطق تعرضاً للتدهور الغطاء النباتي الطبيعي ، كما تبين

من خلال المرئيات الفضائية أن هناك زيادة كبيرة في درجات الحرارة خاصة في جنوب منطقة

الدراسة .

أما بالنسبة للتحليلات الإحصائية فقد تبين وجود علاقة موجبة ( 0.448° ) بين الغطاء النباتي

ودرجات الحرارة بالنطاق الساحلي عام ( 1986 ) مما يبين مدى تأثير المنطقة القريبة من البحر ، بينما

تغيرت العلاقة في عام ( 2013 ) لتصبح علاقة ضعيفة سالبة بواقع ( -0.021 ) ، فيما يخص النطاق

الأوسط تبين أن العلاقة أخذت نفس الاتجاه حيث كانت سالبة ، وأخذت تقريراً نفس الحدة في كلتا

\* دات دلالة إحصائية عند مستوى 0.05

الفترتين بحوالي (-0.161) عام 1986 و (-0.163) في عام 2013 مما يؤكد تأثير المنطقة بالترابع

الحاصل في الغطاء النباتي ، أما النطاق الجنوبي فقد أظهرت الدراسة أن العلاقة بين الغطاء النباتي

ودرجات الحرارة سلبية بمعدل ارتباط (-0.597°) حيث كان دور الغطاء النباتي واضحاً

في انخفاض درجة الحرارة بينما كانت العلاقة ضعيفة و ليست ذات دلالة إحصائية عام 2013.

## ABSTRACT

This research aims to study the degradation of natural vegetation and its impact on land surface temperatures in plain of Benghazi, Libya. Images acquired in two different years (1986-2013) from Global Digital Elevation Model (DEM), Landsat 8 OLI, and Landsat 5 Thematic Mapper (TM 5) were used as main data sources in order to determine the current situation of vegetation and its impact on increasing the rates of temperature in study area.

120 sample points were randomly selected from three regions that cover the whole study area. The correlation was calculated to investigate the relationship between the three variables of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature, and the elevation for each region, which were extracted from the images. The results showed that a significant increase in a very weak vegetation in 2013 at the expense of lands, which were categorized by a weak and moderate vegetarian in 1986. Also the parts of southern and south-western were most vulnerable to the deterioration of the natural vegetation. Regarding to land surface temperature, the result indicated that there were remarkable increases in land surface temperatures particularly in southern areas. A significant positive correlation (0.448) between the NDVI and the temperature in the coastal region in 1986, which further indicated the effect of the sea breeze, while it showed weak negative correlation (-0.021) in 2013. Relatively, a weak significant correlation was found between NDVI and temperature in the negative direction in the middle region in (1986-2013) with (-0.161 and -0.163) respectively, indicating the effects of decreasing the natural vegetation in this area.

The southern region of the study area presented that the relationships between vegetation and temperatures were negative (-0.597) in 1986. This relation suggested the role of vegetation in decreasing the temperature, while the association was weak and not statistically significant in 2013.

### مقدمة :

لاشك أن الغطاء النباتي الطبيعي يعتبر أحد المكونات الحية للنظام الإيكولوجي التي تساهم بشكل فاعل في استمرار دورة الحياة على سطح الأرض ، وذلك من خلال عملية التنفس التي يقوم بموجبها النبات بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون الملوث الرئيسي للبيئة ، وإخراج غاز الأكسجين ، الأمر الذي يحفظ للنظام البيئي توازنه ، ولذا فإن تدهوره أو تعرضه للتناقص سوف يؤدي إلى اختلال التوازن البيئي ، نتيجة ارتفاع معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو ، وزيادة معدلات درجات الحرارة وسيادة مظاهر الجفاف والتصحر مما يُعد تهديداً خطيراً للحياة النباتية الطبيعية في تلك المناطق ، لذلك هدف هذا البحث إلى قياس حجم تدهور الغطاء النباتي الطبيعي وأثره على ارتفاع درجات الحرارة بمنطقة سهل بنغازي خلال الفترة من 1986 - 2013م ، وقياس معامل الارتباط لمعرفة حجم العلاقة الارتباطية التي تربط بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجات الحرارة في منطقة الدراسة .

### أولاً" موقع منطقة الدراسة :

يقع سهل بنغازي في الجزء الشمالي الغربي لليبيا بين خطى طول  $^{\circ}21$ -  $^{\circ}45$  و  $^{\circ}00$ -  $^{\circ}19$  شرقاً و دائرتى عرض  $^{\circ}32$ -  $^{\circ}30$  و  $^{\circ}44$ -  $^{\circ}58$  شمالاً (الشكل رقم 1) وتقدر مساحته بحوالى  $6.500 \text{ كم}^2$  (لامه، 2003 ص 24).

ويظهر السهل على شكل مثلث يقع رأسه في اتجاه الشمال الشرقي بالقرب من مدينة توكرة (العقرية) أما قاعدته فتمتد جنوباً بين مدينة الزوتيينة على الساحل وقرية إنتلات في الشرق ، وبتضيق السهل شمالاً نظراً لاقتراب حافة الجبل الأخضر بالساحل ، بينما يأخذ في الاتساع جنوباً نظراً لابتعاد الحافة عنه حتى يتدخل في سهل سرت دون أن يكون بينهما حد طبيعي واضح (الهرام، 1995 ص 105).

ويكون السهل من قسمين الأول شمالي ويمتد من منطقة طلميطة "الدرسية" في الشمال الشرقي حتى مدينة بنغازي عند وادي القطارة ، ويطلق على هذا القسم اسم (الساحل) ويشكل ما يقارب 20% من مساحة السهل ، أما القسم الثاني الجنوبي الذي يمتد من مدينة بنغازي ووادي

القطارة شماليًّا إلى الحدود الجنوبية للترابات شبة الحمراء حيث يُعرف باسم (برقة الحمراء) ويشكل 80% من المساحة الكلية للسهل (لامه، 2003 ص 24).

هذا، ويتميز السهل بوجود العديد من الظواهر الكارستية كحفر الإذابة والحفر الانهيارية والبحيرات الكارستية مثل بحيرة عين زيانه وبحيرة بوزيره، إضافةً لوجود بعض الأودية الجافة التي لا تجري فيها المياه إلا في موسم سقوط المطر مثل وادي زازة ووادي الباكور والهيشة باستثناء وادي القطارة الذي يُعد من أهم الأودية حيث يمتد طوله لمسافة (54 كيلو متراً)؛ حيث تم إنشاء سدَّين لحفظ مياهه واستغلالها اقتصادياً وتتجنب مخاطر فيضانه والتي كانت تهدد مدينة بنغازى (المهدوى، 1998 ص 32)، كما يتميز السهل بسيطرة الظروف المناخية الجافة المميز بارتفاع 20 درجة مئوية والأمطار القليلة المتذبذبة والتي تختلف معدلاتها حيث تزداد في المناطق المرتفعة القريبة من حافة الجبل الأخضر ونطاق الشريط الساحلي بالقسم الشمالي من السهل، في حين تقل كميات الأمطار في النطاق الساحلي والسهلي من القسم الجنوبي إذ يتراوح متوسطها ما بين 100 - 300 ملم في السنة (الحداد، 2002 ص 83).

### شكل رقم (1) يوضح موقع منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية و برنامج (Google Earth )

ثانياً" مصادر البيانات :

اعتمدت هذه الدراسة على ثلاثة مرئيات فضائية ، فضائيتين منها بدقة مكانية 30x30 متر و 60x60 متر من موقع

الماسح الجيولوجي الأمريكي ( United States Geological Survey's ( USGS )

، حيث التقطت الأولى بتاريخ 12/7/1986م بواسطة Landsat TM5 ، والثانية

التقطت بواسطة القمر 8 Land sat OLI بتاريخ 26 / 7 / 2013م ، بإضافة إلى نموذج التضرس الرقمي ( DEM )

جدول رقم (1) ، وتم تحليل المرئيات الفضائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم

المعلومات الجغرافية باستخدام برامج ENVI 5.1 و ArcMap10.2.2

لتحديد وتقييم حالة التدهور في الغطاء النباتي وأثره على التغيرات بدرجات الحرارة ، بالاعتماد على ما يعرف بـ ( دليل الاختلافات الخضرية الطبيعية ) Normalized Differences Vegetation Index( NDVI ) .

جدول رقم (1) يوضح بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة

الاستخدام	السحب %	الدقة	التوقيت	تاريخ التقاط	نوع القمر
درجة الحرارة NDVI,	0	30,60	10:59:53	12/07/1986	Land sat 5 TM
درجة الحرارة NDVI,	0	30	11:17:00	26/07/2013	Land sat 8 OLI
الارتفاع	0	30	11:56:54	2010	Digital elevation model (DEM)

هذا ، وتم استخدام برنامج ENVI 5.1 من أجل استخلاص البيانات الرقمية من المرئيات الفضائية بعد إجراء التصحيح الهندسي (Geometric Correction) والتصحيح الإشعاعي (Radiometric Correction) لتقليل تباين الانعكاسية للمعالم الأرضية للمرئية الفضائية المستخدمة (Agapiou، 2011، الصفحات (2609-2606) ) استخلصت قيمة دليل الاختلافات الخضرية الطبيعية بواسطة المعادلة التالية (Mancino، 2014، ص (75) ) :

$$\text{الطول الموجي تحت الحمراء- الطول الموجي الأحمر} \\ \text{الطول الموجي تحت الحمراء+ الطول الموجي الأحمر}$$

وبهذا تم تصنیف حالة الغطاء النباتي بناء على قيمة دليل الاختلافات الخضرية إلى أربع فئات باستخدام التصنيف غير المراقب (Unsupervised Classification) .

استخدمت المرئيات الفضائية لاستخلاص بيانات قيمة دليل الاختلافات الخضرية الطبيعية، درجات حرارة سطح الأرض، الارتفاع، و البعد عن الساحل لعدد 120 موقعاً شكل رقم (1) مقسم إلى ثلاثة نطاقات ( النطاق الساحلي، النطاق الأوسط، النطاق الجنوبي) حيث تم الاعتماد على البعد عن الساحل و الارتفاع كمعايير لاختيار هذه المواقع جدول رقم (2).

### جدول رقم ( 2 ) يوضح معايير اختيار موقع الدراسة

الارتفاع (متر)	البعد عن الساحل (كيلومتر)	عدد الموقع	الموقع
14-0	1.70- 0.11	40	النطاق الساحلي
102-21	15.90-6.50	40	النطاق الأوسط
350-107	41.80-16.40	40	النطاق الجنوبي

كما استخدمت المعادلة التالية لاستخراج قيم درجات الحرارة بمقاييس فهرنهايتى باستخدام

المعادلة التالية ( Mohamed , 2013 ، ص (26) ) :

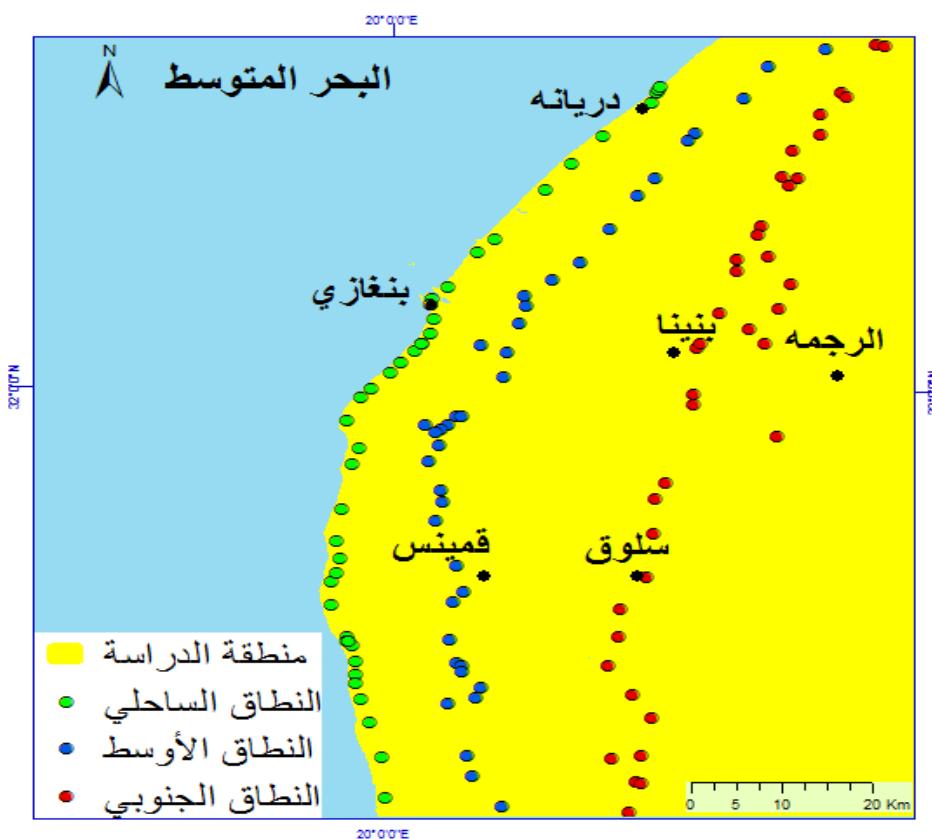
$$32 + 1.8 * (273 - 1m)$$

حيث إن  $m$  1 تعبّر عن قيم الموج الطولي تحت الحمراء الحرارية المصححة إشعاعياً. كما يتم تحويل درجة الحرارة من درجة فهرنهايتية إلى درجة مئوية بالمعادلة التالية:

$$( \text{درجة الحرارة} - 32 ) * 9/5$$

تم إجراء تحليل الارتباط ما بين الغطاء النباتي و درجة الحرارة لكل الموقع بعد توحيد المقاييس للتعرف على مدى تأثير الغطاء النباتي على التغيير في درجة الحرارة مابين Statistical 1986-2013 باستخدام برنامج SPSS V.20 Package for the Social Sciences .

### شكل رقم (2) يبين نطاقات اختيار العينة



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية و برنامج (Arc Map 10.2.2)

### ثالثاً المنهجية المتبعة

استخدم المنهج التحليلي الكمي للتعرف على حالة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة في الفترة من 1986-2013 باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) و التي تعتبر من أهم تقنيات تحليل البيانات الرقمية المستمدة من المرئيات الفضائية.

#### مناقشة النتائج :

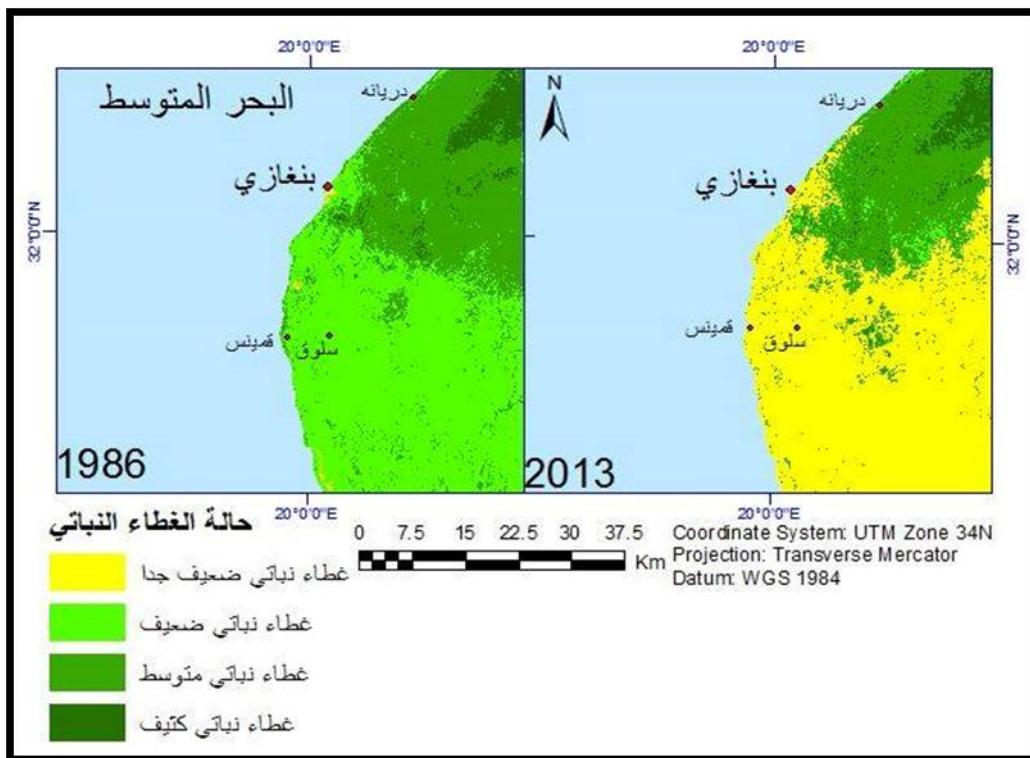
يُعد تدهور الغطاء النباتي الطبيعي تهديداً خطيراً على الحياة الطبيعية في أي منطقة في العالم؛ حيث يترتب عنه حدوث تغيرات في الخصائص الطبيعية لتلك المناطق وسيادة ظروف مناخية أكثر تطرفاً لم تكن معروفة من قبل، لعل أهمها التغيرات في درجات الحرارة كنتيجة حتمية لتناقص مساحات الغطاء النباتي الطبيعي وسيادة مظاهر الجفاف والتصرّح (الشهري، 2009 ص 19).

وزحف الرمال بسبب ضعف الغطاء النباتي الطبيعي التي يحمي التربة من الانجراف . فمن خلال تحليل الصور الفضائية لفترتين زمنيتين مختلفتين لمنطقة سهل بنغازي توصلت الدراسة إلى جملة من النتائج التي توضح حالة الغطاء النباتي الطبيعي بالمنطقة وتوزيعاته، إلى جانب دراسة مدى درجة العلاقة التي تربط بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجات الحرارة من خلال إيجاد معامل الارتباط بينهما .

#### أـ. حالة الغطاء النباتي الطبيعي بمنطقة الدراسة :

يتبيّن من خلال الشكل رقم ( 3 ) الذي يوضح حالة الغطاء النباتي الطبيعي لمنطقة الدراسة عامي ( 1986 - 2013 م ) ، و بفارق زمني بلغ 27 سنة أن هناك زيادة ملحوظة في مساحات الغطاء النباتي الضعيف جداً على حساب الغطاء النباتي الضعيف والمتوسط ؛ حيث نجد أنه في عام 1986 لم تتجاوز مساحة الأراضي التي تغطيها غطاءات نباتية ضعيفة جداً ما نسبته 0.27% من إجمالي الغطاء النباتي الطبيعي بمنطقة الدراسة الجدول رقم ( 3 ) وبمساحة بلغت 17,5 كم<sup>2</sup> وقد تركز وجود الغطاء النباتي الضعيف جداً ضمن نطاق التجمعات الحضرية مثل مدينة بنغازي والمناطق الصناعية حيث تم إقامة مشاريع حضرية على حساب غطاء النباتي الطبيعي ، ومع تطور نمط الحياة الحضري داخل منطقة الدراسة وزيادة الطلب على الأراضي من أجل إقامة مشاريع عمرانية تلبى الاحتياجات المتزايدة للسكان وما يتبعه من زيادة معدلات الزحف العمراني على الأراضي الزراعية ( اللجنة الشعبية العامة للصحة و البيئة، 2010 ص 115 ) بإضافة لتذبذب معدلات سقوط الأمطار في الآونة الأخيرة ، فقد ارتفعت نسبة الأراضي التي يُصنف غطاؤها النباتي بالضعف جداً إلى ما يقارب 65.5% في عام 2013 م وبمساحة إجمالية بلغت 4182.80 كم<sup>2</sup> من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ؛ حيث شملت معظم الأجزاء الشمالية الغربية والجنوبية والجنوبية الشرقية وذلك على حساب مساحات واسعة كان يتصرف غطاؤها النباتي بالضعف والمتوسط في عام 1986 م .

شكل رقم ( 3 ) يوضح حالة الغطاء النباتي في منطقة سهل بنغازي لعامي ( 1986 - 2013 م )



(Arc Map 10.2.2 , ENVI )

المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية و برنامج

5.1

أما فيما يتعلق بالمناطق ذات الغطاء النباتية الضعيفة فقد تركز تواجدها بالقرب من المنطقة المحيطة بمدينة بنغازي إلى جانب مساحات واسعة من الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية والجنوبية الغربية في عام 1986م ؛ حيث بلغت مساحتها ما يقارب 3822.50 كم<sup>2</sup> وبنسبة 59.9% من إجمالي منطقة الدراسة ، وربما يرجع السبب وراء ضعف الغطاء النباتي إلى اتساع عرض السهل في الأجزاء من ناحية (أمانة اللجنة الشعبية للمرافق ، 1989 ص (8) ) وعدم وجود عوائق أمام تقدم الرياح الجافة القادمة من المناطق الصحراوية والتي تكون في الغالب محملة بالغبار والأتربة ، إلى جانب ارتفاع نسب الملوحة في مياه الآبار من ناحية أخرى على قيام نشاط زراعي كثيف ؛ حيث تمثل النشاط الزراعي في إقامة بعض المزارع الصغيرة التي تميزت بمحظوظية انتاجها.

## جدول رقم ( 3 ) يوضح حالة الغطاء النباتي في منطقة سهل بنغازي لعامي ( 1986 - 2013 ) .

%	2013 المساحة كم	%	1986 المساحة كم	حالة الغطاء النباتي
65.5	4182.80	0.27	17.50	غطاء نباتي ضعيف جداً
2.4	151.80	59.9	3822.50	غطاء نباتي ضعيف
27.5	1753.10	34.3	2188.1	غطاء نباتي متوسط
4.6	293.70	5.53	353.40	غطاء نباتي كثيف
100	6381.50	100	6381.50	إجمالي المساحة

وبسبب تظافر جملة من العوامل البشرية والطبيعية فقد تقلصت مساحة الأراضي ذات الغطاء النباتي

الضعيف لصالح الغطاء النباتي الضعيفة جداً حيث انخفضت نسبتها في عام 2013 م إلى 2.4%

من إجمالي مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة أي بفارق بلغ 57.5% عن عام 1986 م ، مما يُعد

مؤشرًا واضحًا على حجم التدهور الذي يعاني منه الغطاء النباتي خصوصاً وأن منطقة الدراسة

توصف بأن أمطارها متذبذبة لا تزيد عن 300 ملم في السنة وهي كمية قليلة لا تصلح إلا لنمو بعض

النباتات البرية الفقيرة .

تتميز الأقاليم الانتقالية دائمًا بتدرج غطائها النباتي وذلك كونها تقع في منطقة وسط مابين نطاق

يتميز بغطاء نباتي كثيف ناتج عن سقوط كميات كبيرة من الأمطار ونطاق آخر يتميز بتذبذب معدلات

سقوط الأمطار ؛ حيث يلاحظ من الجدول السابق أن الأجزاء الشمالية الشرقية والشرقية من منطقة

الدراسة تتميز بغطاء نباتي متوسط الكثافة ولعل وجود أنواع متنوعة من الترب الصالحة للزراعة مثل

التربة الحمراء المنقوله والتربة الفيضانية بالقرب من المنخفضات ومصبات الوديان (الحداد،

ص (83) ) إلى جانب خزانات المياه الجوفية التي تميز تلك الأجزاء من منطقة الدراسة إضافة لسقوط

كميات مناسبة من الأمطار ، كل هذه العوامل شجعت على إقامة نشاط زراعي ساهم إلى حد كبير في

الحفاظ على الغطاء النباتي في تلك الأجزاء من سهل بنغازي ؛ حيث أظهرت نتائج تحليل الصور

الفضائية أن مساحة الغطاء النباتي متوسطة الكثافة باعتد 2188.1 كم<sup>2</sup> في عام 1986 م وبنسبة

34.3% من إجمالي مساحة منطقة الدراسة ، غير أن الوضع تغير قي عام 2013 م لتتلاخض مساحة

الغطاء النباتي متوسط الكثافة حولي 1753.10 كم<sup>2</sup> أي يفارق بلغ 435 كم<sup>2</sup> عن عام 1986م، ويرجع

هذا الانخفاض إلى زيادة نسب الاستهلاك للمياه الجوفية بشكل مطرد مما تسبب في بروز مشكلة

الملوحة حيث بلغت نسبة الملوحة في مياه آبار بنينة أكثر من 1500 جزءاً من المليون وارتفعت إلى

2500 جزء في المليون في بعض الآبار (الحاداد، 2002 ص (82)). وهذا التدني يتوقع أن يستمر

مع زيادة الاحتياجات الاستهلاكية فقد قدرت هذه الاحتياجات عام 2014م بحوالي 420 ألف متر

مكعب ، بعد ما كانت معدلات الاستهلاك في عام 1990م ما يقارب 285 ألف متر مكعب فقط (

المهدوي، 1998 ص (98)). كما أدى التوسيع العمراني في أجزاء متفرقة من منطقة الدراسة إلى

تدهور الغطاء النباتي بشكل عام خصوصاً وأن اغلب عمليات التوسيع تلك تقوم على أراضي

زراعية ؛ حيث نجد أن 40.4% من إجمالي عدد المساكن العشوائية تم إنشاؤها على أراضي زراعية

، وذلك بسبب رخص أسعارها من ناحية ، وسهولة البناء فيها من ناحية أخرى، إضافة لوقوعها

بالقرب من التجمعات الحضرية ( جعوضة، 2013 ص ص (193-154) ) .

لاشك أن وجود غطاء نباتي كثيف في أي منطقة يُعد مؤشراً على وجود ظروف طبيعية مناسبة

خصوصاً فيما يتعلق بمعدلات سقوط الأمطار ونوعية التربة في عام 1986م نجد أن الغطاء النباتي

الكثيف في منطقة الدراسة تركز في الجزء الشمالي الشرقي ؛ حيث وصلت مساحته حوالي

353.40 كم<sup>2</sup> وبنسبة بلغت 55.53% من إجمالي مساحة الغطاء النباتي بمنطقة الدراسة ، ومرد ذلك إلى وقوع

هذا الجزء ضمن نطاق الحافة الأولى للجبل الأخضر والتي تستقبل كميات كبيرة من الأمطار التي

ساهمت بدورها في كثافة الغطاء النباتي الطبيعي في هذا الجزء بالتحديد ، أما في عام 2013م فقد

انخفضت نسبة الغطاء النباتية الكثيفة حوالي 44.6% من إجمالي مساحة الغطاء النباتي بمنطقة

الدراسة أي يفارق لم يتجاوز 0.93% عن عام 1986م ويمكن إرجاع هذا الانخفاض إلى عمليات

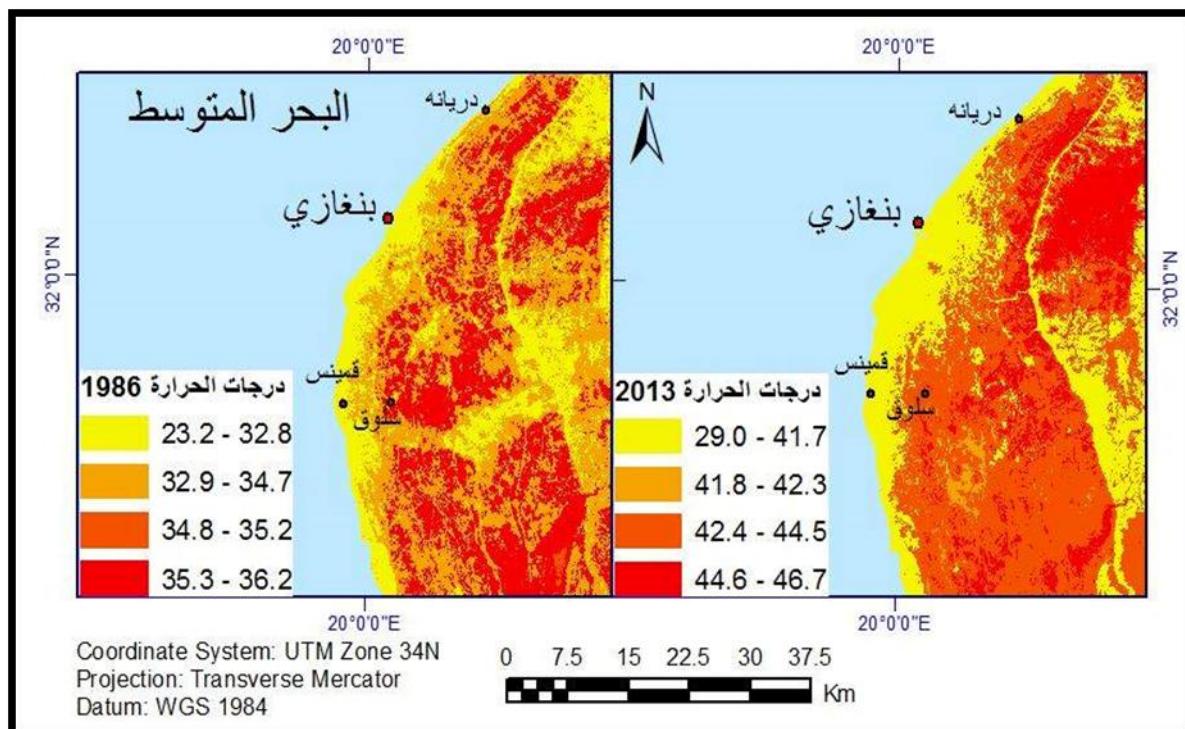
الاستغلال الجائر التي يقوم بها الإنسان ، المتمثلة في عمليات الجرف للأراضي وقطع الأشجار

بهدف إقامة مشاريع صناعية و عمرانية تلبي الاحتياجات المتزايدة لسكان المنطقة .

تغيرات درجات الحرارة في منطقة الدراسة في الفترة من 1986-2013م :

تبين درجات الحرارة بشكل واضح في كل من سهل بنغازي والمناطق المجاورة له تبعًا لعدة عوامل تتعلق بالموقع الجغرافي لكل منطقة ، وعامل الارتفاع عن سطح البحر والتأثيرات البحرية (لامه، 2003 ص 113)؛ حيث يؤثر هذا الاختلاف بشكل كبير في توزيع الغطاء النباتي وكثافته من منطقة إلى آخر تبعًا لتلك العوامل ، فقد تبين من خلال تحليل المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة أن درجات الحرارة شهدت تغيرات واضحة؛ حيث ارتفعت معدلاتها بشكل ملحوظ خلال الفترة من 1986 م وفقًا لعامل القرب والبعد عن البحر وعامل الارتفاع ، فمن خلال الشكل (4) يمكن استنتاج جملة من الحقائق التي تتمثل في الآتي :

شكل رقم (4) يوضح التغيرات في درجات الحرارة لمنطقة الدراسة لعامي 1986 - 2013م



المصدر: بالاعتماد على المرئيات الفضائية و برنامج (Arc Map 10.2.2 , ENVI 5.1 )

°23.2 مابين 1986م

1- تراوحت درجات الحرارة في الأجزاء الساحلية من منطقة الدراسة في عام

°32.8 ، ولعل عامل القرب من ساحل البحر ساهم بصورة واضحة في تلطيف درجات الحرارة ،

غير أنه في عام 2013م ارتفعت درجات الحرارة على كامل الشريط الساحلي لمنطقة الدراسة

لترواح مابين °29.0 - °41.7 ، وربما يعود السبب في ذلك للتغيرات المناخية التي يشهدها العالم

بسبب ارتفاع معدلات ثاني أكسيد الكربون في الجو، إضافة للاستغلال الجائر للموارد النباتية الطبيعية

من قبل الإنسان وما تتعرض له من رعي جائر وقطع للأشجار .

2- نلاحظ في عام 1986م أن هناك تدرجاً واضحاً في درجات الحرارة تبعاً لعامل الارتفاع عن

مستوي سطح البحر ؛ حيث تراوحت درجات الحرارة مابين °23.2 و °36.2 ، أي بفارق لم يتجاوز

. °13

°29.0

3- شهد عام 2013م ارتفاعاً كبيراً في معدلات درجات الحرارة ؛ حيث نجدها تراوحت مابين

و °46.7 أي بفارق بلغ °17.7 ، مما يُعد مؤشراً على تعرض المنطقة لظروف مناخية متطرفة قد

تكون سبباً وراء تدهور الغطاء النباتي الطبيعي وسيادة ظواهر الجفاف والتصرّف وتقلص مساحة

الأراضي الزراعية وبالتالي تدني قدرتها الإنتاجية ، خصوصاً وأن الحرارة تؤثر على الوظائف

الأساسية للنبات مثل البناء الضوئي والنتح والتنفس إضافة لتأثيرها على جميع التفاعلات الكيميائية

سواء كانت عضوية أو غير عضوية ، كما أن الاختلاف في درجات الحرارة له دور مهم في انتشار

وتوزيع النباتات في الأقاليم المختلفة وتأقلمها مع الظروف المناخية (محمد الحداد،

(112) ص 2004

).

قياس درجة الارتباط بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجة الحرارة :

يهدف إيجاد معامل ارتباط في قياس معامل درجة الارتباط بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجات

الحرارة وما إذا كانت تلك العلاقة قوية موجبة أو ضعيفة سالبة ، ولمعرفة ذلك فقد تم تقسيم منطقة

الدراسة إلى ثلاثة نطاقات رئيسية هي (النطاق الساحلي والنطاق الأوسط والنطاق الجنوبي) وبعد

تطبيق معادلة ارتباط على هذه النطاقات الثلاثة الجدول رقم (4) تم التوصل إلى النتائج التالية :

1- بالنسبة للنطاق الساحلي فقد تبين أن هناك علاقة موجبة بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجة

الحرارة ، إذ بلغ معامل ارتباط في عام 2007 ص ص (50-6) ( ) 1986م حوالي 0.448 ( حسين،

معنى أنه كلما زادت نسب التدهور في الغطاء النباتي ارتفعت درجة الحرارة الشكل رقم ( ) 5، أما في

عام 2013 فقد كانت العلاقة الارتباطية ضعيفة وسالبة إذ بلغت درجة الارتباط حوالي

-0.021 وهي نسبة متدينة جداً إذا ما قورنت بعام 1986م ، ومرد هذا الانخفاض إلى تداخل عوامل أخرى

أكثر تأثيراً على ارتفاع معدلات الحرارة بمنطقة الدراسة أهمها ارتفاع أعداد المنشآت الصناعية وما

ينتجه من غازات سامة منها غاز ثاني أكسيد الكربون المسبب الرئيس في تأكيل طبقة الأوزون

وارتفاع درجات الحرارة .

**جدول رقم (4) نتائج تحليل الارتباط بين الغطاء النباتي و درجة الحرارة بالمناطق المدروسة**

الموقع	1986	2013
النطاق الساحلي	0.448	-0.021
النطاق الأوسط	-0.161	-0.163
النطاق الجنوبي	-0.597	-0.183

2 - بالنسبة للنطاق الأوسط فقد كانت درجة الارتباط تدل على وجود علاقة ضعيفة وسالبة في كلا

الفترتين ، بما يدل على ضعف العلاقة بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجة الحرارة في هذا

النطاق.

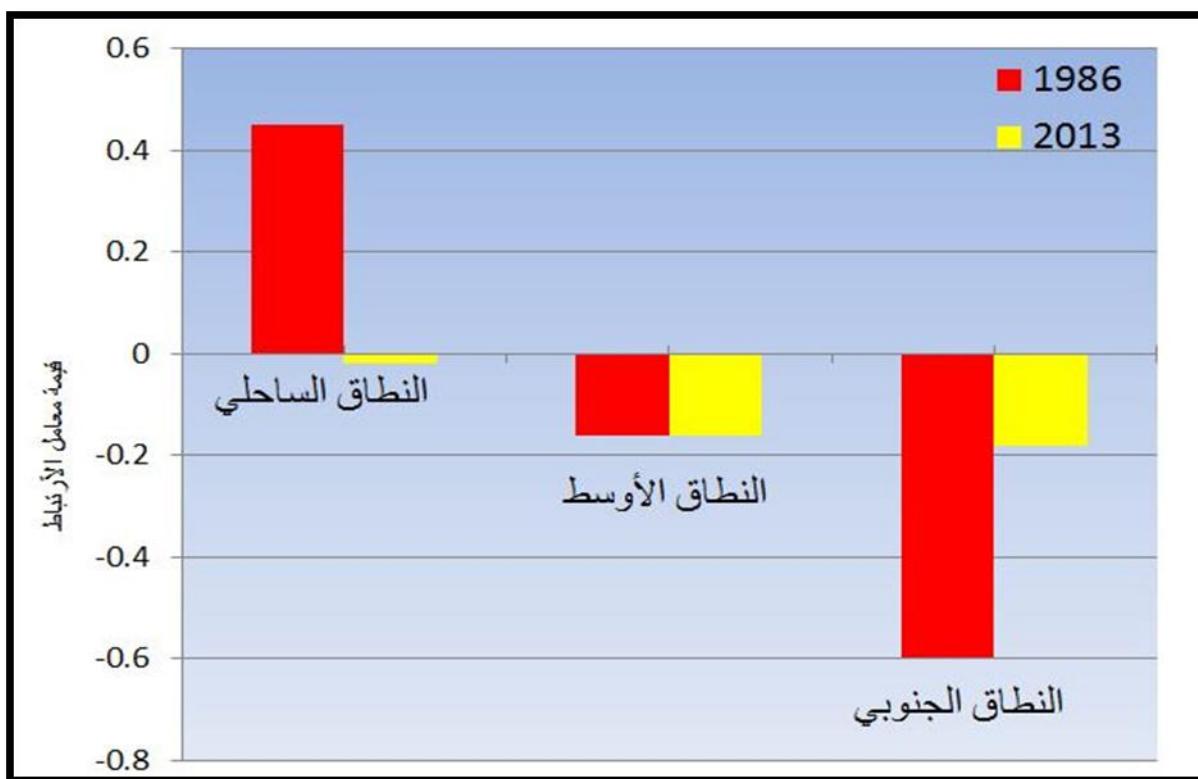
3- سجل معامل الارتباط معدلات متدينة جداً في النطاق الجنوبي فقد بلغت درجة معامل الارتباط في

عام 1986م حوالي -0.597 ، في الوقت الذي بلغت فيه درجة معامل الارتباط في عام

يقارب -0.183 ، وهي نسب تشير إلى ضعف العلاقة بين تدهور الغطاء النباتي وارتفاع درجة

الحرارة بمعنى أنه لا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بينهما، ويمكن تقسيم ضعف العلاقة بينهما إلى أن ارتفاع معدلات درجات الحرارة متعلق بالتغييرات المناخية التي يشهدها العالم ككل وأن منطقة الدراسة هي جزء من هذا العالم الذي أصبح يعاني من زيادة في معدلات الحرارة بشكل واضح نتيجة ارتفاع نسب غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو وتأثيراته السلبية على المناخ العالمي بشكل عام.

شكل رقم ( 5 ) يوضح حجم العلاقة الارتباطية بين تدهور الغطاء النباتي وأثرها على ارتفاع درجة الحرارة في الفترة من ( 2013 - 1986 )



المصدر: بالأعتماد على بيانات تحليل الارتباط

**التوصيات والمقترنات :**

1- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية المدعمة بالدراسات الميدانية في

مراقبة تدهور الغطاء النباتي الطبيعي ، ومن ثم اتخاذ الإجراءات الازمة للحد من تدهوره والعمل عن حمايته .

2- توعية المواطنين وإشعارهم بخطورة الاستغلال الجائر للغطاء النباتي الطبيعي ، وحجم الأخطار

المترتبة عن تدهوره ، وذلك من خلال تبني برامج تهتم بالجانب البيئي بهدف رفع مستوى الوعي

لديهم ، إلى جانب ضرورة إدخال موضوعات المشكلات البيئية ضمن المقررات الدراسية لمختلف المراحل التعليمية .

3- ضرورة العمل على حماية النباتات الطبيعية المهددة بالانقراض وحماية موئلها الطبيعي ، وتطبيق

التشريعات البيئية على المخالفين .

4- التأكيد على أهمية دراسة العوامل المؤثرة في ارتفاع درجة الحرارة في المستقبل من خلال إجراء

الدراسات والأبحاث العلمية .

#### المراجع والمصادر :

1 - أمانة اللجنة الشعبية للمرافق ، ( 1989 ) ، التقرير النهائي للمخطط الشامل لحاضرة بنغازي ، التقرير رقم ب . ن 4. ، الجزء الأول ، مؤسسة دوكسيادس .

2 - اللجنة الشعبية العامة للصحة والبيئة ( 2010 ) ، التقرير الوطني الرابع حول تنفيذ اتفاقية التنوع الحيوي ، الهيئة العامة للبيئة ، طرابلس - ليبيا .

3 - جعوضة، أحمد محمد، ( 2013 )، الهامش الحضري لمدينة بنغازي "دراسة جغرافية" ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، جامعة المنوفية ، كلية الآداب ، قسم الجغرافيا .

4 - الحداد ، صلاح محمد ، ( 2004 ) ، مقدرة الغطاء النباتي الطبيعي على التجديد بعد تعرضه للحرائق بمنطقة الجبل الأخضر ، رسالة ماجستير غير منشورة ، أكاديمية الدراسات العليا فرع بنغازي ، قسم علوم وهندسة البيئة .

5- الحداد ، عوض يوسف ، سالم فرج سالم ، ( 2002 ) ، دراسات تطبيقية في جغرافية ليبيا البشرية ، منشورات جامعة فاريونس ، الطبعة الأولى ، بنغازي - ليبيا .

6- حسين ، هشام بركات بشر ، ( 2007 ) تحليل البيانات باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية ، دار النشر الإلكتروني ، القاهرة .

7- الشهري , علي عبد الله مبارك, ( 2009 ) , مخاطر الاستغلال الجائر للغطاء النباتي الطبيعي على الأمن البيئي " دراسة تطبيقية على المملكة السعودية , رسالة ماجستير غير منشورة , جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية , كلية الدراسات العليا , قسم العلوم الشرطية .

8 - لـمه ، محمد عبد الله ، ( 2003 ) , سهل بنغازي " دراسة في الجغرافيا التطبيقية ، منشورات جامعة قاريونس ، بنغازي ليبيا

9 - المهدوي ، محمد المبروك ، ( 1998 ) , جغرافية ليبيا البشرية ، منشورات جامعة قاريونس، الطبعة الثالثة ، بنغازي - ليبيا .

109 - الهرام ، فتحي احمد ، ( 1995 ) , " التضاريس والجيومورفولوجيا "، (في) الهادي مصطفى بولقمة ، سعد خليل القزيري (محرر) ، الجماهيرية دراسة في الجغرافيا ، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان ، الطبعة الأولى ، سرت.

#### المراجع الأجنبية :

1. Agapiou, thos, Diofantos G. Hadjimitsis, Christiana Papoutsas, Dimitrios D. Alexakis, and George Papadavid. 2011. The Importance of Accounting for Atmospheric Effects in the Application of NDVI and Interpretation of Satellite Imagery Supporting Archaeological Research: The Case Studies of Palaepaphos and NeaPaphos Sites in Cyprus. Vol. 3 MDPI Publishing. doi:10.3390/rs3122605.
2. Mancino, G., Nolè, A., Ripullone, F., & Ferrara, A. (2014). Landsat TM imagery and NDVI differencing to detect vegetation change: assessing natural forest expansion in Basilicata, southern Italy. *Iforest - Biogeosciences& Forestry*, 7(2), 75-84. doi:10.3832/ifor0909-007.
3. Mohamed, M. (2013). Summer land surface temperature: Small-local variation in intro-urban environment in el paso, TX. (Ph.D., The University of Texas at El Paso). ProQuest Dissertations and Theses, Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/1415896392?accountid=7121>. (1415896392).

## تأثير الري الناقص في الاستهلاك المائي لنبات البطاطا Solanumtuberousum L. في المناطق شبه الجافة باستخدام نظام الري بالتنقيط

ثامر يحيى ثامر الشبلي / ماجستير علوم زراعية

وزارة الموارد المائية / العراق

### المستخلص

نفذت تجربة حقلية في منطقة اليوسفية الواقعة على بعد 15 كم جنوب غرب بغداد في تربة ذات نسجة مزبحة غرينينية، لدراسة تأثير (الري الناقص) في الاستهلاك المائي الفعلي الكلي وخاصل وكفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي ومعامل المحصول في المناطق شبه الجافة اعتماداً على قيم التبخر - نتح المرجعي ET<sub>O</sub> والتبخر - النتح الفعلي ET<sub>a</sub> المحسوب من حوض التبخر صنف (A) والاستهلاك المائي الفعلي خلال مراحل نمو النبات النمو الخضري ونشوء الدرنات وملئ الدرنات نمو الدرنات للنبات تحت نظام الري بالتنقيط، واستخدم تصميم القطاعات الكاملة التعشية RCBD وبثلاث مكررات حيث وزعت معاملات الري الناقص وهي 50% و 75% و 100% و 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر عشوائياً على الوحدات التجريبية. وبينت النتائج التي تم الحصول عليها ان اعلى استهلاك مائي كلي فعلي لمحصول البطاطا للمستوى 125% بلغ 274.9 ملم بينما كان اقل استهلاك مائي كلي فعلي 112.9 ملم للمستوى 50% واعطى مستوى الري 50% اعلى كفاءة استعمال ماء حقلي حيث بلغت 25.7 كغم / م<sup>3</sup> بينما كانت 12.3 كغم / م<sup>3</sup> للمستوى 125% وسلكت كفاءة استعمال الماء المحصولي نفس السلوك حيث كان اعلى قيمه لها عند المستوى 50% وبلغت 14.8 كغم / م<sup>3</sup> وبلغت اقل قيمة لها 11.3 كغم / م<sup>3</sup> عند المستوى 125% اختلفت قيم معامل المحصول حسب مراحل نمو النبات حيث كانت اقل قيم في مرحلة النمو الخضري وتراوحت بين 0.60 الى 0.68 بينما ارتفعت في مرحلة ملئ الدرنات ووصلت الى اعلى قيم لها وتراوحت بين 0.80 الى 0.82.

**الكلمات المفتاحية:** الري الناقص، الري بالتنقيط، الاستهلاك المائي، كفاءة استعمال الماء الحقلي والمحصولي.

### Abstract

The experiment was conducted to estimate the crop water requirement and water use efficiency of potato under deficit irrigation under drip irrigation. The study was carried out in field of Alyusafya 15km south of Baghdad during spring season 2012 in silty loam texture. Randomized Complete Block Design with three replicates was used in this study. The irrigation treatments included irrigation imposed at 50%, 75%, 100% and 125% depletion of pan A. All agricultural processes for crop management were used according to Ministry of Agriculture recommendation.

The height actual evapotranspiration (ET<sub>a</sub>) values of deficit irrigation (125%) were 274.9 mm and 112.9 mm for 50% deficit irrigation from pan A treatment. The highest WUEf and WUEc value were obtained from 50% treatment (deficit irrigation) with average of 25.7 and 14.8 kg m<sup>-3</sup>, respectively. The value of Kc different with growth stage of plant, and recorder 0.60 to 0.68 in vegetation stage, while recorder 0.80 to 0.82 in treatment irrigation during bulking and tuber enlargement.

**Keyword: deficit irrigation, drip irrigation, water use efficiency.****المقدمة**

يعد نقص المياه اهم العوامل المحددة لأنماط المحصول في المناطق الجافة وشبه الجافة، اذ تعاني هذه المناطق من تغيرات واسعة في ظروف البيئة والمناخ الى جانب التغيرات الواسعة في اشكال الجفاف سواء في التربة او الجو . ويشمل هذا الموسم بأكمله او في المراحل المبكرة او المتأخرة منه، ففي مثل هذه الظروف تنخفض الانتاجية وكفاءة استعمال الماء فضلا عن تذهبها من سنة الى اخرى( Oweis وآخرون ، 2000 ) ، الري الناقص هو الطريقة التي يتم من خلالها ري كامل منطقة الجذر بكمية مياه أقل من التبخر-نتح الكامن ( Potential evapotranspiration ) ، والشدة الخفيف التي تتعرض له النباتات يكون له أقل ما يمكن من التأثيرات في الحال ( English و Raja، 1996). وعرف الري الناقص بأنه إضافة كمية مياه ري أقل من الكمية المطلوبة وذلك لتقليل التبخر- نتح ، وهذه الممارسة تستخدم في المحاصيل المقاومة للجفاف مثل القطن والحنطة والذرة الصفراء ( Eck، 1986 ) . وعرف Kirda ( 2000 ) الري الناقص بأنه طريقة لزيادة كفاءة استعمال الماء ( WUE ) عند تعريض المحصول الى مستوى معين من الشد في مرحلة معينة من مراحل نمو النبات ، أو خلال فصل النمو الكامل ، اذ من المتوقع بأن أي انخفاض في الحال سيكون غير معنوي ومهم اذا ما تم مقارنته بالمكاسب كتوفير المياه التي يمكن استعمالها في ري محاصيل أخرى ( Kang و Zhang، 2004 و Sam و Raes، 2009 ) .

أشار English ( 1990) بأن الري الناقص هو مفهوم جديد لعملية جدولة الري ويأخذ أسماء عده منها Deficit Irrigation أو التبخر - نتح الناقص ( Regulate Deficit Irrigation ) . ذكر Kirda ( 1996 ) بأن تعريض المحاصيل إلى الشد المائي خلال Evapotranspiration مراحل نمو محددة لا يسبب فرقاً معنوياً في إنتاج النبات وبهذه الطريقة يمكن توفير كمية من المياه ورفع كفاءة استخدامها . ولضمان نجاح الري الناقص فقد ذكر English ( 1990 ) انه من الضروري الأخذ بعين الاعتبار مقدرة التربة على حفظ الماء ، ففي الترب الرملية من الممكن أن يتعرض النبات إلى عجز مائي بسرعة تحت تأثير الري الناقص ، في حين ان النباتات المزروعة في الترب الطينية حيث القوام الناعم لحبوبات التربة يمكن ان تبقى فترة أطول لتتكيف مع انخفاض محتوى التربة الرطبي وتبقى غير متأثرة بهذا المحتوى ولذلك فان نجاح الري الناقص في هذه الترب أكثر احتمالا مع تعديل في بعض العمليات الزراعية كتقليل الكثافة النباتية وتعديل مواعيد الزراعة وأيضاً اختيار النباتات ذات فصل النمو القصير .

**المواد وطرق العمل**

نفذت تجربة حقلية لزراعة نبات البطاطا للموسماً الشتوياً 2012 في منطقة اليوسفية الواقعة على بعد 15 كم جنوب غرب بغداد على خط طول 44°57.81 شرقاً وخط عرض 33°48.70 شمالاً ، وتميز أراضي المنطقة بكونها مستوية إلى شبه مستوية ذات أرتفاع 34.1 م فوق مستوى سطح البحر. التي تتميز بتربية ذات نسجة مزجية غرينية Silty Loam، ومصنفة إلى تحت مجموعة عظمى هي Typic Torrifluvent . استخدم تصميم القطاعات الكاملة التعشية RCBD بثلاث مكررات لتصميم وتنفيذ التجربة . قسم الحقل الى ثلاثة قطاعات المسافة بين قطاع وآخر ( 2 م ) . وتم تقسيم القطاع الواحد الى اربع وحدات تجريبية ( 68 م<sup>2</sup> ) ( 3.4 م × 20 م ) للوحدة التجريبية والمسافة بين وحدة تجريبية وآخر ( 2 م ) وبذلك تكون مساحة حقل التجربة الاولى ( 960 م<sup>2</sup> ) . وزعت المعاملات عشوائياً وكل مكرر وشملت على ما يأتي:

- 1 - الري بعمق ماء مقداره ( 0.5 X ETc ) .
- 2 - الري بعمق ماء مقداره ( 0.75 X ETc ) .
- 3 - الري بعمق ماء مقداره ( 1.00 X ETc ) .

- 4 . (1.25 X ETc ) الري بعمق ماء مقداره

يبين جدول (1) بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لترابة الدراسة وفقاً للطرق القياسية (Black، 1965).

## **جدول (1) بعض صفات التربة الكيميائية والفيزيائية للتربة المدرسة**

الصفة المدروسة	الوحدة	عمق التربة	
EC	ديسيسيمنز.م <sup>-1</sup>	30-0	60-30
pH		3.4	6.4
رمل	غم.كغم <sup>-1</sup>	7.2	7.51
غرين		112	110
طين		623	650
النسجة		265	240
السعه التبادلية	ستنمول.كغم <sup>-1</sup>	SiL	SiL
كاربونات الكالسيوم		23.31	20.45
Ca		26.6	27.2
Mg	مليمكافئ.لتر <sup>-1</sup>	15.45	29.80
Na		7.91	14.45
K		12.5	23.96
CO <sub>3</sub>		1.78	1.55
HCO <sub>3</sub>	NILL	NILL	NILL
CL		2.75	5.13
SO <sub>4</sub>		24.22	39.85
المادة العضوية	غم.كغم <sup>-1</sup>	9.81	21.7
كتافه ظاهرية	ميکاغرام.كغم <sup>-1</sup>	4.12	1.95
كتافه حقيقية		1.38	1.46
ايصالية مائية	سم.ساعه <sup>-1</sup>	2.58	2.59
معدل القطر الموزون	ملم	3.98	3.69
المسامية		0.63	0.48
مقاومة التربة للاخراق	كغم.سم <sup>2</sup>	0.46	0.43
		1.63	1.71

اجريت الدراسة الأولى بتاريخ 6\2\2012 بنفس المستوى لجميع المستويات بعدها تمت عمليات الأرواء اعتماداً على بيانات الاستهلاك المائي اذ تم الارواء بمستويات (50 و 75 و 100 و 125) % من التبخر المحسوب من حوض التبخر (Class A) وبأستعمال المعدلات التالية:

$ETo = \text{التبخر - النتح المرجعي (ملم / يوم)}$

$Kp = \text{معامل خاص بحوض التبخر ويختلف تبعاً لنوع الحوض والغطاء النباتي المحيط بالحوض وطبيعة سطح التربة وسرعة الرياح .}$

$Epan = \text{التبخر من الحوض (ملم / يوم)}$

ولحساب الاستهلاك المائي باستخدام هذه الطريقة تضرب قدرة التبخر - النتح المحسوبة من احواض التبخر بمعامل المحصول الذي تعتمد قيمته على طبيعة النمو الخضري وخصائصه ومرحلة النمو وبيئة النبات والموقع .

$$ETc = ETo \times Kc \quad \dots \quad (2)$$

اذ ان :

$ETc = \text{التبخر - النتح (ملم / يوم)}$

$ETo = \text{التبخر - النتح المرجعي (ملم / يوم)}$

$Kc = \text{معامل المحصول}$

وفي ظروف الري بالتنقيط تعدل القيم  $ETc$  الواردة في المعادلة ( 5 ) باستخدام معاملات اخترال ( وهو عبارة عن معامل تعتمد قيمته على مرحلة نمو المحصول ونسبة مساحة الحقل المغطاة من قبل المحصول ) ( Qavzoli و Freeman 1980 ) وبحسب المعادلة الآتية :

$$Kr = Ge + 0.5 (1-Ge) \quad \dots \quad (3)$$

اذ ان :-

$Kr = \text{معامل الاخترال}$

$Ge = \text{نسبة ما يغطي من سطح التربة الى المساحة الكلية للتجربة .}$

وحدد معامل الاخترال اعتماداً على التغطية الورقية للمحصول قياساً بمساحة التجربة الكلية ووفقاً لفترات نمو المحصول . اذ تصبح المعادلة بعد التصحيح :-

$$ETc = ET_0 \times K_c \times Kr \quad \dots \quad (4)$$

اذ ان :-

$ETc = \text{التبخر - النتح (ملم / يوم)}$

$ET_0 = \text{التبخر - النتح المرجعي (ملم / يوم)}$

$K_c = \text{معامل المحصول}$

$Kr = \text{معامل الاخترال .}$

كما تم حساب كفاءة استعمال الماء باستخدام المعادلة التالية :

$$WUE_C = \frac{\text{Yield}}{ET_a} \quad \dots \quad (5)$$

اذ ان :

$(WUE_C) = \text{كافأة استعمال الماء المحصولي (كمم. م}^3\text{.)}$

$ETa = \text{التبخر - نتح الفعلي الموسمي لوحدة مساحة (م}^3\text{ هكتار}^1\text{.)}$

## المتطلبات المائية الكلية للمحصول

يتضح من الجدول ( 2 ) والملحق ( 4 و 5 و 6 و 7 ) تأثير مستويات الري في المتطلبات المائية الكلية للبطاطا وكمية مياه الري المضافة خلال الموسم بأكمله بالاعتماد على بيانات حوض التبخر والمعادلات ( 7 و 8 و 9 و 10 ) . كانت اعلى كمية لماء الري المضاف عند معاملة 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر، واقل كمية ماء مضافة عند معاملة 50% من التبخر المحسوب من حوض التبخر. كما اظهرت معاملة 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر اعلى استهلاك مائي بلغ 274.9 ملم.موسم<sup>-1</sup> ، وانخفض الى 220.9 و 165.9 و 112.9 ملم.موسم<sup>-1</sup> عند معاملات 100% و 75% و

50% من التبخر المحسوب من حوض التبخر، على التوالي. وسبب ذلك يعود الى انخفاض الاستهلاك المائي للمعاملات نتيجة اختلاف مستويات ماء الري المضافة، اذ كان عمق ماء الري المضاف هو 107 و 160 و 215 و 269 ملم. موسم<sup>1</sup> لمعاملات الري عند مستوى 50% و 75% و 100% و 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر، على التوالي. وجاءت النتائج هذه متوافقة مع ما توصل اليه (الاصبحي ، 2003).

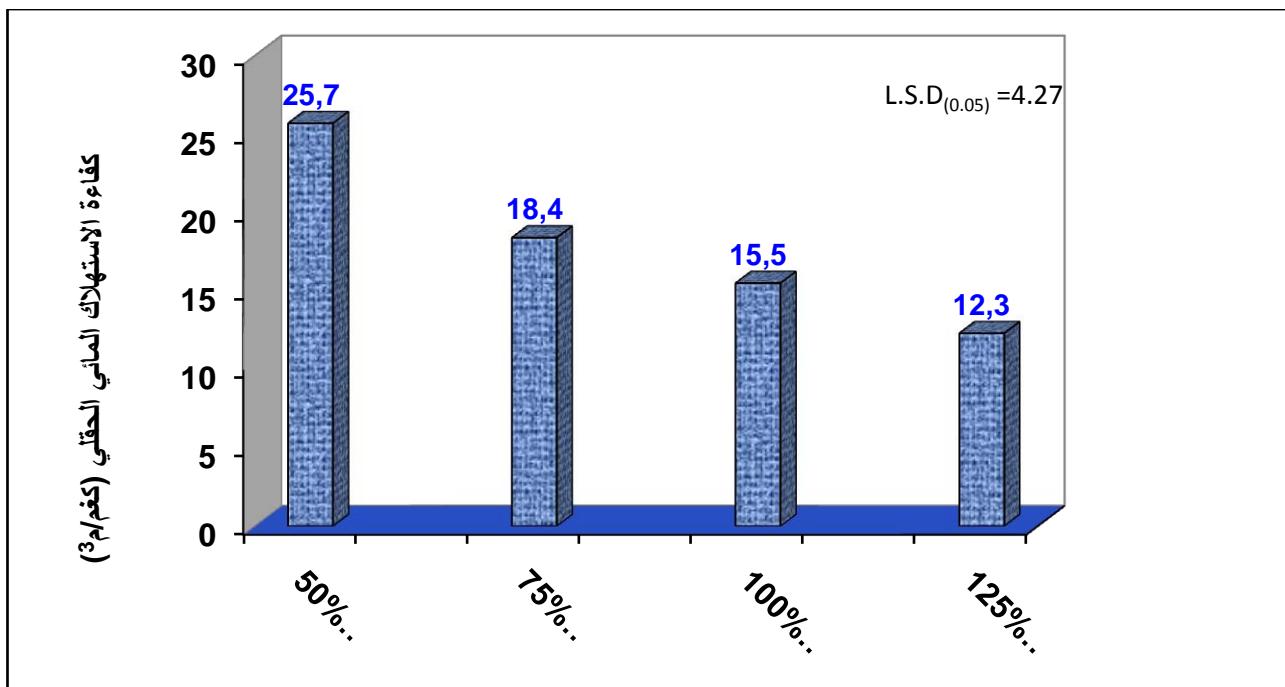
**جدول ( 2 ) : المتطلبات المائية الفعلية ( ETa ) وعمق الماء المضاف لنبات البطاطا خلال الموسم**

الاستهلاك المائي الفعلي ملم ETa	المطر ملم	عمق ماء الري المضاف ملم ETc	عدد الريات	معاملات الري (%)
112.9	5.9	107	24	50
165.9	5.9	160	24	75
220.9	5.9	215	24	100
274.9	5.9	269	24	125

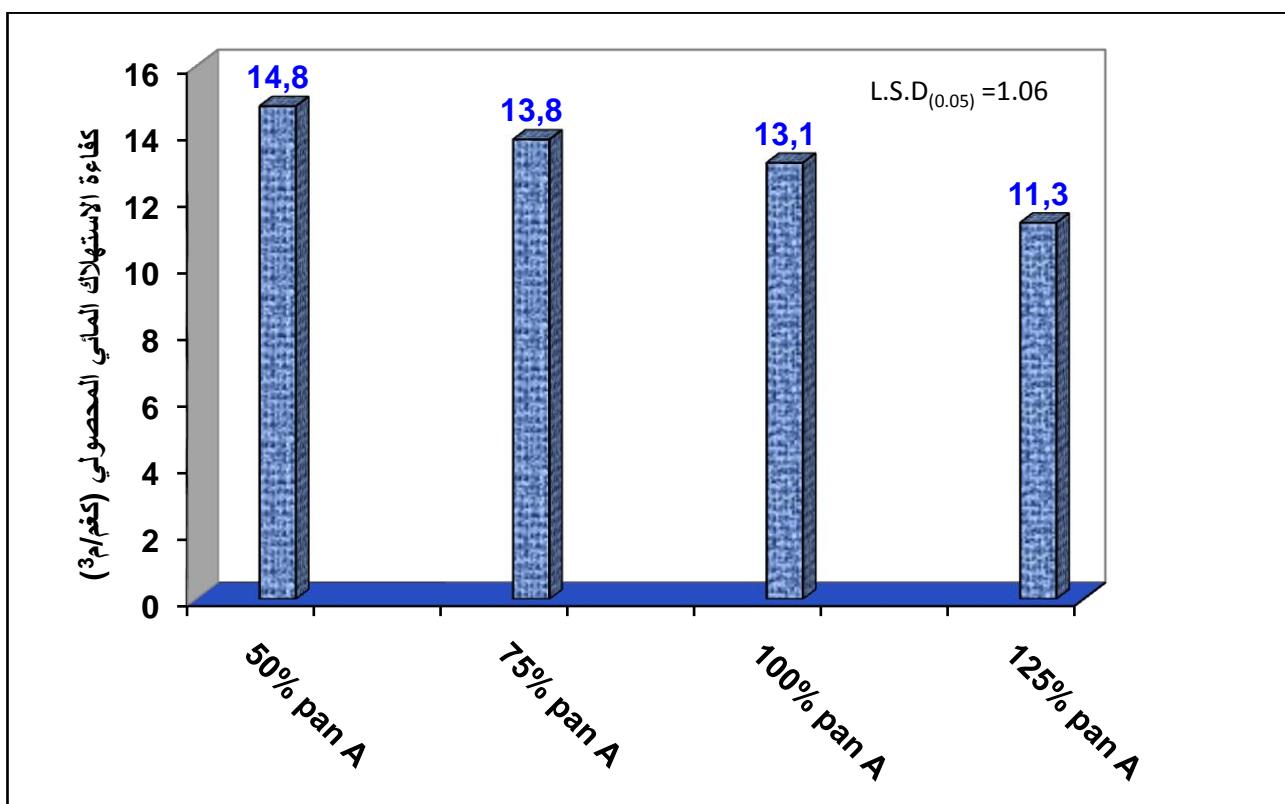
### كفاءة الاستهلاك المائي الحقلـي والممحـولي

يتضح من الشكل ( 1 ) تغير كفاءة استعمال الماء الحقلـي مع مستويات الري المختلفة اذ كانت تقل كفاءة استعمال الماء الحقلـي مع زيادة مستويات الري اذ انخفضت من 25.7 كغم / م<sup>3</sup> عند المستوى 50% من التبخر المحسوب من حوض التبخر الى 18.4 كغم / م<sup>3</sup> عند المستوى 75% ثم انخفضت الى 15.5 كغم / م<sup>3</sup> عند المستوى 100% الى ان وصلت 12.3 عند المستوى 125%. كما يبين الشكل ( 1 ) تغير كفاءة استعمال الماء المحـولي مع مستويات الري المختلفة اذ كانت تقل كفاءة استعمال الماء المحـولي مع زيادة مستويات الري اذ انخفضت من 14.8 الى 13.8 كغم / م<sup>3</sup> ومن ثم الى 13.1 كغم / م<sup>3</sup> الى ان وصلت اقل كفاءة 11.3 كغم / م<sup>3</sup> لمستويات الري ( 50 و 75 و 100 و 125 )% من التبخر المحسوب من حوض التبخر على التوالي. وبالتالي يتبيـن من ما ذكر اعلاه انخفاض كفاءة استعمال الماء الحقلـي والمـحـولي مع زيادة مستوى الـري والـذي سببه يعود الى زيادة كـمـيات مـيـاه الـريـ المـضـافـة وارتفـاع الاستهـلاـك المـائي لـلـنبـاتـ مـقارـنةـ بـالـانتـاجـ . وـهـذـاـ يـعـنيـ انـ المـترـ المـكـعبـ منـ المـاءـ اـعـطـيـ حـاـصـلـ بـمـقـدـارـ الـضـعـفـ عـنـ اـضـافـةـ المـاءـ فـيـ الـمعـاملـةـ 50% منـ التـبـخـرـ

المحسوب من حوض التبخر ، شكل ( 2 ) وتفق النتائج هذه مع ما توصل اليه Tayel واخرون (1993) والاصبجي (2003) الذين اشاروا الى انخفاض كفاءة الاستهلاك المائي مع زيادة مستويات الري .



شكل ( 1 ) : كفاءة الاستهلاك المائي الحقل (كغم / م<sup>3</sup> ) لمستويات الري المختلفة



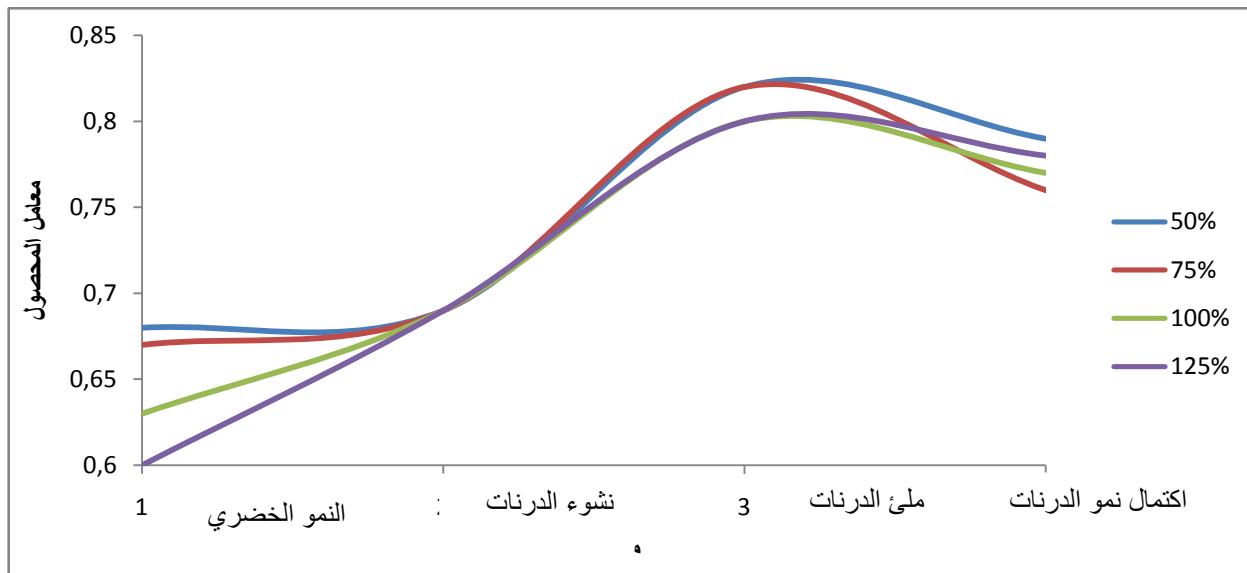
## شكل (2) كفاءة الاستهلاك المائي المحصولي (كم / م<sup>3</sup>) لمستويات الري المختلفة

### معامل المحصول (Kc)

يبين الشكل (3) اختلاف قيم معامل المحصول لمراحل النمو المختلفة لنبات البطاطا، والتي اعتمدت قيم التبخر - نتح المرجعي (ET0) بالاعتماد على بيانات حوض التبخر الملاحق (4 و 5 و 6 و 7 ) ، وقيم التبخر - نتح الفعلي (ETa) . اذ بلغت قيم معامل المحصول في مرحلة النمو الخضري 0.68 و 0.67 و 0.63 و 0.60 للمستويات 50% و 75% و 100% و 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر ، على التوالي . يدل هذا على ان المعاملة 50% من التبخر المحسوب من حوض التبخر كانت نسبة الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) الى التبخر - نتح المرجعي (ET0) اعلى من بقية المعاملات ، وسبب ذلك يعود الى ان قيمة Kc هو عبارة عن حاصل قسمة الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) على التبخر - نتح المرجعي (ET0) . حيث اظهرت المعاملة 50% من التبخر المحسوب من حوض التبخر انخفاض نسبي في كمية الماء المضافة مع ارتفاع قيمة الاستهلاك المائي الفعلي (ETa) بينما كانت قيمة معامل المحصول Kc متساوية في مرحلة نشوء الدرنات لجميع معاملات الري شكل (3) . ويلاحظ ارتفاع قيمة معامل المحصول في مرحلة ملي الدرنات إذ بلغت 0.82 و 0.80 و 0.80 و 0.80 للمستويات 50% و 75% و 100% و 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر ، على التوالي شكل (3) . ويرجع السبب في ذلك الى ارتفاع قيمة التبخر - نتح الفعلي في مرحلة ملي الدرنات يعود الى نمو نبات ال بطاطا بصورة كبيرة عند توافر كميات من الرطوبة قريبة من السعة الحقلية وحاجة النبات الى الماء والغذاء لتلبية متطلبات هذه المرحلة المهمة من مدة نمو النبات اذ يزداد الاستهلاك المائي الفعلي وتغلغل الجذور في التربة وزاد حجم التربة الذي يقوم بخزن الماء ومن ثم تجهيزه الى جذور النبات المكتمل في نموه الخضري فازداد الاستهلاك المائي الفعلي مما انعكس في قيمة معامل المحصول ويتفق هذا مع ما جاء به كل من Lawson ، (1979) و فهد وآخرون ، (2002) والذين اشاروا إلى وجود اختلافات في الاستهلاك المائي الفعلي للمعاملات خلال مراحل النمو، الذي يتزامن مع كميات تبخر مختلفة من حوض التبخر عند مراحل النمو المختلفة والتي أثرت في المعدل النهائي لمعامل المحصول المحسوب خلال المرحلة بأكملها.

اما في مرحلة اكتمال نمو الدرنات فقد انخفضت قيمة معامل المحصول عن مرحلة ملي الدرنات وبلغت 0.79 و 0.76 و 0.77 و 0.78 للمستويات 50% و 75% و 100% و 125% من التبخر المحسوب من حوض التبخر ، على التوالي . وسبب ذلك يعود الى انخفاض قيمة معامل المحصول في مرحلة اكتمال نمو الدرنات الى انخفاض قيمة الاستهلاك المائي الفعلي للنبات لانخفاض حاجة النبات للماء في هذه المرحلة ولارتفاع درجات الحرارة وبالتالي ارتفاع قيمة التبخر - نتح المرجعي (Lynch ، 1995 و Zrust ، 1995) . ويلاحظ بشكل عام ازدياد قيمة معامل المحصول بصورة تدريجية مع مراحل النمو حتى يصل الى اعلى قيمة له عند مرحلة ملي الدرنات ثم يبدأ بالانخفاض عند مرحلة اكتمال نمو الدرنات (Doorenbos و Kassm ، 1979) . ويلاحظ ان قيمة معامل المحصول المحسوبة اعتماداً على حوض التبخر كانت اقل من القيم المقترنة (

عالمياً ويعود سبب ذلك ربما إلى اختلاف الظروف المناخية والتربة والاصناف فضلاً عن تأثير مستويات الري ( Ojala و اخرون ، 1990 ، والضرير وحسين ، 2008 )



شكل (3) : عامل المحصول في مراحل النمو المختلفة تحت تأثير مستويات الري

#### المصادر

- الاصبحي ، مظفر عبد عثمان . 2003 . تأثير مستويات ماء الري والتغطية في التوزيع الرطوبوي للترابة وكفاءة استخدام الماء لمحصول البطاطا *Solanum tuberosum L.* تحت نظام الري بالتنقيط . رسالة ماجستير . كلية الزراعة – جامعة بغداد .
- الضرير، عبد الناصر ومرwan الحاج حسين . 2008 . الري والصرف الزراعي ( القسم النظري ) مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية - كلية الزراعة - جامعة حلب .
- فهد ، علي عبد ، رمزي محمد شهاب ، عبد الحسين وناس علي و علي عباس محمد . 2002 . أدارة رري محصول الذرة الصفراء ( Zea mays L. ) لزيادة كفاءة استخدام المياه في وسط العراق . البحوث الفائزية بجائزه المنظمة العربية للتنمية الزراعية للعام 2002(50-72) .
- Black, C. A.** 1965. Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron. No. 9 Part 1. Madison, Wisconsin. USA. PP. 374 – 390
- Doorenbos, S.J. and A. H. kassam.** 1979. Yield response to Water. FAO. Irrigation and drainage. Paper No.33, FAO, Rome.
- Eck, H. V.** 1986. Effect of water deficit on yield, yield components, and water use efficiency of irrigation corn Agron. J. 78: 1035
- English , M .** 1990 . Deficit irrigation . I. Analytical framework.J. of Irrig.andDrain.Eng.116: 399-412 .

English M, J., and S.N. Raja . 1996. Perspectives on deficit irrigation.

Agric. Water Manage 32:1-14.

Freeman. and Garzoli. 1980. Irrigation and drainage paper. Food and agriculture Organization of the Untion. 36.

Kang S, and Zhang J .2004. Controlled alternate partial rootzone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. J Expl Botany 55(407):2437–2446.

Kirda, C., R. Kanber, and K. Tulucu. 1996. Yield response of cotton, maize, soybean, sugarbeet, sunflower and wheat to deficit irrigation- In nuclear techniques to assess irrigation schedules for field crops. IAEA. TECDOC. 888: 131-138.

Kirda, C. 2000. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation Kirda, C. 2000. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices, FAO.

Lawson, T. I. 1979. Consumptive water use for cowpea in soil physical properties and crop production. John Wiley and Sons.

Lynch , D .R . ,N. Foroud , G .C . Kozub , and B.C . Farries.1995. The Effects of moisture stress at growth stages on the yield , components of yield and processing quality of eight potato varieties . Amer . Potato J .72(6):375-385 .

Ojala, J.C., J.C. Stark, and G.E.Kleinkopf. 1990. Influence of Irrigationand Nitrogen Managementon Potato Yield and Quality. AmericanPotato Journal 67:29-43.

Oweis,T.,H. Zhang and M.Pala.2000 water use efficiency of rain fed and irrigated bread wheat in Mediterranean environments.

Sam, G., and D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96 (2009) 1275-1284

Tayel , M. Y.; M. A. Matyn, and S. A. Wahba. 1993. Mulching and Plant rows/drip line effect on broad bean plant. Egypton. J. Soil Sci. 33(2): 177-194.

Zrust , J. 1995 . The effect of drought on the potato leaf area .Scientia Agriculturae Bohemica 26 (3):177-188 .

## وضع الموارد المائية في المنطقة العربية و التهديدات التي تواجهها

الباحث فراح رشيد / الجزائر

### الملخص:

بعد موضوع الأمن المائي العربي من الموضوعات المهمة التي تشغّل اهتمام المهتمين بالشؤون المائية والباحثين بمختلف اختصاصهم . و ذلك نظراً للأهمية الكبيرة التي تحملها مسألة المياه في الوطن العربي التي تتصنّف بالمحظوظة والندرة حيث تشير التقارير أن عدّة بلدان عربية تعاني من الندرة المطلقة أو الشح الشديد في المياه العذبة حيث يقل نصيب الفرد الواحد من المياه عن  $500 \text{ m}^3$ .

يتناول البحث **وضع الموارد المائية في المنطقة العربية و التهديدات التي تواجهها** من خلال دراسة الموارد المائية التقليدية منها و غير التقليدية وفقاً للمعطيات الإحصائية المتوفّرة، و دراسة الأخطار الداخلية و الخارجية التي تهدّد سلامة الأمن المائي في المنطقة العربية. و يخلص البحث إلى أن قضية المياه في المنطقة العربية تتلخص في مشاكل آتية إما من داخل المنطقة العربية أو خارجها و إلى مقترنات و توصيات تهدف إلى وضع قواعد لحفظ هذه الثروة الحياتية الكبيرة من الضياع.

**الكلمات الدالة:** الماء، الأمن المائي، ندرة المياه، المنطقة العربية

### Résumé

La question de la sécurité de l'eau est l'un des sujets importants qui préoccupent ceux qui s'intéressent aux affaires de l'eau et des chercheurs dans diverses disciplines. En raison de la grande importance qu'il occupe la question de l'eau dans le monde en général et dans le monde arabe en particulier qui est caractérisé par la rareté de l'eau, où des rapports indiquent que plusieurs pays arabes souffrent de la rareté absolue ou de l'extrême rareté en eau douce où la part d'eau par habitant est inférieure à  $500 \text{ m}^3$ .

Cette recherche porte sur le développement des ressources en eau dans la région arabe et les menaces auxquelles elle est confrontée à travers l'étude des ressources en eau traditionnelles et non traditionnelles, selon les données statistiques disponibles, et l'étude de dangers internes et externes qui menacent la sécurité de l'eau dans la région arabe.

La recherche conclut que la question de l'eau dans la région arabe est résumée dans des problèmes venus de l'intérieur ou de l'extérieur de la région arabe, et propose des recommandations visant à établir des règles pour maintenir cette richesse de la perte et assurer la sécurité de l'eau.

**Mots Clés:** Eau, Ressources en eau , La rareté de l'eau, La sécurité de l'eau.

**المقدمة:**

الماء أو ما يسمى بالذهب الأزرق أهم مورد طبيعي على الإطلاق ، حيث يمثل عصب و مصدر الحياة الذي لا يمكن الاستغناء عنه ، وأساس التنمية الاقتصادية والاجتماعية ، كما انه عmad كل حضارة و تنمية ، وهو أثمن عناصر الطبيعة ، وبخاصة في منطقتنا العربية حيث يسود الحر و الجفاف خلال معظم أشهر السنة .

وتتجلى خصوصية الماء في أنه أثمن شيء خلقه الله تعالى بعد البشر . و تظهر صفة الماء كأحد أسباب الحياة في الآية الكريمة " والله أنزل من السماء ماء فلحيما به الأرض بعد موتها إن في ذلك لآية لقوم يسمعون " ( سورة النحل - الآية 65 ) .

وليس الماء عصباً للحياة فحسب، بل إن كل شيء حي هو من الماء " و جعلنا من الماء كل شيء حي " ( سورة الأنبياء - الآية 30 ) .

تعتبر المياه و بحق أهم موضوعات الساعة سواء على المستوى العالمي أو الإقليمي أو المحلي ، فالدراسات تشير أن قضية المياه من أخطر وأهم القضايا التي قد تواجه العالم العربي ، وقد تحدث الخبراء حول قضية الماء مؤكدين أن النزاعات و الحروب المقبلة في العالم ستكون حروباً من أجل قطرة الماء .

نحن إذن أمام أزمة آخذة في التفاقم ، فالزيادة السريعـة في عدد السكان ، و تزايد الاستهلاك الفردي للمياه ، و زيادة الأنشطة الصناعية و الزراعية و الخدمية المستخدمة للمياه ، و تلوث بعض مصادر المياه بالنفايات الصناعية و الزراعية و المنزلية ، كلها عوامل أدت إلى إنهاك الموارد المائية و تعرضها لضغوطات كبيرة و مستمرة ، مما أدى إلى حدوث خلل في التوازن بين الموارد المائية المتاحة و الطلب المتزايد عليها .

ويؤكد واقع الموارد المائية المتاحة حالياً في المنطقة العربية أن الوضع معقد و شائك ، خاصة أن العالم العربي يقع في الحزام الجاف و شبه الجاف من الكره الأرضية ، فضلاً عن ازدياد الطلب على المياه بشكل متزايد . و مما يزيد من تعقيد المسألة تكرار نوبات الجفاف التي أصبحت من الظواهر المألوفة ، إضافة إلى الانخفاض الحاد في منسوب المياه الجوفية و تلوث المياه السطحية و الجوفية . و الأهم من هذا كله هو تحكم دول أجنبية على المجاري العليا لأهم الأنهر الكبيرة مثل النيل و دجلة و الفرات و التي تشكل أهم مصادر المياه في المنطقة العربية ، و هي في مجملها أنهر تتبع من دول غير عربية ، و تجري و تصب في بلدان عربية ، و بالتالي تحاول دول المنبع استخدام هذه الموارد للضغط على الدول العربية أو للتوسيع في استخداماتها للمياه دون الأخذ بعين الاعتبار حاجات أقطار الوطن العربي التي تشتراك معها في أحواض الأنهر الرئيسية ، مما يزيد حساسية الموقف ، و يؤدي إلى انخفاض نصيب الفرد العربي من المياه .

تهدف هذه الدراسة إلى وصف وضع الموارد المائية في المنطقة العربية ، و إبراز و تشخيص أهم المعوقات و التهديدات التي تواجه إمدادات المياه في هذه المنطقة . و من أجل التحكم في الموضوع قمنا بتقسيم الدراسة إلى محورين . و خصص المحور الأول لدراسة مصادر المياه و توزيعها في الوطن العربي ، و يستعرض المحور الثاني بالتحليل أهم التهديدات التي تواجه سلامة الأمن المائي العربي .

**المحور الأول: مصادر المياه و توزيعها في الوطن العربي**

تدرج مصادر المياه في الوطن العربي كغيرها من دول العالم تحت فئتين رئيسيتين ، هما المصادر التقليدية و غير التقليدية . و فيما يلي استعراض لهذه المصادر من حيث حجمها و أماكن وجودها .

**1- المصادر المائية التقليدية :**

تمثل مصادر المياه التقليدية في الوطن العربي في الأمطار و المياه السطحية و الجوفية :

**1-1 الأمطار :**

يقدر متوسط الهطول السنوي في الوطن العربي بنحو ( 2576 ) مليار متر مكعب سنوياً بحسب تقديرات المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي ( نبيل روائيل ، 2000 ، ص 604 ) . لكن المشكل الأهم هو أن ما يقارب نصف هذه الكمية تهطل في بلد عربي واحد هو السودان الذي تشكل مساحته أكثر من ( 17,6 % ) من مساحة الوطن العربي و تتوزع بقية كمية التهطل على الأقطار العربية ( أيمن البهلوان ، 2000 ، ص 20 ) . و توزع مجموع الأمطار الهاطلة سنوياً في الوطن العربي على الشكل الآتي ( عباس قاسم ، 1993 ، ص 16 - 17 ) :

\* 60% أمطار ذات نظام مداري صيفي ، و معظمها يهطل في حوض السودان و القرن الإفريقي و اليمن .

\* 40% أمطار ذات نظام متاططي شتوي ، تهطل في المغرب العربي و الشمال الإفريقي المحاذي و المشرق العربي الواقع في شمالي خط عرض المدار .

ويوضح الجدول التالي توزيع مياه الأمطار على مختلف أقطار دول العالم العربي :

**الجدول رقم (01) : الهطول المطري السنوي الوسطي بـملايين الأمتار المكعبة**

كمية الأمطار الهاطئة (مليار م <sup>3</sup> )	أكثر من 800 (مليار م <sup>3</sup> )	إلى 500 800 (مليار م <sup>3</sup> )	إلى 300 500 (مليار م <sup>3</sup> )	إلى 200 300 (مليار م <sup>3</sup> )	إلى 100 200 (مليار م <sup>3</sup> )	أقل من 100 200 (مليار م <sup>3</sup> )	المساحة (Km <sup>2</sup> ) 1000 X	الدولة
<b>المشرق العربي</b>								
54,51	8,83	6,46	12,00	13,31	13,90	0,01	185,2	سورية
10,70	-	0,16	1,77	2,50	3,40	2,83	94,5	الأردن
94,66	16,15	14,16	12,16	15,30	31,60	5,28	438,3	العراق
8,84	5,60	2,28	0,41	0,16	0,03	-	10,4	لبنان
8,12	-	3,73	2,60	0,66	0,84	0,03	27,0	فلسطين
<b>176,47</b>	<b>30,58</b>	<b>26,79</b>	<b>28,94</b>	<b>31,93</b>	<b>49,77</b>	<b>8,15</b>	<b>755,4</b>	<b>المجموع</b>
<b>شبه الجزيرة العربية</b>								
158,47	-	2,52	12,28	8,71	59,31	75,65	2206,0	السعودية
6,72	-	-	-	-	3,24	3,48	77,7	الإمارات
0,04	-	-	-	-	-	0,04	0,7	البحرين
37,60	-	-	1,104	12,32	17,64	6,54	300,0	عمان
0,83	-	-	-	-	0,12	0,71	11,4	قطر
2,27	-	-	-	-	2,03	0,24	17,8	الكويت
61,31	1,83	3,06	12,38	18,13	15,79	10,12	528,1	اليمن
<b>267,24</b>	<b>1,83</b>	<b>5,58</b>	<b>25,764</b>	<b>39,16</b>	<b>98,13</b>	<b>96,78</b>	<b>3141,7</b>	<b>المجموع</b>
<b>وادي النيل والقرن الأفريقي</b>								
53,90	-	-	-	0,01	7,47	44,41	1.001,4	مصر
1169,78	643,26	270,21	115,34	61,89	47,57	31,51	2505,8	السودان
5,88	-	-	3,48	1,46	0,94	-	22,0	جيبوتي
177,30	-	19,00	102,70	26,80	26,33	2,46	637,7	الصومال
<b>1406,86</b>	<b>643,26</b>	<b>289,21</b>	<b>221,52</b>	<b>90,16</b>	<b>82,31</b>	<b>78,38</b>	<b>4166,9</b>	<b>المجموع</b>
<b>المغرب العربي</b>								
162,38	-	0,14	3,38	27,44	70,76	60,65	1759,5	ليبيا
37,62	3,54	4,63	8,95	9,58	10,22	0,71	163,6	تونس
238,95	3,98	39,00	45,76	13,85	49,13	87,22	2381,3	الجزائر
141,75	19,70	32,30	32,53	26,19	15,32	15,71	710,9	المغرب
145,09	-	-	15,84	29,65	82,67	16,93	1030,7	موريطانيا
<b>725,79</b>	<b>27,22</b>	<b>76,07</b>	<b>106,46</b>	<b>106,71</b>	<b>228,10</b>	<b>181,21</b>	<b>6046,0</b>	<b>المجموع</b>
<b>2576,36</b>	<b>702,89</b>	<b>397,65</b>	<b>382,68</b>	<b>267,96</b>	<b>458,61</b>	<b>364,52</b>	<b>14110,0</b>	<b>المجموع</b>
<b>العام</b>								

المصدر: نبيل روفائيل ، "الإدارة الرشيدة للموارد المائية العربية لتحقيق الأمن المائي العربي" ، أعمال المؤتمر الدولي الثامن الذي نظمه مركز الدراسات العربي - الأوروبي من 21 إلى 23 فيفري 2000 بالقاهرة حول "الأمن المائي العربي" ( ط 1 ؛ بيروت ، لبنان : مركز الدراسات العربي - الأوروبي ، جوان 2000 ) ، ص 604 .

كما هو موضح في الجدول رقم ( 01 ) فإن 45,4 % من إجمالي الأمطار المتساقطة في الوطن العربي يكون من نصيب السودان وحده ، يليها الجزائر بحوالي 9,3 % ، أما نصيب الأقطار العربية الأخرى فهو أقل. و كما هو مبين في الجدول يتوزع المطر المطول في ضوء خطوط تساوي المطر إلى 06 مناطق.

## 2-1- المياه السطحية :

تنتج المياه السطحية \* من هطول الأمطار والثلوج وتتساب على شكل سيول و جداول و أنهار دائمة و مؤقتة من قمم المرتفعات الجبلية التي تسقط عليها الأمطار والثلوج ، و تتساب لتعبر إلى السهول الداخلية لبعض أقطار العالم العربي . و تقدر المياه السطحية المعروفة في الوطن العربي بحدود 296 مليار متر مكعب ، و يوجد حوالي 76 % من المياه السطحية في أربعة دول عربية هي : العراق و مصر و السودان و سوريا ، بينما لا يوجد في كل من البحرين و الكويت و قطر أية مياه سطحية (قاسم ناجي، 1998، ص 58-59). و ينفرد الوطن العربي لشبكات مائية كبيرة مستديمة الجريان باستثناء نهري دجلة و الفرات و نهر النيل و نسيباً نهري الخبر و العاصي و غيرها ، و إن أهم موارد المياه في الوطن العربي تستمد مياهها من خارج الوطن العربي ، كما هو الحال بالنسبة لنهر دجلة و الفرات و نهر النيل الذي يقدر تصريفهم للمياه بحوالي 75 % من إجمالي تصريف الأنهر الدائمة الجريان في المنطقة العربية (قاسم ناجي، 1993، ص 61) . و يبلغ عدد أنهار الوطن العربي 34 نهراً مستديماً أكبرها مساحة حوض نهر النيل حيث تبلغ مساحته ( 21,9 مليون كلم<sup>2</sup> ) وأصغرها مساحة حوض نهر الزهري بلبنان حيث تبلغ مساحته 89 كلم<sup>2</sup>. و أطول أنهار العالم العربي هو نهر النيل حيث يبلغ طوله 6670 كلم و أقصره نهر السين بالعراق و طوله 6 كلم. و يحظى نهر النيل بأنه أكبر الأنهر العربية تصرفًا حيث يصل تصرفه 84 مليار متر مكعب سنوياً (مغاروي شحاته ديبا، 1998، ص 26).

و تصنف الأنهر التي تعتبر المصدر الرئيسي للمياه في الوطن العربي إلى ثلات مجموعات (أيمن البهلوان، 2000، ص 23 - 24) :

**أ- الأنهر الساحلية :** و هي تتبع من السفوح المواجهة للبحر و سرعان ما تصب فيه ، و هي مطيرة شديدة الانحدار لا يستفاد منها في الري وتتجف صيفاً ، و مثل عليها : أبو رقراق في المغرب و العوجا في بلاد الشام .

**ب- الأنهر الداخلية :** و هي تتبع من السفوح المعاكسة للبحر و من الجبال الداخلية ، و هي إما تنتهي إلى البحر عبر منافذ ، أو تنتهي إلى أحواض مغلقة ، و من أمثلتها :

- **نهر العاصي :** ينبع من شمال هضبة بعلبك في لبنان و يتوجه نحو الشمال مخترقاً سهل الغاب في سوريا ، ثم ينبع غرباً ليصب في خليج السويدية على البحر المتوسط بطول 571 كلم .

- **نهر الليطاني :** ينبع من جنوب هضبة بعلبك في لبنان و يخترق البقاع اللبناني ثم ينبع غرباً ليصب في المتوسط على بعد 8 كلم شمال مدينة صور بطول 170 كلم .

- **نهر الأردن :** ينبع من سفوح جبل البرمون و يبدأ النهر عند التقائه نهر بانياس (الذي ينبع من سوريا) بنهر الدان و الحاصباني الذي ينبع من جنوب غرب جبل حرمون في لبنان و يسير بعد ذلك في مجرى واحد متوجه إلى بحيرة الحولة ثم يواصل سيره جنوباً مخترقاً بحيرة طبرية و يرفرف بعدها نهر اليرموك ثم يصب في البحر الميت بعد أن يكون قد قطع مسافة 252 كلم .

**المجردة :** ينبع من شرقى الجزائر و يصب في خليج تونس .

**الشلف :** ينبع من الأطلس الصحراوى و يصب في المتوسط .

**الملوية :** ينبع من جبال الأطلس الأوسط و ينتهي في البحر المتوسط .

- **نهر جوبا و شبيلي :** في الصومال ، و ينبعان من السفوح الجنوبية لهضبة الحبشة ، و يصبان في المحيط الهندي جنوب مدغشقر .

**ج- الأنهر العابرة ( الكبرى ) :** و هي أنهار توفر معظم موارد المياه التي يمكن أن تقوم عليها أكبر المشروعات في الري وتوليد الطاقة الكهربائية ، كما أن العيش والاستقرار في مناطق واسعة من الوطن العربي مدين لوجود تلك الأنهر و على شواطئها ازدهرت الحضارة العربية في مختلف العصور ، فهي لذلك ذات قيمة تاريخية أيضاً . و أهم هذه الأنهر ما يلى :

- **نهر النيل :** يبلغ طوله 6670 كلم و يمتد في مصر 1500 كلم ، و تعتمد مياهه على مصدرتين (إبراهيم سليمان عيسى، 2003، ص 42) :

\* **مياه البحيرات ( أهمها فيكتوريا ) و التلال في القسم الجنوبي من حوض السودان 20 % .**

\* - يقصد بالمياه السطحية المياه التي تحملها الأنهار عبر الأرض العربية سواء كانت هذه الأنهار دائمة أو غير دائمة ( أي ذات تدفق مستمر طوال العام بالنسبة للأولى أو تدفق موسمي بالنسبة للثانية ) .

\* مياه هضبة الحيشة التي تغطي % 80 .

و تشتهر في نهر النيل عشر دول هي: إثيوبيا و الكونغو الديمقراطية و كينيا و جمهورية إفريقيا الوسطى و تنزانيا و رواندا و بوروندي و أوغندا و السودان و مصر . وإذا كان السودان يشكل مجرى النيل فإن مصر تمثل مجراه و مصبه بينما الدول الأخرى تكون منبعه و حوضه . و تعتبر مصر أكثر الدول احتياجا إلى نهر النيل لموقعها الصحراوي و ندرة الأمطار فيها .

- نهر دجلة : ينبع نهر دجلة من هضبة الأناضول جنوب تركيا و من جبال طوروس و جبال زجروس في إيران و يدخل العراق عن طريق سوريا بعد مروره مسافة قصيرة فيها ، و في العراق يستقبل نهر دجلة مياه من روافد الفرات الكبير والفرات الصغير و العظيم و الكرخة و الطيب و الدويرج . و يبلغ متوسط التصرف السنوي لنهر دجلة حوالي 18,4 مليار متر مكعب (مغاوري شحاته دباب، 1998، ص 46).

- نهر الفرات : ينبع نهر الفرات من الأراضي التركية ، و يمر بكل من سوريا و العراق ، و يصب في شط العرب بعد التقائه بنهر دجلة لتصل مياهها في النهاية إلى الخليج العربي . و يبلغ طول نهر الفرات من منبعه إلى مصبه 2700 كلم، 40% منه في تركيا و 25% في سوريا و 35% في العراق (عبد المالك خلف التميمي، 1999، ص 105).

- نهر السنغال : ينبع من هضاب قوتا جالون و يشكل الحدود بين السنغال و موريتانيا ثم يصب في المحيط الأطلسي . و فيما يلي جدول يلخص الأنهر الرئيسية في الوطن العربي التي تتبع من خارج حدوده :

الجدول رقم (02): الأنهر الرئيسية في الوطن العربي التي تتبع من خارج حدوده

النهر الدولي	الدول المشتركة من منبعه إلى مصبه	النهر الدولي	الدول المشتركة من منبعه إلى مصبه
السنغال	غينيا - مالي - السنغال - موريتانيا	النيل	تنزانيا - كينيا - رواندا - أوغندا - السودان - مصر - زaire - الكونغو الديمقراطية - جمهورية إفريقيا الوسطى - إثيوبيا - بوروندي
اتسوي	المغرب - الجزائر	النيل الأبيض	السودان
واد درعه	المغرب - الجزائر	السوبراط	إثيوبيا - السودان
واد الجير	المغرب - الجزائر	النيل الأزرق	إثيوبيا - السودان
تفنة	الجزائر - تونس	عطيرة	إثيوبيا - السودان
مجردة	تنزانيا - كينيا - رواندا - أوغندا - السودان - مصر - زaire - الكونغو الديمقراطية - جمهورية إفريقيا الوسطى - إثيوبيا - بوروندي	القاش	إثيوبيا - السودان

المصدر : عمر كامل حسن ، " نحو إستراتيجية عربية للأمن المائي " ( دمشق ، سوريا : دار و مؤسسة رسالن للطباعة و النشر والتوزيع ، 2008 ) ، ص 35 - 36 .

### 1-3- المياه الجوفية :

لقد أوضحت الدراسات الجيولوجية بأنواعها سواء باستخدام الصور الجوية أو وسائل الاستطلاع الجيوفيزيقي أو من ناتج الحفر المباشر بحثاً عن المياه أو البترول أو مكانن الثروة المعدنية وجود مستودعات مياه جوفية طبيعية بعضها ذو امتداد إقليمي وبعضها الآخر ذو امتداد محلي .

و تحتل المياه الجوفية الفراغات الموجودة في الصخور على شكل مساحات أو شقوق أو كهوف ، و تمثل هذه المياه المخزون الإستراتيجي للعالم العربي الذي يمكن استخدامه وقت الحاجة إليه .

و تبلغ كمية المخزون الإجمالي من المياه الجوفية حوالي ( 7733 7733 مليار متر مكعب ) ، يتعدد منها سنويًا ( كمية المياه الجوفية المتتجدة ) حوالي 42 مليار متر مكعب (قاسم ناجي، 1998، ص 60)، و هناك موارد مياه جوفية كبيرة غير متتجدة ( أحفورية ).

و تتوزع المياه الجوفية بصورة رئيسية على ثلاثة أحواض كبيرة هي (منذر خدام، 2001، ص 23 - 24):  
**- الحوض الأول :** حوض العرق الشرقي الواقع جنوب جبال الأطلس فيالجزائر ويمتد إلى تونس بمساحة ( 400 ألف كم<sup>2</sup>) و هو حوض ارتوازي . و تقدر كمية المياه المخزونة في هذا الحوض بنحو أربعة أضعاف الإمدادات المتتجدة من المياه في المنطقة العربية . و لا يزال هذا الحوض غير مستثمرًا تقريبا .

**- الحوض الثاني :** هو حوض النوبة بين مصر وليبيا و السودان ، و يمتد إلى شمال تشاد و تصل مساحته إلى نحو 1,8 مليون كم<sup>2</sup> منها (150 ألف كم<sup>2</sup>) تحت ارتوازية . و يقدر حجم المياه المخزونة فيه بعشرين ضعفًا من الإمدادات السنوية المتتجدة في الوطن العربي . و يوجد في ليبيا نهرًا اصطناعي ينقل مليوني متر مكعب يوميا من مياه هذا الحوض إلى الساحل الليبي ، و يمكن له أن يروي نحو 180 ألف هكتار من الأراضي الزراعية .

**- الحوض الثالث :** هو حوض الدليسى للمياه الجوفية و يقع بينالأردن و المملكة العربية السعودية ، و تبلغ مساحته نحو (106 ألف كم<sup>2</sup>) . تستفيد من مياه هذا الحوض عملياً السعودية التي استجرت قسمًا منها من مخزونه المائي لزراعة الحبوب و غيرها ، و يبدو أن الحكومة السعودية قد أدركت خطورة ذلك على المدى البعيد فأوقفت الدعم الحكومي لزراعة الحبوب ، مما أدى إلى انكماسها ، فقل نتائج لذلك سحب المياه الجوفية لأغراض الزراعة .  
 تعتبر المياه في الأحواض الثلاثة السابقة الذكر ذات طبيعة أحفورية لا تتعدد مع أن هناك من يخالف هذا الرأي و يرى أن المياه الأحفورية بشكل مطلق غير موجودة، و أن قسمًا من مخزون هذه الأحواض يتتجدد سنويًا (منذر خدام ، 2001، ص 24).

و فيما يلي جدول يبين أحواض المياه الجوفية المشتركة عربياً و دولياً :

### الجدول رقم (03): أحواض المياه الجوفية المشتركة عربياً و دولياً

الدول المشتركة	اسم الحوض
سوريا - لبنان - الأردن - فلسطين	شرق المتوسط
سوريا - الأردن	حوران و جبل العرب
عمان - الإمارات - اليمن - العراق - الأردن - سوريا - السعودية - البحرين - قطر	شرق الجزيرة العربية
مصر - ليبيا - السودان - تشاد	طبقة الحجر الرملي النوبية
المغرب - موريتانيا	تدوف
سوريا - تركيا	الجزيرة العليا
تونس - الجزائر - ليبيا	تشكيلات القاري الأوسط ( حوض العرق الكبير )
الجزائر - تونس - المغرب - موريتانيا - مالي	تشكيلات المركب النهائي ( حوض العرق الكبير ) + حوض تاودني + حوض تدوف

المصدر : من إعداد الباحث استناداً إلى المراجع التالية :

- عمر كامل حسن ، مرجع سبق ذكره ، ص 20 .

- عبد الله الدروبي ، إيهاب جناد ، محمود السباعي ، " إدارة الموارد المائية " ، المؤتمر الوزاري العربي للمياه المنعقد بالقاهرة في 14 - 16 / 07 / 2008 حول " التغير المناخي وتأثيره على الموارد المائية في المنطقة العربية " ( القاهرة ، مصر : جامعة الدول العربية ، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة ، 2008 ) ، ص 10 .

و تقف في طريق الاستفادة من المياه الجوفية العربية في العالم العربي عدة عقبات ، من أهمها : عمق الطبقات المائية ، و بعدها عن مراكز التجمعات السكانية مما يتطلب عليه ارتفاع تكاليف استثمارها ، بالإضافة إلى رداءة نوعية هذه المياه في بعض الأحواض الجوفية نتيجة لخص الخائز الذي يفوق الحدود الآمنة للسحب . و فيما يلي جدول يبين حجم الموارد التقليدية في الوطن العربي :

**الجدول رقم (04): حجم الموارد التقليدية في الوطن العربي ( الوحدة : مليون متر مكعب )**

مجموع الموارد المائية المتجددة*	الموارد المائية الجوفية		الموارد المائية السطحية (داخلية و خارجية )	البيان الدولة
	جوفية متعددة	جوفية غير متعددة		
<b>إقليم المشرق العربي</b>				
1490	12000	590	900	الأردن
25035	-	2935	22100	سوريا
81000	-	1000	80000	العراق
6800	1316	3000	4800	لبنان
4950	-	950	4000	فلسطين
<b>119275</b>	<b>13316</b>	<b>8475</b>	<b>111800</b>	<b>المجموع</b>
<b>إقليم شبه الجزيرة العربية</b>				
284	5000	134	150	الإمارات العربية المتحدة
90	-	90	-	البحرين
5546	354050	2338	3208	السعودية
2034	-	564	1470	عمان
55	2500	55	-	قطر
160	-	160	-	الكويت
4900	-	1400	3500	اليمن
<b>13069</b>	<b>361550</b>	<b>4741</b>	<b>8328</b>	<b>المجموع</b>
<b>الإقليم الأوسط</b>				
66500	6000000	4500	62000	مصر
61545	39000	900	60645	السودان
11456	-	3300	8156	الصومال
199	-	-	199	جيبوتي
<b>139700</b>	<b>6039000</b>	<b>8700</b>	<b>131000</b>	<b>المجموع</b>
<b>إقليم المغرب العربي</b>				
17200	150000	4200	13000	الجزائر
33000	200000	10000	23000	المغرب
4354	170000	1724	2630	تونس
2670	40000	2500	170	ليبيا
7300	400000	1500	5800	موريطانيا
<b>64524</b>	<b>960000</b>	<b>19924</b>	<b>44600</b>	<b>المجموع</b>
<b>336568</b>	<b>7373866</b>	<b>41840</b>	<b>295728</b>	<b>المجموع الكلي</b>

\* الموارد المائية المتعددة = إجمالي المياه السطحية و الجوفية المتعددة .

المصدر: واثق رسول آغا ، " الموارد المائية المتاحة و المسألة المائية في الوطن العربي " ، الندوة البرلمانية العربية الخامسة حول " المياه و دورها الاستراتيجي في الوطن العربي " ( دمشق ، سوريا : الأمانة العامة لاتحاد البرلمان العربي ، 17 – 18 فيفري 1998 ) ، ص 41 .

من معطيات الجدول (04)، يتضح بأن أقفر الأقاليم العربية من حيث ملكيتها للموارد المائية السطحية و الجوفية المتعددة هو إقليم شبه الجزيرة العربية (مع انعدام كلي للمياه السطحية في كل من البحرين، الكويت و قطر)، حيث لا تزيد حصة هذا الإقليم عن 6% من إجمالي الموارد المائية السطحية العربية، و لا تزيد عن 12% من إجمالي الموارد المائية الجوفية المتعددة. و تقسيم ذلك يعود إلى كون معظم دول الإقليم لا تمتلك أنهاراً داخلية أو عابرة ، كما أنها تقع في مناطق صحراوية جافة تتناثر أمطاراً أقل من 100 ملم في السنة مثل الكويت ، قطر و البحرين . ولهذه الأسباب لجأت دول الإقليم

إلى معالجة مياه الصرف الصحي و تحلية مياه البحر التي تعتبر من أهم المصادر التي توفر مياه الشرب والاستعمالات الأخرى لمجموعة كبيرة من دول الخليج النفطية .

## 2- المصادر المائية غير التقليدية :

و يقصد بها الموارد التي يتم توفيرها نتيجة معالجات تكنولوجية معينة لمياه غير صالحة للاستعمال المباشر ، وقد بدأت هذه الموارد تأخذ حيزاً كبيراً في اهتمامات مختلف الأقطار العربية من أجل تأمين مصادر مائية إضافية للتغلب على محدودية الموارد المائية التقليدية و تلبية الطلب المتزايد على الماء . و تضم هذه الموارد غير التقليدية تحلية المياه ، و معالجة مياه الصرف الصحي والزراعي .

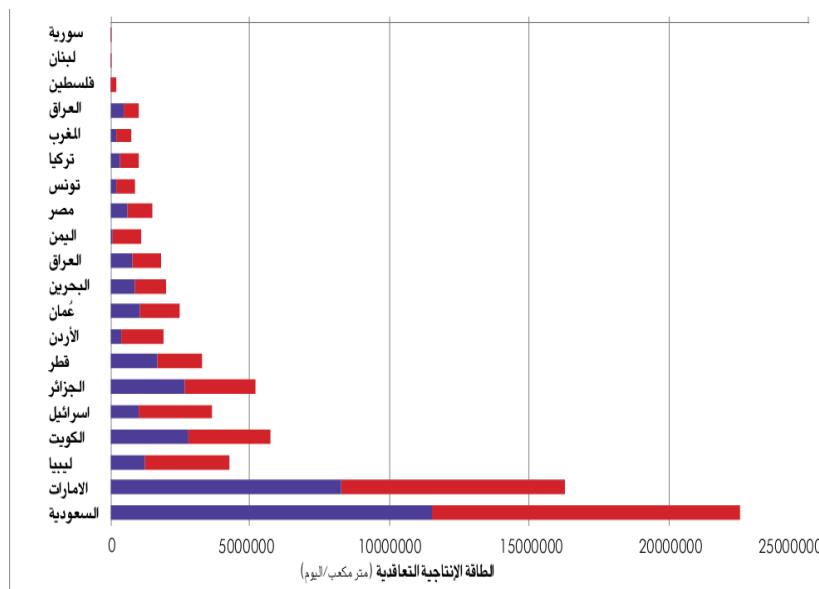
### 2-1- تحلية المياه :

كان من الطبيعي أن تل JACK الأقطار العربية خاصة منها دول الخليج العربي إلى استخدام تقنية تحلية المياه من أجل تأمين مصادر مائية عذبة في ظل الظروف التي فرضتها الطبيعة على هذه الأقطار حيث ندرة الأمطار و موارد المياه التقليدية القابلة للاستخدام لتلبية التزايد الكبير في استهلاك المياه الذي شهدته هذه الأقطار سواء بالنسبة لمياه الشرب (نتيجة للتطور الاقتصادي و الاجتماعي الذي شهدته ) أو بالنسبة لمياه الري . لذا كان الاتجاه إلى تحلية مياه البحر يمثل حل عملياً حيث تقع معظم الأقطار العربية على البحرين الأحمر و الأبيض المتوسط ، والمحيطين الهندي و الأطلسي ، كما تمتد شواطئ البلدان العربية مسافات شاسعة بطول هذه المسطحات المائية ، كما أن مياه البحر تمثل مصدراً غير قابل للنضوب . و تتصدر المنطقة العربية مشهد تحلية المياه عالمياً لامتلاكها ما يزيد على نصف قدرات العالم لتحلية المياه . و على الرغم من أن المياه المحلاة تساهم بحصة ضئيلة جداً من إجمالي إمدادات المياه في المنطقة العربية ( 1,8 في المائة )، فإن مدننا عديدة تحصل على إمدادات المياه جميعها من هذا المصدر تقريباً (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية، 2014، ص 19). و من المتوقع أن تزداد الحصة الكلية من المياه المحلاة نتيجة للتصنيع، و التحضر السريع، و النمو السكاني .

و تمتلك محطات تحلية المياه في البلدان العربية قدرة تراكمية لما يزيد عن 24 مليون متر مكعب يومياً (تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2010، ص 126). و هذا يوازي حوالي 50 في المائة من إجمالي طاقة إنتاج التحلية عالمياً . و سجلت دول الخليج العربي معدلات القدرة الأعلى على تحلية المياه بنسبة ( 81 في المائة )، و الجزائر ( 8,3 في المائة )، و ليبيا ( 4 في المائة )، ثم مصر ( 1,8 في المائة )، كما هو مبين في الشكل رقم(01).

**الشكل رقم (01): المجموع الكلي للطاقة الإنتاجية المتوفرة سنة 2010 و المقررة لسنة 2016 في منطقة الشرق الأوسط**

و شمال إفريقيا



الطاقة الإنتاجية الإضافية بحلول 2016 ■ الطاقة سنة 2010 ■

**المصدر:** تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2010 " البيئة العربية: المياه- إدارة مستدامة لمورد متناقص- " ، ص 127 .

من معطيات الشكل رقم ( 01 ) ، يتبعنا أن عملية تحلية المياه المالحة في العالم العربي تقتصر بشكل رئيسي في دول الخليج العربي و الدول العربية النفطية ( ليبيا و الجزائر ) بسبب الكلفة المرتفعة نسبياً لعملية التحلية ، حيث تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة و هي متواضعة في هذه الدول النفطية . ولقد وصلت عدد محطات التحلية في المملكة العربية السعودية سنة 2008 إلى ثالثين ( 30 ) محطة على ساحلي المملكة الشرقي و الغربي تنتج حوالي ثلاثة ( 03 ) ملايين متر مكعب يومياً من المياه ( مجلة التحلية – العدد 42 ، 1427هـ ، ص 5 ) .

و مع استمرار المعدل المرتفع للزيادة السنوية خلال سنوات العقد المقبل، ستزداد قدرة التحلية بحلول سنة 2016 ، و هذا يحدث في مقابل كلفة عالية . و تخطط البلدان العربية إلى زيادة قدرات تحلية المياه من 36 مليون متر مكعب يومياً في عام 2011 إلى 86 مليون متر مكعب تقريباً بحلول عام 2025 . و ستكون معظم هذه الاستثمارات في دول الخليج، و الجزائر، و ليبيا . و يقدر الغطاء المالي لهذه الاستثمارات بـ 38 مليار دولار، يبلغ نصيب دول الخليج منها 27 مليار دولار ( برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014 ، ص 21) .

## 2-2- معالجة مياه الصرف الصحي :

تصنف معظم البلاد العربية ضمن البلدان الفقيرة مائياً ، و من هذا المنطلق فإنه يجب اعتبار مياه الصرف المعالجة جزءاً أساسياً في الموازنة المائية و أن يتم استخدامها إلى الحد الأقصى الممكن . و لقد بدأ الاهتمام بمصدر مياه الصرف الصحي المعالجة كمورد مكمّل للموارد التقليدية منذ فترة بعيدة لأسباب عده ذكر منها ( نبيل روافائيل ، 2000 ، ص 613 ) : - محدودية الموارد المائية التقليدية المتاحة لتلبية مختلف الاحتياجات التي تزداد يوماً بعد يوم ، و الحاجة إلى إيجاد مصادر مائية جديدة لتلبية الطلب المتزايد على المياه .

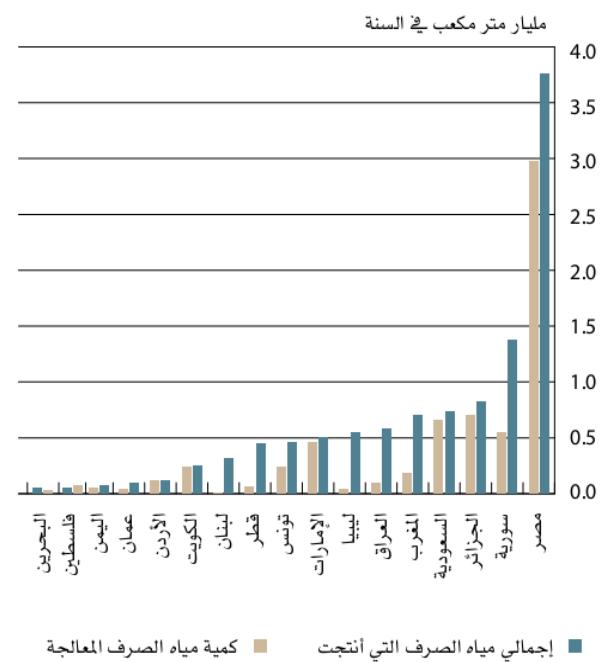
- الازدياد الكبير في عدد سكان المناطق الحضرية مما نجم عنه ازدياد في كميات مياه الصرف الصحي بصورة كبيرة ، و بما أنه يتوفّر في معظم المناطق العربية شبكات صرف صحيٌّ نظامية فإن عدم استعمال هذه المياه يشكل هرماً كبيراً لها .

- المحافظة على البيئة و حماية المياه الجوفية من التلوث نتيجة رشح مياه الصرف الصحي الملوثة إليها .

- أثبتت نتائج الأبحاث التي أجريت حول إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها إمكانية استخدامها في الري بالنسبة لبعض المحاصيل دون أن يتسبب ذلك في آية أضرار صحية على الإنسان و الحيوان .

تنتج البلدان العربية 13,2 مليار متر مكعب من مياه الصرف سنوي، و تعالج 40 في المائة منها تقريباً ( برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية، 2014 ، ص 25 )، و تصرف المياه المتبقية في القنوات المائية المفتوحة، و خزانات مياه البحار و الأرض . وقد قطعت الدول العربية خطوات كبيرة في مجال معالجة مياه الصرف الصحي و إعادة استعمالها في الري . وبعد أن كانت معالجة مياه الصرف الصحي وقفاً على دول الخليج العربية فقط في بداية السبعينيات نظراً لتكلفة المرتفعة لإقامة منشآت معالجة المياه ، ازداد اهتمام الدول العربية بها مع تفاقم مشاكلها المائية . و تتفاوت الدول العربية في مدى الاستفادة من مياه الصرف الصحي المعالجة و خاصة للأغراض الزراعية، كما هو مبين في الشكل رقم ( 02 ) .

**الشكل رقم (02): مياه الصرف المنتجة و المعالجة في بعض البلدان العربية 2009-2010**



المصدر: برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية، "حوكمة المياه في المنطقة العربية: إدارة الندرة وتأمين المستقبل"، مرجع سبق ذكره، ص 24.

و تعلّج المنطقة العربية حصة كبيرة تزيد على حصص مياه الصرف المعالجة في المناطق الأخرى و البالغ معدلها في القارة الآسيوية 35 في المائة، و 14 في المائة في أمريكا اللاتينية و منطقة الكاريبي، و 01 في المائة في القارة الإفريقية (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014 ، ص 25). و لكن هذه الحصة تتوزع على نطاق واسع في الدول العربية بمعدلات مختلفة و متباينة كما هو موضح في الشكل (02). و من الثابت مع مرور الزمن استمرار زيادة كميات مياه الصرف الصحي المجمعة و المعالجة في الدول العربية ، و تزايد أهميتها في الموازنة المائية و اتساع آفاق استخدامها لأغراض شتى أكثرها احتمالاً للأغراض الزراعية. و إذا تم معالجة المياه العادمة، بما في ذلك مياه الصرف الصحي، و استخدامها بطريقة صحيحة مع تجنب المشكلات الصحية و البيئية، فإن من الممكن تلبية الاحتياجات في بعض القطاعات كالزراعة و الصناعة

#### **المحور الثاني: التهديدات التي تواجه سلامة الأمن المائي العربي**

يعرف مصطلح الأمان لغة بأنه "نقيض الخوف" ويعنيطمأنينة والاستقرار والتخلص من الخوف والخطر . و يلخص العالمة "ابن خلدون" الأمان بأنه للأمن من الهزيمة ، وللحيلولة دون ذلك لابد من مضاعفة الحذر ، و القوة ، و الاقتدار ، و التحصن ، و الدفاع ، و الحماية ( رضا بوكراع ، 2000، ص 132 )

وقد عرف الأمن كمصطلح سياسي بأنه "حماية الأمة و حرمة أراضيها و سيادتها و استقلالها السياسي و استقرارها" و هو يرتبط عادة بمفهوم الأمن القومي\*. أما مصطلح الأمن المائي فإنه يشير إلى "توفر المياه بالكمية والجودة الملائمتين للحفاظ على الصحة، و سبل العيش، و النظم البيئية و الإنتاج، يرافقه حد مقبول من المخاطر المرتبطة بالمياه للناس، و النظم البيئية و الاقتصادية" (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتبة الإقليمي للدول العربية ، 2014، ص 69). أما انعدام الأمن المائي فينشأ عن الندرة المادية، إما نتيجة العوامل المناخية أو العوامل الجغرافية أو ندرة المياه، أو من الاستهلاك المفرط أو الاستغلال الجائر، وقد ينبع أيضاً عن أسباب اقتصادية متصلة في فقر البنية التحتية للمجتمع أو في

\* - يعرف الأمن القومي لدولة بأنه الإجراءات التي تتخذها تلك الدولة للحفاظ على كيانها ، و مصالحها في الحاضر و المستقبل ، مع مراعاة المتغيرات الدولية . أنظر في : مدوح كامل ، " **الأمن القومي والأمن الجماعي الدولي**" (القاهرة ، مصر : دار النهضة العربية ، 1985 ) ، ص 28 .

ضعف قدراته، مما يعيق الوصول إلى الموارد المائية المتاحة، أو قد يحدث عندما يتسبب التلوث البيئي للمياه في الحيلولة دون الوصول إلى الموارد المائية (رضا بوكراع ، 2000، ص 132). ولا يخفى على أحد أن الماء يعني الحياة فندرته تؤثر في الأمن الغذائي<sup>\*</sup> و الصناعي ، و تهدد وبالتالي أساس وجود المجتمع و الإنسان ككائن حي . و من الواضح أن الموارد المائية في الوطن العربي تصبح نادرة أكثر فأكثر بسبب محدوديتها من جهة ، و تنامي الطلب عليها من جهة ثانية . و ما هو متاح منها ليس مستقرا ، فتهدده باستمرار التغيرات المناخية و العوامل الطبيعية التي لا يمكن التحكم بها ، بالإضافة إلى التهديدات البشرية الداخلية أو الخارجية التي يختلف الموقف منها بحسب طبيعتها .

### 1- التهديدات الداخلية التي تواجه سلامة الأمن المائي العربي

تنقسم التهديدات الداخلية التي تواجه سلامة الأمن المائي العربي إلى نوعين : تهديدات طبيعية و تهديدات بشرية .

#### 1-1- التهديدات الطبيعية :

تمثل التهديدات الطبيعية التي تواجه سلامة الأمن المائي العربي فيما يأتي :

##### 1-1-1- الجفاف :

المقصود بالجفاف هي درجة منسوب المياه السطحية و الجوفية و تصريف الأنهر دون المعدل المعتاد بالإضافة إلى قلة الأمطار (أمل حمد علي العليان، 1996، ص 23). و من بين جميع الأخطار الطبيعية ، يؤثر الجفاف على الغالبية العظمى من الناس في أنحاء العالم . و لقد عاشت معظم الأقطار العربية ظروفا سيئة من الجفاف أو لا تزال تعيشها ، فدولة الصومال تعرضت لهذه الظاهرة سنة 1986 ، و بلغ عدد المتضررين حوالي ربع مليون نسمة ، نزح معظمهم إلى مناطق أخرى ، و كانت الصومال قد عانت خلال النصف الأول من السبعينيات من الجفاف الذي أدى وقتها إلى القضاء على حوالي نصف الثروة الحيوانية . و خلال الأعوام 1958 - 1964 تعرضت المملكة العربية السعودية لفحص شديد أدى إلى نقص في الماشية تراوح بين 90-50 %، ففي عام 1960 تم حصر الحيوانات المتضررة في القطييف و الإحساء بالمنطقة الشرقية و تبين أنه لم يبق على قيد الحياة في ذلك العام من الحيوانات سوى عدد قليل ، إذ بلغ عدد الأغنام 38.476 رأسا بعد أن كان يبلغ 270.000 رأسا قبل حدوث الجفاف ، و تناقص عدد الإبل من 100.000 إلى 1.565 و الأبقار من 60 ألف رأس إلى 8.296 رأسا (مجدى شندى، 1992، ص 50-51). و في المغرب العربي تشكل ظاهرة الجفاف بأسبابها و آثارها أكبر مبعث القلق الآن. فموارد المياه محدودة و يتوقع أن يتم استغلالها بالكامل خلال وقت قريب ، مما يجعل المنطقة في وضع حرج ، و يعرضها لخطر الفشل في مواجهة فترات الجفاف ، إلى جانب احتمالات تغير المناخ و ما قد يصاحبها من آثار معاكسة ، خاصة في المناطق الجافة و شبه الجافة .

لقد شهدت منطقة المغرب العربي فترات جفاف طويلة و قاسية لم تعاشرها من قبل ، فلقد تعرضت تونس لفتره من الجفاف الشديد ( 1989 - 1991 ) ، و المغرب الأقصى ( 1991 - 1993 ) ( محمد جلاي، 1997 ، ص 253). و في الجزائر وضعت مخططات إستعجالية تم بموجبها تسيير الموارد المائية بصرامة و تقشف كبيرين في مختلف أنحاء الوطن و خاصة العاصمة و بومرداس و تبازة التي خضعت لمخطط " أورساك " أي ( برنامج تقدير استعمال مياه الشرب منذ أبريل 1997 ) . وقد منع هذا المخطط عملية حفر الآبار بطريقة فوضوية و استعمال المضخات و سقي المساحات الخضراء و غسل السيارات .

و إجمالا فقد تسبب الجفاف في إفقار عدد كبير من الشعوب العربية خاصة ذوي القدرة الشرائية الضعيفة ، لما يسببه من غلاء في الأسعار ، كما تسبب في انتشار البطالة و خاصة في أوساط الفلاحين و الهجرة من الريف إلى المدن التي صاحت بها ظواهر اجتماعية سيئة ، مثل التسول و الانحراف و إدمان المخدرات ، و هو الأمر الذي يؤدي إلى عدم استقرار المجتمع .

و كنتيجة لتغير المناخ، من المتوقع أن تشتت العوامل الجوية المسؤولة عن فحولة المنطقة العربية. و مع نهاية القرن الحادي و العشرين، من المتوقع أن تعاني البلدان العربية من نقص في التساقطات ينذر بالخطر نسبته 25 في المائة، و زيادة معدلات التبخر نسبتها 25 في المائة، وفق نماذج تغير المناخ ( تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2011 ، 2011، ص

<sup>\*</sup> - يشير مفهوم الأمن الغذائي على المستوى الوطني إلى مقدرة الدولة على تأمين الاحتياجات الغذائية من السلع الرئيسية لسكانها محليا . أما مفهوم الفجوة الغذائية فيشير إلى عجز الإنتاج المحلي من الغذاء عن تغطية الطلب المحلي عليه و هو ما يسد عادة عن طريق الاستيراد . ألم حمد علي العليان ، مرجع سبق ذكره ، ص 146 .

(59). و ستكون المحصلة النهائية لذلك نقصا هائلا في موارد المياه ، مما يزيد من تفاقم الوضع المائي الشحيم حاليا. كما ستصاب دول شمال إفريقيا، بشكل خاص، بالتبعد المتوقع للرياح الغربية، وهذا ما سيجعل المغرب و الجزائر و ليبيا و تونس معرضة لمخاطر فترات طويلة من الجفاف و فقدان المحاصيل. كما سيكون الوضع مشابها في شرق المتوسط حيث سيعاني كل من لبنان و الأردن و فلسطين من النقص الشديد في كميات الأمطار (تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2010 ، ص 26).

### 2-1-1- التصحر :

تشغل الصحاري ما يقارب 90% من مساحة الوطن العربي ، أي حوالي 120 مليون هكتار حيث لا يزيد المعدل السنوي للأمطار عن 500 ملم (إبراهيم سليمان عيسى ، 2003، ص 22) . و الجدير بالذكر أن مساحة المناطق المتصرحة في العالم العربي قد بلغت حوالي 13 مليون كم<sup>2</sup> (حسن بكر ، 2002، ص 56)، فيما أظهرت دراسة لمنظمة الأغذية و الزراعة الدولية (الفاو) أن حوالي 18% من مساحة الأراضي الزراعية والأراضي القابلة للزراعة في الوطن العربي معرضة للتصحر (أمل حمد علي العليان ، 1996، ص 25). و لعل من أهم أسباب مشكلة التصحر عدم هطول الأمطار ، و سوء استخدام المياه ، و تراكم الأملاح في التربة ، و القطع الجائر للغابات و الاستغلال غير العقلاني للمراعي ، و استنزاف الموارد المائية الجوفية مما يؤدي إلى نضوبها و تدهور نوعيتها و انجراف التربة في المرتفعات الجبلية و الهضاب .

و يبين الجدول التالي المساحات المهددة بالتصحر في الوطن العربي :

**الجدول رقم (05) : المساحات المهددة بالتصحر في الوطن العربي**

الدولة	المساحة المهددة بالتصحر (ألف كم <sup>2</sup> )	النسبة المئوية من المساحة الكلية للدولة
السودان	650	26
الصومال	534	83
ليبيا	380,6	21
موريتانيا	344,2	34,3
العراق	237,6	54,3
الجزائر	230	9,2
المغرب	195	27,4
سوريا	109	58,9
تونس	59	36
الأردن	15,2	16,5
فلسطين	4,4	21

المصدر : حسن بكر ، " حروب المياه في الشرق الأوسط الجديد " ( ط 1 ، القاهرة ، مصر : ميريت للنشر و المعلومات ، 2002 ) ، ص 55 .

كما هو مبين في الجدول رقم (05) فإن أكثر الدول العربية معاناة من تهديد التصحر هي الصومال و سوريا و العراق و التي تتجاوز النسبة فيها 50% من إجمالي مساحة الدولة ، تليها تونس و موريتانيا و التي تتجاوز النسبة فيها 30% و أقلها الجزائر و التي تبلغ النسبة فيها 9,7% . و لعل المجال الأمثل لمعالجة مشكلة التصحر و تخفيف أثارها على الأراضي الزراعية و الغطاء النباتي، هو المحافظة على التربة من الأخطار المائية و الريحية و المحافظة على الغابات و الاستخدام الأمثل للموارد المائية و المحافظة عليها و التخطيط الأمثل لتنميتها و ديمومتها.

### 2-1-2- التهديدات الناجمة عن الأنشطة البشرية :

تتمثل التهديدات البشرية التي تواجه سلامه الأمن المائي العربي فيما يأتي :

#### 2-1-2-1- ارتفاع معدلات النمو السكاني ومستوى التحضر :

لقد زاد النمو السكاني السريع من حدة ندرة المياه التي تواجهها البلدان العربية . فمع أن العوامل الطبيعية كفترات الجفاف المتقطعة و الاحتياطات المحدودة من المياه العذبة تسبب شح المياه، فإن ارتفاع النمو السكاني يفرض ضغوطا إضافية . و تتمثل محددات الطلب على المياه بشكل عام في عدد السكان و مستوى التحضر و المستوى المعيشي و التنموي للدولة . و يستنتج من الأرقام الواردة في تقرير الأمم المتحدة الإنمائي بعنوان " حوكمة المياه في المنطقة العربية: إدارة الندرة و تأمين المستقبل " الصادر سنة 2014 أن عدد سكان الوطن العربي بلغ أكثر من 340 مليون نسمة عام 2011 .

و يتميز الوطن العربي بارتفاع معدلات النمو السكاني مقارنة بالعالم حسب ما يستنتج من تقديرات التقرير السابق، و تختلف هذه النسبة من دولة لأخرى حيث تراوحت بين 1.43% في الجزائر و 2,1% في مصر و 2,29% في السعودية . و تعد مصر من أكبر الدول العربية من حيث عدد السكان حيث بلغ عدد سكانها 82,54 مليون نسمة عام 2011 الجزائر بـ 35,98 مليون نسمة ، في حين كانت أقل الدول العربية سكاناً عام 2011 هي البحرين و قطر و جزر القمر و جيبوتي حيث لم يتجاوز عدد سكان أي منها 01 مليون نسمة كما يوضح الجدول التالي:

#### **الجدول رقم (06): التقديرات السكانية للبلدان العربية سنة 2011**

البلد	السكان (بالمليون) 2011	تقدير السكان وفقاً لكل كيلومتر مربع (2010)	سكن الريف (نسبة مئوية)	سكن الحضر (نسبة مئوية)	النحو السكاني 2011 (بالنسبة المئوية)
الجزائر	35.98	14.89	27.14	72.87	1.43
البحرين	1.32	1660.30	11.31	88.69	4.77
جزر القمر	0.75	395.03	71.93	28.07	2.58
جيبوتي	0.91	38.34	22.92	77.08	1.88
مصر	82.54	81.50	56.46	43.54	1.73
العراق	32.96	73.75	33.5	66.50	2.87
الأردن	6.18	68.11	17.29	82.71	2.19
الكويت	2.82	153.58	1.75	98.25	2.93
لبنان	4.26	413.25	12.75	87.25	0.75
لبيا	6.42	3.61	22.27	77.74	1.06
موريتانيا	3.54	3.36	58.49	41.51	2.34
العرب	32.27	71.59	42.96	57.04	1.00
عمان	2.85	8.99	26.56	73.44	2.26
فلسطين	4.02	648.73	25.65	74.35	2.88
قطر	1.87	151.75	1.23	98.77	6.13
السعودية	28.08	12.77	17.71	82.29	2.29
الصومال	9.56	14.87	62.24	37.76	2.39
السودان	34.32	18.33	66.76	33.24	2.10
سوريا	20.82	111.35	43.93	56.07	1.81
تونس	10.67	67.90	33.69	66.31	1.04
الإمارات	7.89	89.85	15.67	84.33	4.93
اليمن	24.80	45.56	67.68	32.32	3.06

**المصدر:** برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية، " حوكمة المياه في المنطقة العربية: إدارة الندرة و تأمين المستقبل" ، مرجع سبق ذكره ، ص 146 .

و بناءً على تقديرات التقرير السابق (كما هو موضح في الجدول رقم 06) فإن هناك ستة عشرة دولة عربية تتجاوز نسبة سكان المدن فيها 50% من إجمالي السكان في عام 2011 و تدرج هذه النسبة ارتفاعاً لتصل إلى 98,25% من إجمالي السكان كما في الكويت مما يمثل ضغطاً على المياه المتاحة و زيادة الطلب عليها . في حين تقل النسبة في ستة دول عن 50% في عام 2011 و تدرج النسبة في الانخفاض لتصل إلى 28,07% كما في جزر القمر

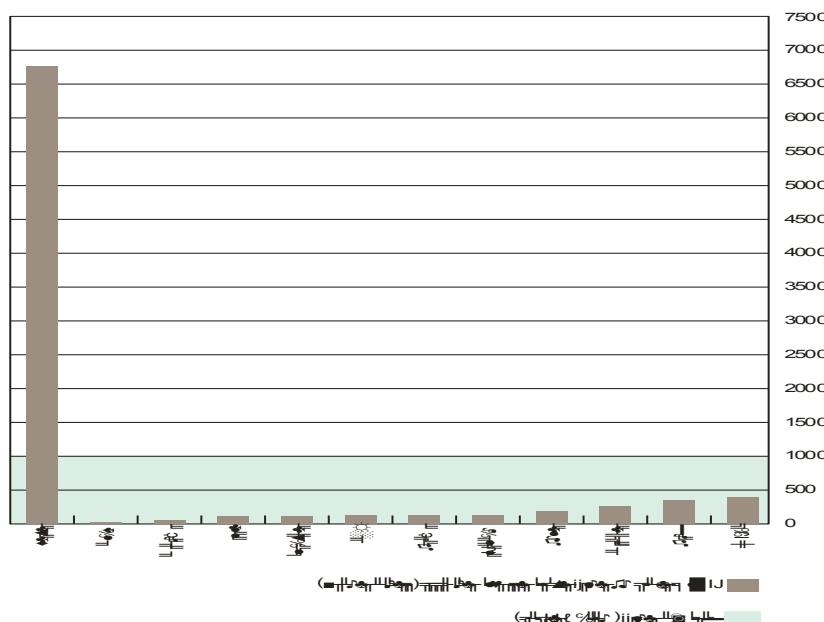
و يشعر العاملون في التنمية الحضرية بقلق متزايد إزاء سرعة نمو المدن ، حيث يعمل المسؤولون الإداريون بصعوبة كبيرة على توفير ما يكفي من الخدمات بما في ذلك المياه المأمونة و المرافق الصحية لعدد متزايد من السكان الحضر و يقيس الخبراء توفر المياه على أساس المقدار السنوي من المياه العذبة المتتجدة للفرد الواحد . و في هذا الصدد أدخلت الهيدرولوجية السويدية ( Malin Falkemark ) مؤشر لقياس الخاص بالماء ( Falkemark , 1993 ) ، فانطلاقاً من تقرير أن 100 لتر من الماء يومياً تمثل القدر الضروري الأدنى للفرد حتى يحافظ على صحته ، و اعتباراً أن الري يتطلب على الأقل 5 مرات أكثر ، وضفت ( Malin Falkemark ) ثلاثة عتبات ( Anne Baer, 1997, p 109) .

- يعتبر بلد ما في حالة خطر أو ضغط أو إجهاد مائي (STRESS) إذا كان الماء المتتجدد سنوياً أقل من  $1700 \text{ m}^3 / \text{فرد}$

- إذا تراوحت كمية المياه المتتجدة سنوياً بين  $500 - 1000 \text{ m}^3$  بالنسبة لكل فرد ، يكون البلد المعنى في حالة عوز أو ندرة أو شح للمياه (CARENCE) .

- يكون البلد في حالة عوز مطلق أو ندرة مطلقة أو الشح الشديد للمياه ( Carence Absolue ) ، إذا قلت كمية المياه المتتجدة سنوياً بالنسبة لكل فرد عن  $500 \text{ m}^3$  .

و تعاني عدة بلدان عربية من الندرة المطلقة أو الشح الشديد في المياه العذبة حيث يقل نصيب الفرد الواحد من المياه عن  $500 \text{ m}^3$  في السنة كما هو موضح في الشكل رقم (03) .

**الشكل رقم (03) : نصيب الفرد من موارد المياه العذبة الداخلية المتعددة ( بالمتر المكعب )**

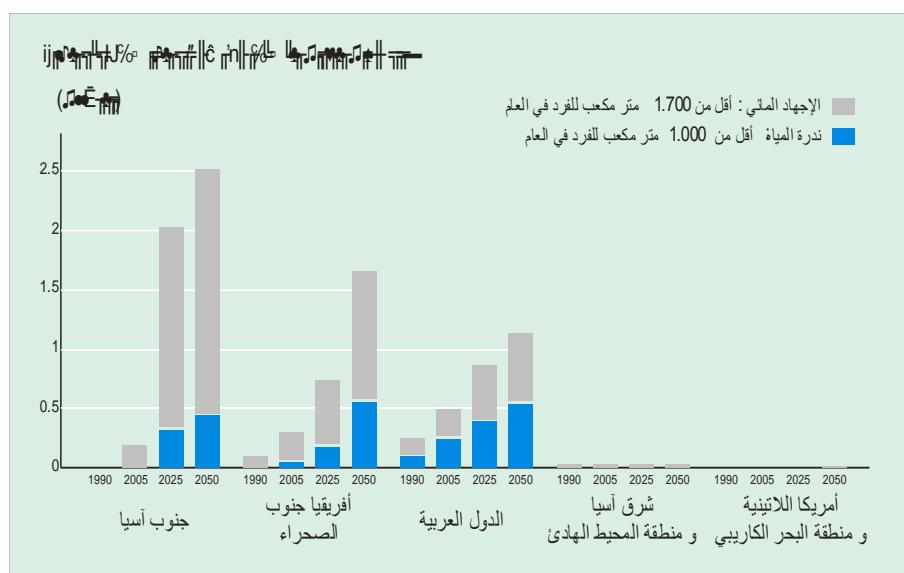
**المصدر :** برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP) ، " تقرير التنمية الإنسانية العربية للعام 2009 : تحديات أمن الإنسان في البلدان العربية " (الأمم المتحدة ، نيويورك : 2009 ) ، ص 38 .

كما هو موضح في الشكل رقم (03) فإن إحدى عشرة دولة عربية تعاني الندرة المطلقة في المياه العذبة المتعددة ، حيث يقل نصيب الفرد الواحد من المياه العذبة عن  $500 \text{ m}^3$  في السنة ، و يكاد يكون هذا النصيب معدوماً في الكويت . و يتجاوز نصيب الفرد في بلدان أخرى  $100.000 \text{ m}^3$  في السنة ( كالنرويج ، نيوزيلندا ، كندا ، الكونغو وأيسلندا ) ( جوزيف بـ، 2005 ، ص 43 ).

و يعيش حوالي 700 مليون شخص في 43 بلد تحت حد الإجهاد المائي . و يعد الشرق الأوسط أكثر مناطق العالم إجهاداً ، باستثناء كل من العراق ، إيران ، لبنان وتركيا ، و هي البلدان التي تأتي فوق هذا الحد ( جوزيف بـ، 2005 ، ص 43 ) . و بحلول عام 2025 سيكون هناك ما يزيد عن 3 مليارات فرد يعيشون في بلدان مجدهة مائياً ، كما هو مبين في الشكل رقم (04) .

**الشكل رقم (04) : عدد سكان البلدان التي تواجه الإجهاد المائي و ندرة المياه (بالبلايين) \***

\* ١ بليون = 1 مليار



**المصدر :** برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (UNDP) ، " تقرير التنمية البشرية للعام 2006 ، ، ما هو أبعد من الندرة : القوة و الفقر و أزمة المياه العالمية " ( منتشرات الأمم المتحدة ، 2006 ) ، ص 136 . كما هو مبين في الشكل رقم ( 04 ) ، فإنه من المتوقع أن تتسارع حدة الإجهاد المائي في العديد من مناطق العالم ، و بحلول عام 2025 سيكون هناك ما يزيد عن 3 مليارات فرد يعيشون في بلدان مجدها مائياً ، و ما يزيد عن المليار فرد يعيشون في بلدان في حالة ندرة المياه . و بالنظر إلى الشكل السابق نلاحظ أن منطقة جنوب آسيا و التي تتميز بكثافة سكانية عالية ، تتضمن أكبر عدد من الأفراد الذين يعيشون في بلدان مجدها مائياً بحلول 2025 ، تليها منطقة إفريقيا جنوب الصحراء ، ثم المنطقة العربية ، و أخيراً شرق آسيا و منطقة المحيط الهادئ .

لقد بلغ معدل المياه المتاحة في المنطقة العربية ككل في عام 2011 حوالي 1065 متر مكعب للفرد الواحد في السنة، أي بلغت المنطقة حافة المعاناة من مشكلة المياه (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014 ، ص 140 ) . و نظراً إلى عدد السكان المتزايد في المنطقة فمن المتوقع أن ينخفض ذلك المتوسط إلى ما دون 1000 متر مكعب للفرد الواحد في السنة، أي بداية حافة المعاناة من ندرة المياه، بحلول عام 2030 برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية (اللجنة الاقتصادية و الاجتماعية لغربي آسيا - الإسكوا - ، 2003 ، ص 8 ) .

إن تزايد السكان في المنطقة العربية بمعدلات مرتفعة تنتهي على ارتفاع مواز في استهلاك المياه لأغراض الشرب و الري و الصناعة و تلبية الحاجات اليومية الأخرى . هذا بالإضافة إلى ضرورة الاحتياط لارتفاع أكبر في هذا الاستهلاك ، إذا ما أخذت في الاعتبار احتمالات تحسن مستويات المعيشة في العالم العربي مستقبلاً ، نظراً إلى العلاقة الوثيقة ، المثبتة من خلال تجربة البلدان الأخرى التي سبقتنا على طريق النمو ، من ارتفاع الدخل و مستوى المعيشة من جهة و بين استهلاك المياه لأغراض المختلفة من جهة أخرى . فمع الانتقال من مرحلة نمو إلى أخرى تنشأ استعمالات جديدة للمياه تضاف إلى سبقاتها، الأمر الذي يؤدي إلى الاستغلال المكثف لموارد المياه المتاحة و وبالتالي إلى التقلص التدريجي للفائض النسبي بين هذه الموارد المتتجدد سنوياً من جهة و بين الاحتياجات المتعاظمة عاماً بعد عام من جهة ثانية . و هذا ما يجعل عامل الأمان يميل نحو الانحسار التدريجي لا بل الانعدام ، خصوصاً إذا ما اعتمدت التقريرات التي يتناولها بعض الباحثين بشأن حجم الطلب المستقبلي على الموارد المائية .

## ٢-١-٢- الهدر و سوء التخطيط والإدارة :

تبرز جذور أخرى لأزمة الموارد المائية في الوطن العربي في نسبة الهدر المرتفعة السائدة على نطاق واسع في البلدان العربية ، و يطال الهدر شبكات نقل وتوزيع المياه في العديد من الدول العربية ، حيث تعاني معظم هذه الشبكات من القدم و الإهتزاء و نقص الصيانة مما يرفع نسبة التسرب و الفاقد\* منها كما هو موضح في الجدول التالي:

**الجدول رقم (07):** معدلات فقدان المياه في نظام توزيع إمدادات المياه في بلدان عربية مختارة لعام 2005

\* - يوجد نوعان من الماء الفاقد أو غير المحتسب هنا الطبيعي، و يتمثل في التسرب في الشبكات و المواسير، بالإضافة إلى الفاقد التجاري، و يتمثل بقراءة العدادات غير الدقيق، و الوصلات الخالسة (الاستخدام غير المشروع أو السرقة).

البلد	النسبة المئوية للمقد
البحرين	15
مصر	50
العراق	50
الأردن	50
الكويت	10-8
لبنان	50
عمان	23
فلسطين	40
السعودية	40-25
سوريا	48
اليمن	30

**المصدر:** برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية، " حوكمة المياه في المنطقة العربية: إدارة الندرة و تأمين المستقبل" ، مرجع سبق ذكره ، ص 143 .

و في تقرير نشر من طرف البنك العالمي سنة 2006 عن المياه في منطقة الشرق الأوسط و شمال إفريقيا فإن بلدان كثيرة في هذه المنطقة تقوم باستخدام مواردها بصورة تتسم بالإسراف. فقد قدر فقد المياه في موريتانيا سنة 2008 بـ 38% في المائة (الجمعية العربية لمرافق المياه - ACWUA - ، 2013، ص 24)، و في اليمن و على الرغم أنه يعني من شح المياه شديدة إلا أن الفاقد يشكل نسبة عالية تتراوح ما بين ( 20-60%) في المائة على مستوى المرافق في الحضر، في حين يقدر الفاقد في الريف (40-60%) في المائة حسب عينات عشوائية لبعض مشاريع الريف. و من خلال مراجعة تقارير مرافق المياه في قطاع الحضر بلغ كمية المياه الفاقدة في اليمن عام 2008 ما يقارب 42,97 مليون متر مكعب (الجمعية العربية لمرافق المياه - ACWUA - ، 2013، ص 64). و في الجزائر تفيد الأرقام الواردة من طرف وزارة الموارد المائية في هذا الصدد و المتعلقة بحجم الفاقد المائي على مستوى شبكات تزويد السكان بالمياه الصالحة للشرب و الصناعة، أنها تبلغ في المتوسط ما بين 25 إلى 30% من إجمالي المياه المنتجة سنة 2011. و حجم المياه غير المحسوبة (الفاقدة) في الدول العربية، و التي تتراوح بين 15 إلى 50% في المائة، يفوق كثيراً حجمها في البلدان المتقدمة، حيث تتراوح بين أقل من 10% في المائة لأنظمة الجديدة إلى 25% في المائة بالنسبة لأنظمة القديمة (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014، ص 45).

كما يتحمل سوء التخطيط و الإداره قسطه من المسؤلية عن اختلال العلاقة بين الموارد المائية المتاحة و بين الطلب على هذه الموارد . و تكمن المشكلة الأساسية على هذا الصعيد في أن التعامل الرسمي ، و حتى الشعبي ( نتيجة لنقص وعي المستهلكين )، مع موضوع المياه كان ينطلق غالباً من أن هذا المورد ، بصفته يتجد مع تجدد الطبيعة نفسها ، غير قابل للنضوب . و انعكست هذه النظرة الغبية في كثير من الحالات نقصاً في التنمية و التطوير و في تعزيز هذا القطاع بالموارد البشرية المؤهلة و انعكست كذلك ضعفاً في أعمال الصيانة و الرقابة و اختلالاً في سياسات التسعير ( انخفاض سعر وحدة المياه في معظم الدول العربية حيث تحرص الحكومات على توفيرها لأفراد المجتمع بأسعار منخفضة لا تعتمد على كلفة استخراجها ). فعلى سبيل المثال يتراوح استهلاك المياه المنزلية للفرد الواحد في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي ما بين 300 لتر إلى 750 لتر في اليوم و هو من بين أعلى المعدلات في العالم. و يعزى الارتفاع إلى العديد من العوامل التي تشمل الدعم الحكومي، و غياب التتبّيّه بالأسعار و إدارة الطلب. فالدعم الحكومي يعني انخفاض رسوم المياه إلى نحو 10% في المائة من الكلفة، مع عدم تقديم أي حواجز للمستهلكين لتوفير المياه (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014، ص 44). و ترتفع تكلفة كل متر مكعب من المياه المحللة في الدول العربية ارتفاعاً يعادل 1,50 دولار - بل و يصل إلى 4 دولارات في الحالات القصوى. و مع ذلك، تباع المياه كسلعة مدعومة تكلفتها أقل من 4 سنوات لكل متر مكعب في بعض البلدان العربية (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014، ص 20).

### 3-2-1- استنزاف مخزون المياه الجوفية و التلوث البيئي للمياه :

تتعرض بعض الأحواض المائية الجوفية في العالم العربي إلى العديد من المشكلات في مقدمتها السحب العشوائي غير المتوازن و المتجلوز لحدود الأمان في بعض الأماكن الأمر الذي قد يؤدي إلى تدهور نوعية المياه فضلاً عن تناقص كميتها و نتيجة لضخ المياه المتزايدة و هبوط مستويات المياه الجوفية، نضبت ينابيع الواحات الجنوبية الجزائرية، و معظم ينابيع

الواحات المصرية في الصحراء الغربية، وينابيع واحة الكفرة الليبية، وينابيع واحة الإحساء في السعودية. وفي دولة الإمارات زاد الضغط الشديد للمياه الجوفية في السهول الساحلية الشرقية من ملوحة المياه، فماتت مزارع النخيل (برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية ، 2014، ص 18)، وفي فلسطين يصبح الماء من طبقة المياه الجوفية الساحلية في غزة بمعدلات تفوق معدلات إعادة تغذيتها، مما يساهم في زيادة تسرب مياه البحر إلى العديد من الآبار المستخدمة لسد حاجة المنازل ورفع درجة ملوحتها (تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2010 ، 2010، ص 46). كما أن التلوث يعد واحداً من أكثر الأخطار التي تهدد المصادر المائية العربية و ذلك بسبب ضعف التقنيات القادرة على حماية المياه من آثار التلوث الصناعي ، الحضري والزراعي ، وهذا يؤدي إلى خسارة كميات هائلة من الموارد المائية السطحية و الجوفية معاً. ويقدم تقرير البنك الدولي "مؤشرات التنمية العالمية" ، الصادر عن البنك الدولي ، معلومات عن تلوث المياه في خمسة عشر بلداً عربياً. وبين التقرير ، أن تونس والجزائر والعراق ومصر والمغرب هي في مقدمة البلدان العربية الأكثر تلوثاً من حيث ارتفاع المعدل اليومي لانبعاث الملوثات العضوية في المياه ( برنامج الأمم المتحدة الإنمائي - UNDP ، تقرير التنمية الإنسانية العربية للعام 2009 ، 2009 ، ص 45).

و نورد فيما يلي بعض الأمثلة عن تلوث الطبقات المائية في دول عربية مختارة (أيمن البهلوى، 2000، ص 31 - 32):

- تلوث الطبقة المائية في (المتيبة) التي تعتبر مصدرًا رئيسيًا لمياه الشرب في مدينة الجزائر وضواحيها جراء نواتج الصرف الصحي و الزراعة و الصناعة ، حيث وصل معدل النترات عام 1988 في بعض آبار المياه إلى 100 ملخ / لتر .
- تلوث الطبقة المائية في منزل بوزلفة في تونس بمياه الصرف الصحي و الزراعي .
- تلوث المياه الجوفية في منطقة الضليل في العاصمة الأردنية عمان نتيجة طرح مياه الصرف الصحي في خربة السمراء ، مما حول مياه السهل التي كانت تستعمل في تأمين الاحتياجات الأهلية و الزراعية إلى مياه غير قابلة للاستعمال .
- تلوث نهر بردى في دمشق بسوريا نتيجة طرح مياه الصرف الصحي ، و إقامة معامل الدباغة على مجرى .

**٤-٢-١. غياب الاتفاقيات و التعاون بين الدول العربية المشتركة في المياه الجوفية الحدودية :**

يقع العديد من مستودعات المياه الجوفية الضخمة للغاية للمنطقة العربية في شمال إفريقيا و شبه الجزيرة العربية ، و يعبر بعضها الحدود الوطنية . و أكثر مستودعات المياه الجوفية المتباين علىها هذه أهمية هي مستودعات المياه الجوفية في النوبة و الديسي . و تقع أجزاء من مستودع المياه الجوفية للصخور الرملية في مصر و ليبيا و السودان ، و تتمثل أكثر المشاكل إثارة للنزاع في الاستغلال الواسع النطاق من طرف ليبيا لمياه هذا المستودع في جنوب شرق ليبيا و نقل المياه إلى المنطقة الساحلية الليبية عن طريق ما يسمى بمشروع "النهر العظيم" الذي صنعته الحكومة الليبية . و ثمة تخوف من احتمال أن يؤدي هذا إلى خفض احتياطات المياه الجوفية على نحو كبير في البلدين الآخرين المجاورين للمستودع مصر و السودان (جيريمي بيركوف، 1994، ص 18). أما تكوينات الديسي (مستودع الديسي للمياه الجوفية في الأردن) فتتمد من الأردن حتى المنطقة الشرقية والجنوبية في المملكة العربية السعودية ، و يبني الأردن قلنه من أن يؤدي الاستغلال المستمر للمستودع في المملكة العربية السعودية من أجل زراعة القمح المنخفض العائد إلى خفض الكميات المتاحة لأغراض الاستعمالات ذات الأولوية القصوى و إلى الأضرار بالمصالح الأردنية (جيريمي بيركوف، 1994، ص 18). و توجد في الجزائر طبقة مائية مهمة و هي (الطبقة المائية الأنبلية) و تمتد إلى ليبيا و لا يوجد قلق الآن بشأن ما تأخذه ليبيا من مياه هذه الطبقة (وزارة التجهيز و التهيئة العمرانية الجزائرية، 1995، ص 204). إلا أن حقوق الأجيال القادمة في المياه يتطلب اتفاق و تعاون السلطات الجزائرية و الليبية في دراسة طبيعة هذه الطبقة المائية و تحديد خصائصها و المعدلات الممكن استغلالها ، و آثارها المحتملة على بلدنا . فالاضطراب المستمر و الكثيف للمياه يمكن أن يفضي مستقبلا إلى انخفاض في مستوى المياه الجوفية المحلية ، كما يمكن أن يؤدي إلى استغلال بئر بعينه، أو مجموعة آبار . و هكذا ، يمكن للاستغلال القريب من الحدود أن يلحق الضرر بمصالح البلد المجاور. و مما لا شك فيه أن الإداررة و الاستغلال على نحو تعاوني ستوفران أساسا لأكثر حلول المنازعات إنصافا .

## 2- الأخطار الخارجية التي تهدد سلامة الأمن المائي العربي:

تبين من دراسة لجامعة الدول العربية أجريت عام 1993 أن 67% من موارد المياه العربية ينبع من أراضٍ غير عربية (كمال حمدان، 1995، ص 89)، الأمر الذي يجعل العالم العربي في موقف حرج إزاء إمكان تحكمه بموارد المائة النهرية، لا سيما ما يتعلق منها بالأنهار المتشابطة. فمنباع أنهار النيل والفرات و دجلة تقع خارج الأراضي العربية ، مع العلم أن هذه الأنهار تشكل مجتمعة نحو 80 إلى 85% من إجمالي الموارد المائية العربية(كمال حمدان، 1995، ص 89)، مما يؤدي إلى تفاقم المنافسة و زيادة حدة التوتر و أخطار إضافية دائمة تهدّد محمل التوازن المائي العربي في ظل مطامع دول الجوار في المياه العربية.

و تبرز المطامع في المياه العربية في الوقت الحالي على ثلاثة محاور رئيسية :

**1-2 محور فلسطين ، الأردن ، سوريا ، ولبنان مع إسرائيل :**

ارتبط قيام دولة إسرائيل بقضية المياه أو عدمها ، فأول بعثة صهيونية أوفدت من طرف الوكالة اليهودية عام 1867 إلى فلسطين كانت تهدف إلى دراسة منسوب المياه في فلسطين و كذلك البحيرات و الأنهر و الآبار الجوفية ، و قدمت هذه البعثة تقريرا كاملاً للوكلاء عن دراستها المائية على الأرض الفلسطينية . و قبل ذلك ، كان هناك مشروع صهيوني يقضي بقيام دولة إسرائيل في منطقة العريش المصرية و لكن صرف النظر عن هذا المشروع لاستحالة إيصال مياه النيل إلى منطقة العريش ولم تكن التقنية الحالية متوفرة في ذلك الوقت (محمد عجلاني، 2000، ص 5). أما المشروع الصهيوني بإقامة دولة إسرائيل في أوغندا حيث توفر المياه الغزيرة فلم يكتب له النجاح لمعارضة المتدينين اليهود و إصرارهم على قيام دولة إسرائيل على "أرض الميعاد" كما يزعمون بذلك . و أول بعثة يهودية مكونة من مهاجرين يهود قدمت إلى فلسطين في عام 1880 كانت مؤلفة من خبراء مائتين يهود ، واستوطنا في المناطق الغزيرة بالمياه كصفد و يافا . و معظم المصادر المائية لإسرائيل تأتيها من الأراضي العربية المحتلة .

و تسيطر إسرائيل على حوالي 80% من مياه الضفة الغربية ، التي تزود إسرائيل بحوالي 30% من احتياجاتها المائية (هاني أحمد أبو قديس، 2004، ص 80). كما أنها تستولي على كميات متزايدة من الأنهر العربية المجاورة لها في الأردن و لبنان ، بالإضافة إلى استغلال (230 مليون م<sup>3</sup>) من مياه نهر العوجا الأردني ، فإن إسرائيل تعتصب ما مجموعه (660 مليون م<sup>3</sup>) سنوياً من أعلى نهر الأردن ، و تقوم بتخزينها في بحيرة طبرية(حسين معلوم، 2000، ص 28). و للعلم فإن نهر الأردن ينبع من جبل الشيخ بلبنان ، على ارتفاع 2814 مترا فوق سطح البحر ، و يبلغ طوله 360 كيلو مترا و مساحة حوضه 11,5 كيلو مترا مربعا ، تمتلك الأردن منه 54% و سوريا 29,5% و إسرائيل 10,5% و لبنان 6%. و من نسبة 10,5% التي تمتلكها إسرائيل يقع 3% فقط داخل حدودها ، أماباقي و قدره 7,5% فيقع في الضفة الغربية(محمود أبو زيد، 1998، ص 131). و يعتبر نهر اليرموك الرافد الرئيسي لنهر الأردن كما أنه يمثل الفاصل الطبيعي بين سوريا و الأردن ، وأيضاً يفصل إسرائيل عن الأردن .

و من جانب آخر ، فإن العلاقات الأردنية \_الإسرائيلية غير مستقرة رغم اتفاقية السلام الموقعة بين البلدين في وادي عربة سنة 1994 ، و خاصة فيما يتعلق بالمياه ، ففي مارس 1999 تراجعت إسرائيل عن التزامها وفقاً للمعاهدة بتزويد الأردن بما قيمته 55 مليون متر مكعب سنوياً من المياه ، و قررت من جانب واحد ، تقليص الكمية إلى 18 مليون متر مكعب(حسام الدين ربيع الإمام، 2004، ص 42).

و تعتبر المسألة المائية من أشد النقاط خلافاً بين سوريا و إسرائيل ، فالجولان لا يكتسب أهمية إستراتيجية عسكرية و أممية فقط ، بل يكتسب دوراً رئيسياً في نزاع المياه مع إسرائيل . و قد بدأ ذلك واضحاً في محاديث السلام التي جرت بين سوريا و إسرائيل برعاية الولايات المتحدة الأمريكية في واي ريفر ، حيث استعدت إسرائيل للانسحاب من الجولان كلها ، باستثناء شريط على طول شاطئ بحيرة طبرية ، لتضمن السيطرة على البحيرة كلها ، إلا أن سوريا رفضت ذلك ، و هذا الأمر يبيّن الأهمية الكبيرة للمياه و المطامع الإسرائيلية للسيطرة عليها في المنطقة (هاني أحمد أبو قدис، 2004، ص 81). وقد لعبت إسرائيل دوراً كبيراً في حرمان لبنان أيضاً من استغلال نهر الليطاني أثناء احتلالها للجنوب و تحاول عرقلة جهود لبنان للاستفادة من نهر الوزاني .

**2- محور سوريا و العراق مع تركيا :**

تسيد تركيا على واحد من أهم الموارد المائية للوطن العربي ، فمياه نهر دجلة و الفرات تأتي من ثلوج هضبة أرمينية التركية ، و مع ازدياد أهمية المياه لاقتصاد دولة المنظمة يتزايد الشعور التركي بالأهمية السياسية الناتجة عن السيطرة على مصادر المياه لبلدين عربين هما سوريا و العراق .

و تمضي تركيا في تنفيذ مخططاتها الرامية إلى السيطرة الكاملة على نهر دجلة و الفرات و حرمان سوريا و العراق من الاستفادة من مياههما و استغلال هذه المياه في استثمار أكبر مساحة ممكنة من الأراضي التركية متغافلة مصالح سوريا و العراق في الاستفادة من هذه المياه . و نشير هنا إلى أن الحكومة التركية تماطل في توقيع أية اتفاقيات نهائية حول تقاسم مياه النهرين ريثما تتمكن من إنجاز مشاريع الري التي بدأت بإنشائها على نهر دجلة و الفرات و ذلك لثبت الأمور الواقع في الحصول على ما تريده من كميات مياه النهرين (أيمن البهلوان، 2000، ص 41-42).

و في محاولة لمد نفوذها الاقتصادي و إعلام مكانتها السياسية ، تبحث تركيا منذ عام 1987 ، بالتعاون مع الولايات المتحدة الأمريكية ، في مشروع إنشاء خطى أنابيب من تركيا إلى البلدان العربية و إسرائيل (مشروع أنبوب السلام التركي ) على أن توفر المياه من نهر سيناء و جيجان التركيين اللذين يبلغ تصريفهما الوسطي اليومي (39 مليون م<sup>3</sup>) . و يقضي المشروع الذي عهد بدراسته إلى شركة أمريكية هي Brown & Roots International ، بنقل حوالي (6 ملايين م<sup>3</sup>) من المياه إلى دول الخليج و سوريا و الأردن ، و تصل كلفته الإجمالية إلى نحو 22 مليار دولار أمريكي (كمال حمدان،

1995، ص 90). و تهدف تركيا من وراء هذا المشروع إلى التحكم حتى ب المياه الشرب لدول المنطقة ، و هي التي تفك بجعل هذه الدول سوقاً لمنتجاتها و لمقاييس المياه بالنفط كي تحقق لنفسها مكانة سياسية و اقتصادية مرموقة في هذه المنطقة . و قد أعيق المشروع حتى الآن بسبب رود الفعل العربية ، حيث رفضت المشروع أغلب الدول العربية التي كان من المخطط أن تكون المستفيدة منه . و ذلك لتخوف هذه الدول أن تسلم مصيرها في موضوع حيوى كالمياه لتتحكم فيه دولة المصدر (تركيا) و تستخدمة كورقة ضاغطة عليهم لتوافق سياستهم مع مصالحها ، ثم لرفض العرب أيضاً لأن تكون إسرائيل من بين الدول المستفيدة منه (مجدى صبحي، 2000، ص 11). و لأجل ملء سد خزان أتانورك قامت تركيا بقطع المياه عن سوريا و العراق في الفترة من 13 جانفي إلى 13 فيفري 1990 . و رفضت الضغوط السورية و العراقية بتقليل فترة انقطاع المياه إلى أسبوعين بدلاً من شهر ، أضافت تركيا إلى ذلك قولها بأنها طبقاً لقواعد القانون الدولي ، فقد قامت بإبلاغ سوريا و العراق عن فترة انقطاع المياه بل و سمحت بتدفق المياه بمعدلات أكبر قبل فترة انقطاعها لكي تعيش العراق و سوريا عن فترة الانقطاع الكامل (مجدى صبحي، 2000، ص 10). و لقد أثر إجراء قطع المياه لمدة شهر على أكثر من مليون و نصف مزارع عراقي و الحق أضراراً كبيرة بمحاصيل الأرز و القمح ، و بأكثر من 5,5 مليون إنسان عراقي يعيشون على ضفاف الفرات . و في سوريا انخفض في فترة القطع المذكورة منسوب بحيرة الأسد ، و تسبب هذا الانخفاض في إلحاق خسائر كبيرة في اقتصاد سوريا لما سببه من تعطل في المصالح الصناعية و الزراعية . و اضطر المزارعون السوريون على ضفاف الفرات لبيع مواشيهم بأسعار متدنية ، و مات البعض منهم عطشاً ، و ماتت أشجار كثيرة لفلاحي المنطقة (أمين البهلو، 2000، ص 32-33).

و ترى تركيا أن لها حق السيادة على المياه التي تتبع من أراضيها ، و إذا أرادت الدول العربية الحصول على المياه فإن عليها دفع ثمن مقابل هذه المياه من النفط العربي . و يؤكد هذا الموقف ما صرّح به عام 1992 الرئيس التركي سليمان ديميريل ، أثناء افتتاح سد أتانورك حيث قال : " إن سوريا و العراق لا يستطيعان المطالبة بنصيب في مياه تركيا مثلاً لا تستطيع تركيا أن تطالب بنصيب في نفطهما ، و لنا كل الحق في عمل ما نريد ، فموارد المياه لتركيا و موارد النفط ملكهم ، إننا لا نطالب باقتسام موارد نفطهم ، لذلك فهم لا يستطيعون أن يطالبا باقتسام مواردنا من المياه " (خالد محمد الأصول، 1998، ص 5). و الواقع أن هذا الطرح التركي لمقاييس المياه بالنفط ينطوي على سابقة خطيرة ، و يتنافي مع كل الأعراف و القوانين المتعلقة بتقاسم مياه الأنهار الدولية الواقعة في أدنى حوض النهر.

لقد طورت تركيا بالفعل عدة مشاريع لخزن المياه و نقلها ، و تمكنت بفضلها من تحويل كميات كبيرة من مياه حوضي دجلة و الفرات إلى مناطق أكثر جفافاً (قرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2010، 2010، ص 26) ، و مع اقتراب تركيا من إكمال بناء سد أليسو على نهر دجلة داخل أراضيها و الذي بدأ إنشاؤه سنة 2006 بارتفاع 135 متر ، تزداد المخاوف في العراق من تأثيراتهم السلبية ، لا سيما و هو يعني شحًا في المياه ، نتيجة تقليل خصصه المائية من نهري دجلة و الفرات ، و روادهما من قبل دول الجوار.

إن بناء سد أليسو كما يراه الخبراء سيترك انعكاسات خطيرة على الواقع الاقتصادي لسكان حوض دجلة في العراق نتيجة لانخفاض واردات المياه الجارية إلى البلاد ، حيث سيتردى الوضع الاقتصادي لل فلاحين والمزارعين الذين يعتمدون بصورة أساسية على مياه النهر في إرواء حقولهم ومزارعهم التي ستعاني من قلة إمدادات المياه ، إلى جانب ظهور الحاجة إلى الاستيراد بدلاً من الاكتفاء الذاتي أو شبه الذاتي لبعض المحاصيل الزراعية ، و حدوث زيادة كبيرة في معدلات البطالة الناجمة عن ارتفاع هجرة الفلاحين وانخفاض فرص العمل بالنسبة للعاطلين منهم.

### 2-3- محور مصر و السودان مع إثيوبيا :

يعتبر نهر النيل أطول نهر في العالم ، تقسم حوضه عشرة دول ، منها ثمانية دول في حوضه الأعلى حيث منابع النهر ، و دولتان هما مصر و السودان ، تقسمان حوضه الأسفل . و تعتبر مصر من أشد دول حوض النيل احتياجاً لمياه هذا النهر إذ أنها تعتمد عليها اعتماداً يكاد يكون كلياً في الحصول على حاجتها من المياه العذبة لاستعمالات الزراعية و الصناعية و المنزلية .

و إذا تأملنا موارد مصر من المياه و استهلاكها فإننا نجد مصادرها الداخلية و المقدرة بـ 2,6 كم مكعب سنوياً لا تلبِي إلا 5% من احتياجاتها من المياه العذبة سنوياً ، بينما تحصل مصر على 95% من حاجتها من مياه النيل إذ تبلغ حصتها من النهر نحو 55,5 كم مكعب سنوياً (أمين حامد مشعل، 1995، ص 28). و لهذا فإن أي نقص في كمية المياه التي ترد إليها من نهر النيل سيؤثر تأثيراً سلبياً قوياً و مباشرًا على إنتاجها الزراعي و الصناعي . و لذلك فإن مصر غير مستعدة للتغريب في أي جزء من حصتها الحالية من ماء النيل.

إن اهتمام دول حوض النيل بمشكلات المياه القائمة تدل على قلقها من المستقبل لأن النيل بالنسبة لها يشكل شريان الحياة و بخاصة مصر و السودان ، و قد عقدت ندوة بلدان حوض النيل في بانكوك في جانفي 1986 ، و التينظمها برنامج التنمية

التابع للأمم المتحدة ، و وافق المشاركون في الندوة باستثناء إثيوبيا على توصيات مهمة بضرورة التعاون في اقتسام موارد المياه على أساس العدالة المشتركة ، و ضرورة أن تكون المعالجة التي تتبعها بلدان حوض النيل من أجل التطوير الشامل للموارد المائية بحيث تتلاعما مع الحاجات الخاصة لبلدان الحوض ، و طالبوا بدعم برنامج التنمية التابع للأمم المتحدة ، و كذلك التشاور الدائم بين دول الحوض لتعزيز التعاون (عبد المالك خلف التيميسي، 1999، ص 161). يبد أن عدم موافقة إثيوبيا يثير القلق ، ذلك أن إثيوبيا دولة مهمة في حوض النهر ، بل أنها تمتلك أهم مصدر لمياه النيل ، و هي بذلك ليست قلقة على المياه ، و مما يزيد من توثر الموقف ظهور نشط لإسرائيل في إثيوبيا ، حيث تسعى إسرائيل للضغط على دول حوض النيل و خاصة مصر و السودان من خلال تقديم المساعدات لإثيوبيا ، لتشجيعها على تنفيذ المشروعات المائية التي تشمل إقامة العديد من السدود على نهر النيل الأزرق . و حتى الآن ما يزال التعاون العسكري و الأمني و التقني قائما بين إثيوبيا و إسرائيل و كان هذا التعاون قد سمح لإسرائيل بتهجير عشرات الآلاف من يهود الفلاشا إلى فلسطين المحتلة مقابل مساعدات عسكرية و مالية (أيمن البهلوان، 2000، ص 82).

لقد ألقى مشروع "سد النهضة" الذي تشرع إثيوبيا في بنائه على ح صتها من نهر النيل الضوء مجدداً على مشكلة الأمن المائي التي تواجه الوطن العربي ، و يأتي القلق الشعبي المصري بعد أن كشفت تقارير عن سد النهضة الإثيوبي أنه في حالة «الماء والتشغيل» للسد سيحدث عجزاً مائياً في إيرادات النهر أمام السد العالي، و ستتم زيادة الانخفاض في توليد الكهرباء من هذا السد. و سد النهضة أو سد الألفية الكبير، هو سد إثيوبي قيد البناء ، يقع على النيل الأزرق، بالقرب من الحدود الإثيوبية السودانية. و عند اكتمال إنشائه، يصبح أكبر سد كهرومائي في القارة الأفريقية.

وحسب دراسات عن السد، فإن ارتفاعه سيبلغ نحو 145 متراً، و تبلغ سعته التخزينية 74 مليار متر مكعب من المياه. و يتخوف أن يتسبب بناء السد في مخاطر و تحديات محتملة على الأمان المائي لمصر ، من أن يفقدهما كمية كبيرة من المياه ، تتراوح بين خمسة و 25 مليار مكعب ، فضلاً عن أن نقص مخزون المياه خلف السد العالي ، سيؤثر سلباً على الطاقة الكهربائية المتولدة منه ، بما يتراوح بين 20 و 40 %، بحسب خبراء في مجال المياه. و تكمم مشكلة هذا السد ، في الفترة الزمنية المطلوبة لملء خزانه ، الذي سيحتاج إلى كميات كبيرة من مياه النيل الأزرق ، التي تنتهي إلى السودان ثم مصر (دولتي المصب) ، لذلك فمن المتوقع أن تقل حصة البلدين ، من تدفق النيل بشكل ملحوظ خلال تلك الفترة.

#### الختمة:

من خلال دراستنا لهذا الموضوع يتبيّن لنا أن المنطقة العربية توشك على الدخول في أزمة خطيرة ناجمة عن النقص الحاد في أهم مواردها الطبيعية الحيوية والإستراتيجية ، و هي المياه . فعدد قليل من دول المنطقة العربية لديها ما يكفيها من المياه ، و معظمها لديها مصادر غير كافية . و في الوقت نفسه فإن ما سبقت الإشارة إليه حول النمو السكاني ، و التوسع في الزراعة و الصناعة يزيد من الطلب على المياه ، و يدفع الدول التي تعاني نقصا في هذا المورد إلى البحث عن مصادر بديلة جديدة للمياه تساهم في حل مشكلة الندرة و النوعية في المستقبل ، إضافة إلى توفير عناصر أخرى أساسية في ترشيد استعمالات المياه في مختلف المجالات و تعظيم العائد منها . كما يفترض الاهتمام بعقد اتفاقيات للمياه و التعاون بين البلدان العربية المشتركة في الأحواض ، و عقد اتفاقيات مع دول الجوار التي تمتلك مصادر المياه السطحية و السعي لإقامة علاقات سياسية و اقتصادية جيدة مع دول الجوار التي تشتراك معها البلدان العربية في أحواض الأنهر أو المياه الجوفية الحدودية ، بعد إقامة علاقات جيدة و حل المشكلات العالقة بين الدول العربية نفسها .

و فيما يخص تحقيق الأمان المائي في المنطقة العربية فإننا نرى أنه يتطلب ما يلي :

1- ضرورة الاعتماد على الإدارة المتكاملة للموارد المائية لتحقيق التنمية المستدامة التي تلبي احتياجات الحاضر دون المساس بحق الأجيال القادمة في الحصول على احتياجاتها ، و التركيز على أهمية الاستعانة بالتقنيات المطورة لإدارة الطلب على المياه من أجل الاقتصاد في استعمال المياه .

2- دعم الأبحاث العلمية لتقديم الحلول المناسبة عن طريق تقنيات تزيد الاستفادة من مصادر المياه و استغلالها على أسس سليمة ، و العمل كذلك على إيجاد آلية لتوفير الدعم و التمويل اللازم لهذا البحث .

3- تنمية قدرات الموارد البشرية ، لتحقيق أهداف الإدارة المتكاملة للموارد المائية ، بتطوير برامج تدريبية مكثفة و مستمرة و على كل المستويات و لتشمل أعلى المراتب الوظيفية لمواكبة التطورات العلمية و الإدارية في هذا المجال ، و توفير المنح الراسية للقيام بالدراسات العليا في موضوع إدارة الطلب و تنمية الموارد المائية .

4- من الضروري تبني التقنيات المتطورة لتخزين المياه و إقامة نظم حديثة لنقل المياه من مصادرها إلى مناطق استخدامها لقليل المفقود و وقف هدر المياه . و نجد أن هذا المفقود في شبكات التوزيع يمكن تقليله عن طريق تغيير الأجزاء القديمة من الشبكات و إصلاح أو تغيير الأجزاء التالفة أو المتأكلة ، إضافة إلى استخدام وسائل التحكم المركزي في الكشف عن

التربات في الشبكة و تسجيل ضغوط المياه و ضمان استقرارها في خطوط الشبكات لتفادي الزيادة المفاجئة في الضغط الذي يسبب انكسار الشبكة .

5- طرق الري (السقي) المتبعية في معظم الدول العربية هي طريقة السقي بالغمر باستخدام الأحاديد أو الأحواض ، و هي طرق بدائية و ذات كفاءة منخفضة تؤدي إلى تبخر و هدر كميات كبيرة من المياه . لذا من الضروري تعزيز تطبيق التقنيات الحديثة في السقي كاستعمال الري بالمرشات أو التقطيف لخفض المياه الضائعة ، و استخدام الموارد المائية غير التقليدية في الزراعة (المياه المستعملة و غيرها) من أجل تجاوز مشاكل شح الموارد المائية .

6- العمل على التعبئة القصوى للموارد المائية مع التوجه إلى استعمال المياه غير التقليدية المتأتية من المياه المالحة و مياه الصرف الصحي المعالجة . و يجب صيانة السدود و الخزانات المائية و المحافظة عليها من التلوث و التربات بالطمي، و هناك حلول لترسبات الطمي في السدود ، حيث يمكن بناء خزان في أعلى المجرى المائي يكون بمثابة مكان التقاط هذه التربات . و على المدى الطويل ، فإن أكثر الحلول نجاعة هو نظام حفظ التربة من الانجراف في أماكن تجمع الأمطار عن طريق عمليات التسجير المكثفة .

7- حماية المياه السطحية و الجوفية من أخطار التلوث، حيث أن فساد نوعية الطبقات المائية أو الأودية بالملوثات عن طريق الفضلات الصناعية و الحضرية و الأسمدة قد تخرج كميات معتبرة من المياه من دائرة الاستغلال . و عليه فإن سياسة حازمة لحفظ الموارد المائية و حمايتها من التلوث تفرض نفسها في كل مكان، و يجب أن تتركز على الإجراءات التالية :

- وضع حوافز مالية لتشجيع المنتجات الصناعية غير الملوثة للبيئة .

- نقل المصانع من المناطق السكنية و الواقعة على المجاري المائية إلى المدن الصناعية الجديدة .

- فصل مياه الصرف الصناعي عن الصرف الصحي .

- توفير محطات معالجة مياه الصرف في المصانع قبل صرفها في المجاري العامة .

- فرض غرامات مرتبطة بكمية الملوثات .

- تشجيع و تحفيز استخدام طرق الزراعة غير الضارة بالبيئة ، و التحكم في استخدام الأسمدة و المواد الكيميائية المستخدمة في الزراعة .

- زيادة محطات معالجة مياه الصرف الصحي .

8- الاقتصاد في استعمال المياه بتوعية المواطنين و إرشادهم بأن المياه مادة ثمينة يجب التوفير في استعمالها إلى أقصى حد ممكن .

9- حقوق الأجيال القادمة في المياه يتطلب اتفاق و تعاون سلطات البلدان المشاركة في الأنهر و الطبقات المائية في دراسة طبيعة الأنهر و الطبقات المائية التي تشتراك فيها البلدان و تحديد خصائصها و المعدلات الممكن استغلالها ، و آثارها المحتملة على البلدان المشاركة . فالاضغط المستمر و الكثيف للمياه يمكن أن يفضي مستقبلاً إلى انخفاض في مستوى المياه السطحية و الجوفية المحلية ، كما يمكن أن يؤدي إلى استنزاف بئر بعينه ، أو مجموعة آبار .

10- التسعيرة الحالية لبيع الماء تجعل كل المؤسسات العمومية المكلفة بإنتاج و توزيع الماء في الدول العربية عاجزة(مفاسدة)، غير قادرة على تغطية تكاليف الأنشطة التي يتكلفون بها، وبالتالي فإن هذه التسعيرة لا تسمح بالتطبيق الفعلي لمقاييس الاستقلالية المالية للمؤسسات وهكذا فإن الخدمة المقدمة تبقى رديئة .

إن إعادة النظر في هذا السعر و ضبطه ليتلاءم مع تكاليف الإنتاج أصبح ضرورياً إذا أردنا أن تعمل شبكاتنا بصفة جيدة و محاربة التبذير، و ترشيد و عقلنة استهلاك الماء ، و انطلاق المشاريع للمحافظة على هذا المورد النفيس . و يجب أن تعكس التسعيرة حقيقة تكاليف الإنتاج مع مراعاة قدرة الفقراء و الفئات المحرومة و ذوي الدخل المحدود الحصول على حصتهم من المياه النقية. و نقترح هنا إدخال إعانات حكومية على استهلاك الفقراء و الفئات المحرومة و ذوي الدخل المحدود . أما بالنسبة للشرايخ و الفئات الأخرى ، فيجب أن يعكس السعر تكلفة الماء الحقيقة .

11-اقتقاء و تعميم العادات على كل المستهلكين للمياه و تغطية البلديات غير المغطاة.

12- الإعداد النقاقي الجيد للمرأة حول أهمية المياه الذي ينعكس إيجاباً على الحد من الهدر المائي ، كون الأم لها دور كبير في تربية الأطفال و غرس روح المسؤولية فيهم و الحرص على الحفاظ على المياه .

13- التنسيق بين وسائل الإعلام و المؤسسات المهتمة بشؤون المياه في اختيار الإعلانات و الأفلام المصورة عن الحملة الإعلامية للمحافظة على المياه .

14- تخصيص مادة دراسية تعرف بالطبيعة و أهميتها خاصة المياه منها و وسائل تقنيات استخدامها . و يجب أن لا تقتصر المادة الدراسية بمعلومات عن الطبيعة و المياه ، وإنما ترافق بصور و أشكال بيانية توضح أهميتها و تأثيراتها الكارثية

على البشر و الحيوان و النبات في حال نقص المياه . بالإضافة إلى تنظيم رحلات مدرسية للطلبة للأماكن الطبيعية خاصة منها مصادر المياه و البحيرات و معامل التحلية و مراكز تنقيتها و تصريفها بغية ترسيخ المبادئ الأساسية للنهج الدراسي في ذهن الطالب .

15- ضرورة التنسيق بين القطاعات المختلفة في الدولة ( الخدمية ، الزراعية و الصناعية ) للنهوض بقطاع المياه . فمثلاً لتوسيع الأراضي الزراعية ، لا بد من وجود تنسيق كامل بين قطاع المياه و الزراعة بحيث يأخذ هذا الأخير بعين الاعتبار كمية المياه المتوفرة . و قطاع المياه هو الذي يجب أن يحدد التنمية في القطاعات الأخرى و ليس العكس . لذا فإن إجراءات التنسيق بين قطاعات الدولة ذو أهمية كبيرة في تحقيق التوازن و التوزيع العادل للمياه ، و إن عدم التزام إحدى تلك القطاعات بحصصها المائية سيؤدي إلى خلل بالموازنة المائية للقطاعات الأخرى .

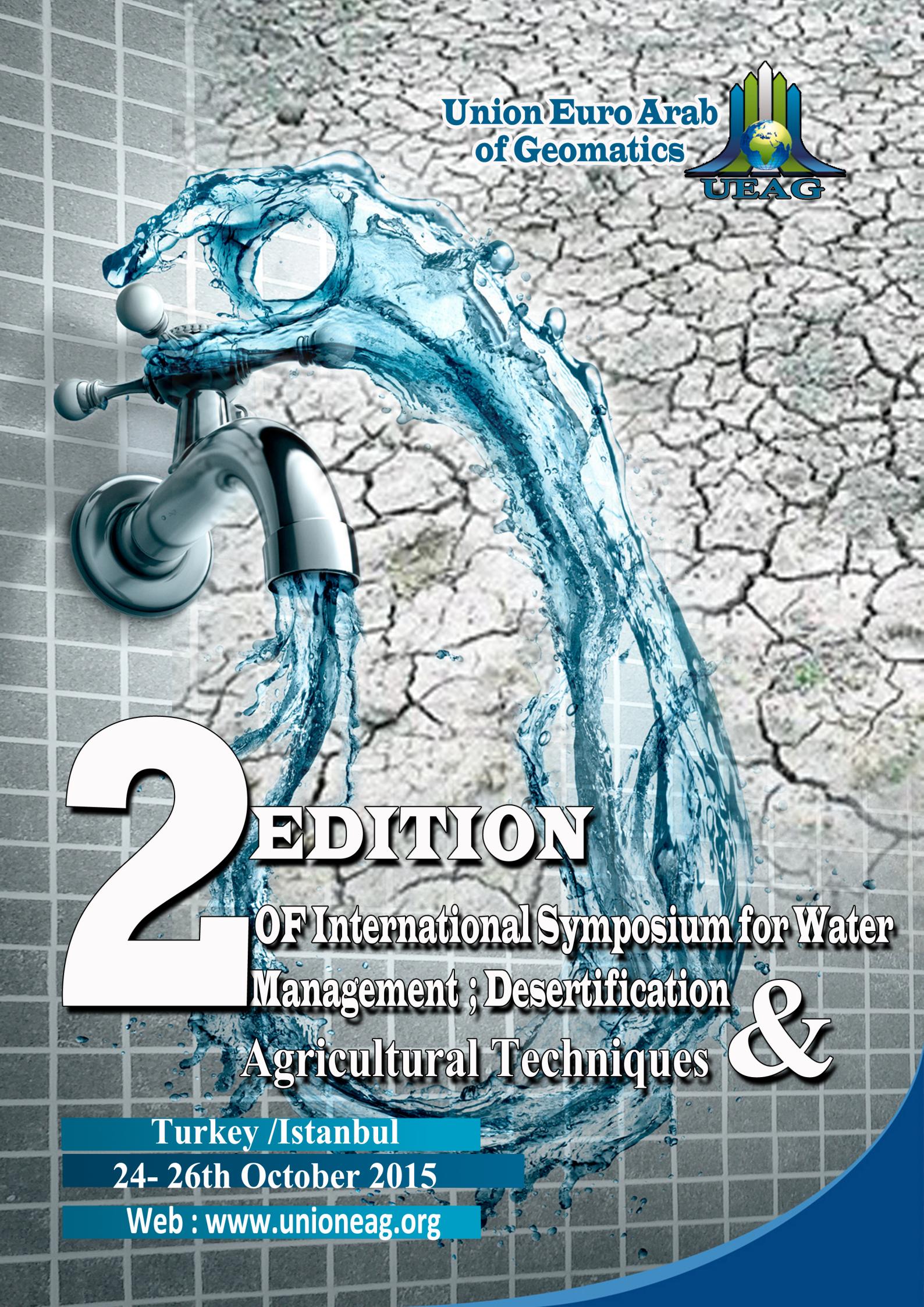
16- رفع الوعي لدى المزارعين ، و هي مهمة تقع على عاتق الإرشاد الزراعي الذي يجب أن يساهم مساهمة فعالة في إقناع المزارعين بالطرق المثلية للزراعة و الري . و ذلك عبر إقامة مزارع نموذجية في موقع مختلفة ، و تنظيم زيارات الدورية للمزارعين لتلك المزارع النموذجية للاطلاع على واقع الزراعة الحديثة و أساليب الري الحديثة للمياه . بالإضافة إلى ذلك ، تقديم الاستشارات الزراعية اللازمة و إصدار دوريات و نشرات زراعية تساهم في رفع وعي المزارعين بأهمية المياه و ضرورة المحافظة عليها و عدم هدرها .

## المراجع:

- 1- إبراهيم سليمان عيسى ، " أزمة المياه في الوطن العربي : المشكلة و الحلول الممكنة " ( القاهرة ، مصر : دار الكتاب الحديث ، 2003 ).
- 2- الجمعية العربية لمراقبة المياه ( ACWUA ) ، " إدارة مراقبة المياه: حالات دراسية من المنطقة العربية " ، ( الوكالة السعودية للإنماء الدولي ، 2013 ).
- 3- اللجنة الاقتصادية و الاجتماعية لغربي آسيا ( الإسكوا ) ، " تقرير السكان و التنمية - العدد الأول - ندرة المياه في العالم العربي " ، ( الأمم المتحدة ، نيويورك ، 2003 ).
- 4- أمل حمد علي العليان ، " الأمن المائي العربي مطلب اقتصادي أم سياسي " ( ط 1 ؛ الرياض ، المملكة العربية السعودية : دار العلوم للطباعة و النشر ، 1996 ).
- 5- أمين حامد مشعل ، " العرب وأزمة الماء " ، مجلة العربي ( العدد 445 ، وزارة الإعلام بدولة الكويت ، ديسمبر 1995 ).
- 6- أيمن البهلوان ، "الأطماع الخارجية في المياه العربية : الحروب القادمة" ( ط 1 ؛ دمشق ، سوريا : دار السوسن 2000 ).
- 7- برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ، " تقرير التنمية البشرية للعام 2006 ، ما هو أبعد من الندرة : القوة و الفقر و أزمة المياه العالمية " ( منشورات الأمم المتحدة ، 2006 ).
- 8- برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ، " تقرير التنمية الإنسانية العربية للعام 2009 : تحديات أمن الإنسان في البلدان العربية " ( الأمم المتحدة ، نيويورك : 2009 ).
- 9- برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، المكتب الإقليمي للدول العربية، " حوكمة المياه في المنطقة العربية:إدارة الندرة و تأمين المستقبل" ( منشورات الأمم المتحدة ، 2014 ).
- 10- تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2010 " البيئة العربية: المياه: إدارة مستدامة لمورد متناقص-"(2010).
- 11- تقرير المنتدى العربي للبيئة و التنمية 2011 " البيئة العربية: الاقتصاد الأخضر في عالم عربي متغير"(2011).
- 12- جوزيف ب ، ثيري أموجو ، " الماء ملكية عامة أم خاصة : الدولة ، والجماعات المحلية ، والشركات متعددة الجنسية " ، في سمير أمين و آخرون ، " الصراع حول المياه : الإرث المشترك للإنسانية " ( ط 1 ؛ القاهرة ، مصر: مكتبة مدبولي ، 2005 ).
- 13- حسن بكر ، " حروب المياه في الشرق الأوسط الجديد " ( ط 1 ؛ القاهرة ، مصر : ميريت للنشر و المعلومات ، 2002 ).
- 14- رضا بوكراع ، " المياه العربية و التحديات الأمنية " ، أعمال المؤتمر الدولي الثامن الذي نظمه مركز الدراسات العربي- الأوروبي من 21 إلى 23 فيفري 2000 بالقاهرة ، "الأمن المائي العربي " ، مرجع سبق ذكره ، ص 132 .
- 15- عباس قاسم ، "الأطماع بالمياه العربية و أبعادها الجيوبيوليتية " ، المستقبل العربي ( العدد 174 ، بيروت ، لبنان : مركز دراسات الوحدة العربية ، 1993 ).
- 16- عبد المالك خلف التميمي ، " المياه العربية : التحدي و الاستجابة " ( ط 1 ؛ بيروت ، لبنان : مركز دراسات الوحدة العربية ، 1999 ).

- 17- عبد الله الدروبي ، إيهاب جناد ، محمود السباعي ، " إدارة الموارد المائية " ، المؤتمر الوزاري العربي للمياه المنعقد بالقاهرة في 14 - 16 / 2008 حول " التغير المناخي و تأثيره على الموارد المائية في المنطقة العربية " ( القاهرة ، مصر : جامعة الدول العربية ، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة ، 2008 ).
- 18- عمر كامل حسن ، " نحو إستراتيجية عربية للأمن المائي " ( دمشق ، سوريا : دار و مؤسسة رسلان للطباعة و النشر والتوزيع ، 2008 ).
- 19- قاسم ناجي ، " التنمية الزراعية العربية و أثر اتفاقية الجات " ( طرابلس ، الجماهيرية العربية الليبية : أكاديمية الدراسات العليا و البحث الاقتصادي ، 1998 ).
- 20- جيرمي بيركوف ، " إستراتيجية لإدارة المياه في الشرق الأوسط و شمال إفريقيا " ( ط 1 ، البنك الدولي واشنطن ، 1994 ).
- 21- حسام الدين ربيع الإمام ، " البنك الدولي و الأزمة المائية في الشرق الأوسط " ، دراسات إستراتيجية ( ط 1 العدد 103 ، أبو ظبي ، الإمارات العربية المتحدة : مركز الإمارات للدراسات و البحث الإستراتيجي ، 2004 ).
- 22- حسن بكر ، " حروب المياه في الشرق الأوسط الجديد " ( ط 1 ، القاهرة ، مصر : ميريت للنشر و المعلومات ، 2002 ).
- 23- حسين معلوم ، " ضرورة إنشاء مركز للدراسات والأمن المائي العربي " ، الملف العربي – الأوروبي ، مجلة شهرية متخصصة تعنى بتنمية العلاقات العربية - الأوروبية ( العدد 91 ، باريس ، فرنسا : مركز الدراسات العربي الأوروبي ، مارس 2000 ).
- 24- خالد محمد الأصول ، " حقوق سوريا و العراق مع تركيا في التوزيع العادل لمياه نهر دجلة و الفرات: رؤية تحليلية " ، المؤتمر السنوي الثالث، " المياه العربية و تحديات القرن الحادي و العشرين " ( أسيوط ، مصر: مركز دراسات المستقبل ، جامعة أسيوط ، نوفمبر 1998 ).
- 25- مجدى صبحي ، " تركيا و سياستها تجاه العرب : النفط مقابل المياه ، أم الحقوق قبل الصفقات التجارية؟ " الملف العربي – الأوروبي ، مجلة شهرية متخصصة تعنى بتنمية العلاقات العربية - الأوروبية ( العدد 91 ، باريس ، فرنسا : مركز الدراسات العربي الأوروبي ، مارس 2000 ) .
- 26- مجدى شندى ، " المياه : الصراع القائم في الشرق الأوسط " ( القاهرة ، مصر : دار المعارف ، 1992 ).
- 27- مجلة التحلية - العدد 42 - ذو الحجة 1427هـ ( مجلة فصلية تصدر عن المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة في المملكة العربية السعودية ).
- 28- محمد جلالى ، علي جبارى ، " تنمية موارد المياه في دول المغرب العربي " ، في بيتر روجرز ، " المياه في العالم العربي - آفاق و احتمالات المستقبل " ( ط 1 ، أبو ظبي ، الإمارات المتحدة : مركز الإمارات للدراسات و البحث الإستراتيجي ، 1997 ).
- 29- محمد عجلاني ، " الأطماع الإسرائيلي في المياه العربية " ، الملف العربي – الأوروبي ، مجلة شهرية متخصصة تعنى بتنمية العلاقات العربية - الأوروبية ( العدد 91 ، باريس ، فرنسا : مركز الدراسات العربي – الأوروبي ، مارس 2000 ).
- 30- محمود أبو زيد ، " المياه مصدر للتوتر في القرن 21 " ( القاهرة ، مصر : مركز الأهرام للترجمة و النشر 1998 ).
- 31- مغاوري شحاته دباب ، " مستقبل المياه في العالم العربي " ( ط 1 ، مصر : الدار العربية للنشر والتوزيع ، 1998 ).
- 32- منذر خدام ، " الأمن المائي العربي : الواقع و التحديات " ( ط 1 ، بيروت ، لبنان : مركز دراسات الوحدة العربية ، فيفري 2001 ).
- 33- كمال حمدان ، " الموارد المائية العربية و المتغيرات الدولية " ، مجلة الطريق ( العدد الأول ، بيروت ، لبنان : جانفي - فيفري 1995 ).
- 34- نبيل روغافيل ، " الإدارة الرشيدة للموارد المائية العربية لتحقيق الأمن المائي العربي " ، أعمال المؤتمر الدولي الثامن الذي نظمته مركز الدراسات العربي – الأوروبي من 21 إلى 23 فيفري 2000 بالقاهرة، " الأمن المائي العربي " ( ط 1 ، بيروت ، لبنان: مركز الدراسات العربي – الأوروبي ، جوان 2000 ) .
- 35- هاني أحمد أبو قديس " استراتيجيات الإدارة المتكاملة للموارد المائية " ( العدد 93 ، أبو ظبي ، الإمارات العربية المتحدة : مركز الإمارات للدراسات و البحث الإستراتيجية ، 2004 ).

- 36- واثق رسول آغا ، " الموارد المائية المتاحة و المسألة المائية في الوطن العربي " ، الندوة البرلمانية العربية الخامسة حول " المياه و دورها الاستراتيجي في الوطن العربي " ( دمشق ، سوريا : الأمانة العامة للاتحاد البرلماني العربي ، 17 – 18 فيفري 1998 ).
- 37- وزارة التجهيز و التهيئة العمرانية الجزائرية، " الجزائر غدا: وضعية التراب الوطني، استرجاع التراب الوطني " ( بن عكنون )، الجزائر : ديوان المطبوعات الجامعية ، 1995).
- 38- ANNE BAER « Pas Assez D'Eau Pour Tous ? » , In Repères , « L'Enjeu De L'Eau », ( Revue Mensuelle N° 05 , Algérie , éditions Marinoor , 1997 ).



**Union Euro Arab  
of Geomatics**



# 2<sup>nd</sup> EDITION

## OF International Symposium for Water Management ; Desertification Agricultural Techniques &

Turkey /Istanbul

24- 26th October 2015

Web : [www.unioneag.org](http://www.unioneag.org)