

Numero / 9 العدد



Geo-sp Publication  
**Geo-SpMag**

مجلة منشورات علوم جغرافية

SEPTEMBRE - OCTOBRE  
2015

**VOL**

المجلد 4

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

E-mail: [geospmag@gmail.com](mailto:geospmag@gmail.com)/ Web site : [www.geosp.net](http://www.geosp.net)

Adress:112 rue de youghzlavie 1001 Tunis



# Summary

- Comparison between «Local» and «Regional» spectrometric soil total carbon models calibrated in Djerid arid area.....285
- Water Scarcity in Qatar and Prospects for Resolutions.....304
- Maryout-2 “new variety of faba bean selected under different environmental conditions.....315
- Application du modèle de Muskingum pour la prévision des crues de la Medjerda en Tunisie.....325
- L'IMPACT DE L'IRRIGATION DEFICITAIRE REGULEE SUR LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DU POMMIER (Gala).....335
- Gestion et Mobilisation des Ressources Hydriques Superficielles .....341
- Gestion déléguée des ressources en eau souterraine et modélisation des comportements stratégiques des agents devant l'information. Cas des périmètres publics irrigués de la région de Zeuss-Koutine, Sud-est Tunisien .....362
- Exploitation de l'eau pour l'abreuvement du cheptel des petits ruminants dans les régions arides Tunisiennes.....386
- ETUDE DE DÉVERSOIR PIANO KEY WEIR (PK-Weir) NOYÉS PAR L'AVAL.....395
- استعمال الهرمونات النباتية لمواجهة الملوحة عند استنبات الذرة الصفراء.....408
- المياه البديلة في منطقة مصراتة واستخداماتها الزراعية.....423
- تصحر الأراضي العربية.....439
- دراسة التربة وتدهور الاراضي في وادي الليث، المملكة العربية السعودية.....465
- استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه -في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية.....485
- الإنتاج الزراعي في المغرب بين الفقه المالكي ومخطط المغرب الأخضر.....535

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

**Comparison between «Local» and «Regional» spectrometric soil total carbon models calibrated in Djerid arid area.**

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Ecole supérieure d'agriculture de Mograne, 1121 Zaghuan, Tunisie.*

<sup>2</sup>*Agrocampus Ouest – INRA, UMR 1069 SAS, 65 rue de St Brieuc, CS 84215, 35042 Rennes, France.*

<sup>3</sup>*Institut Nationale Agronomique de Tunisie, 43, Avenue Charles Nicolle 1082 Tunis, Tunisie.*

**Abstract**

Visible-Near infrared spectroscopy is nowadays recognized as a promising tool for predicting soil properties. In Djerid arid area (5600 km<sup>2</sup>, south western Tunisia), Our purpose was to compare total carbon prediction performance of two calibration procedures : “local” *versus* “regional”. Within Djerid three spatially distinct sites, to, covered by three QuickBird satellite images (Shamsa : 2800 ha, Oudia : 2800 ha and Oung : 2548 ha), we have collected respectively 30, 29 and 30 samples according to a parsimonious sampling strategy that integrated QuickBird images data. Principal component analysis were applied for each dataset to explore samples variabilities. Then, three local models and one regional model were calibrated respectively, based on samples collected in each site and on samples collected in the three sites once gathered in one regional dataset. Local models were effective for the first two sites and poor for the third. Besides, performances declined noticeably when a local model was used to predict samples collected on the two other sites what testifies a limited geographical robustness of these local models. The regional model was acceptable. Its quality can be improved once recalibrated on larger samples set collected from further Djerid sites.

**Key words:** spectroscopy, arid region, local model, regional model, total carbon, QuickBird.



## 1. Introduction

There is a rising interest for the utilization of the Diffuse Reflectance Spectroscopy in the Visible-Near Infrared (DRS VNIR) as fast, no pollutant and little costly tool for the characterization of soil properties (Ben Dor and Banin, 1995 ; Kusumo et al., 2011). However, methodological aspects particularly relative to the origin and the homogeneity of soil sample datasets have not been studied exhaustively (Brunet et al., 2007). Indeed, in most achieved studies, samples of calibration and samples of validation were often selected without particular considerations to the geographical scale of their collection, that is "local" or "regional" (Brown et al., 2006). Nevertheless, prediction performance deteriorates when the origin of samples spreads geographically (Sudduth and Hummel, 1993). Several authors consider that the DRS VNIR credibility is questionable, when we use heterogeneous soil samples pool (Brown et al., 2005). Genot et al. (2007) affirm that calibration must be driven on a set samples representative of the population concerned by the future predictions. This fact implies, prior to model calibration, an assessment of soil samples variability for properties objects of predictions. For this reason, further works dealing with the effect of the samples pool heterogeneity on the reliability of the prediction are necessary to apply more "globally" DRS VNIR in soil characterization. Prediction of soil properties by the DRS VNIR requires the calibration of a model (Genot et al., 2007). This one can be calibrated in "local" or "regional" modes. In the first case (local mode), an equation of prediction is established for every local site of sample collection, whereas in the second case (regional mode) only one and unique equation of prediction is constructed on a set of samples collected in different local sites but belonging to one same geographic region. It is required to calibrate model using a set of samples called set of calibration and to validate it on a second set, that didn't serve in the calibration stage, called set of validation. It is then possible to determine how would, the model be applicable outside of the set of calibration data, what it would be the ultimate objective of the prediction model calibration. Reliable prediction of soil total carbon ( $_{tot}C$ ) using the DRS VNIR is a major interest, particularly in arid area (Farifteh et al., 2008) as  $_{tot}C$  is a pertinent indicator of soil



H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

aridity (Goldshleger et al., 2012). Our objective was to study the effect of the calibration mode: “local” vs “regional” on prediction quality.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Study area

The study has been achieved in Djerid arid area (5 600 km<sup>2</sup>), located in southwest Tunisia between 7,5° and 8,6° of longitude and 33,7° and 34,5° of latitude (Atlas, 1996). The most common soil types, in the region are : gypsosols, lithosols, regosols, salisols, fluvisols, arenosol and hydromorphic soils. Figure 1 gives an overview of the Djerid region and the spatial distribution of the three prospected local sites covered by three QuickBird images.

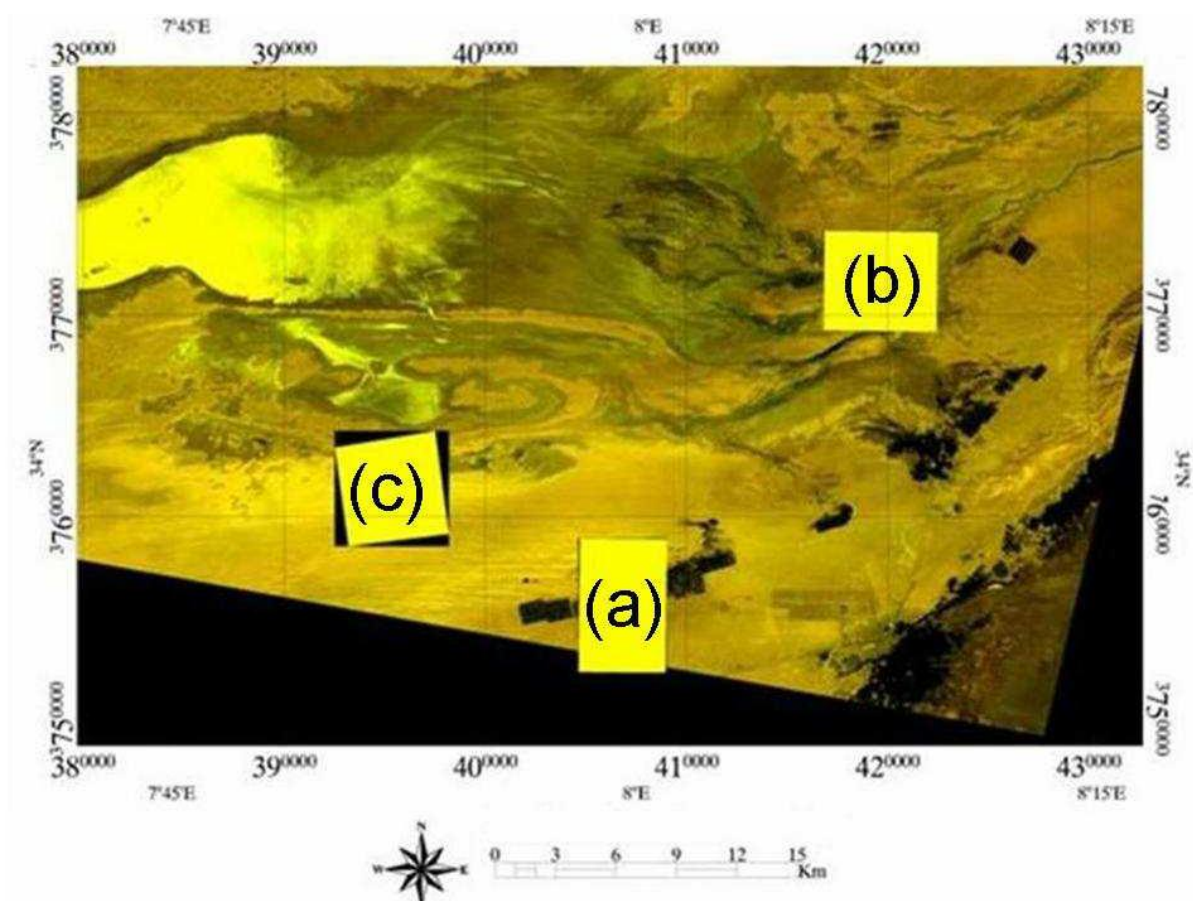


Figure 1. Overview of the study area (covered by an ASTER image) and of the three prospected sites (covered by three QuickBird images): (a) site of Shamsa, (b) site of Oudia and (c) site of Oung.

## 2.2. Field sampling scheme

Based on a radiometric no supervised classifications of the 3 QuickBird images, we have established a field sampling scheme that was either reliable, less intensive and easier to implement than a conventional regular systematic field sampling scheme. With the help of ENVI 4.3 (Environment for Visualizing Image) software, We have proceeded as follows : i) radiometric no supervised classification of the image producing so as radiometric distinct classes, ii) Plotting transects through the different radiometric classes, assumed to correspond to different states of surfaces of each site and covering uniformly the entire surface, iii) fixing regularly spaced ground sampling points on these transects. Prefixed ground sampling points were spotted using a Trimble Geo XM ® GPS receiver. Figures 2a, 2b and 2c show respectively the ground sampling points in

Shamsa, Oudia and Oung.

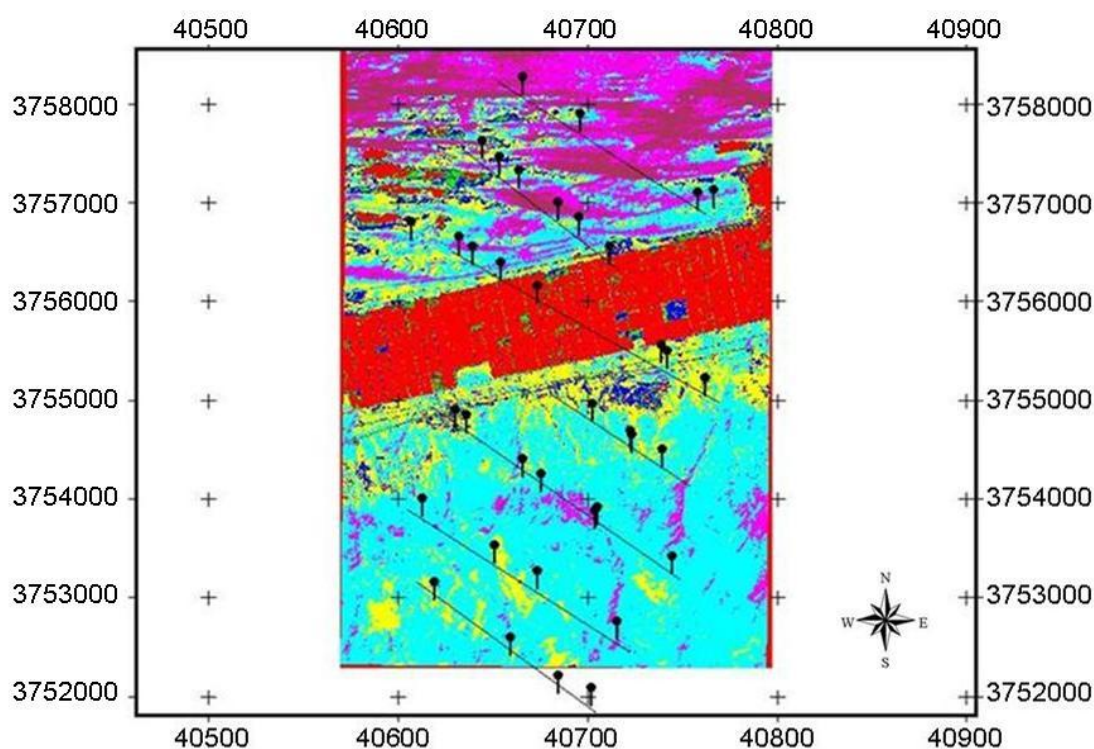


Figure 2a. Shamsa sampling scheme (bugs show ground sampling points. Coordinates are in meter according to UTM projection).



Comparison between «Local» and «Regional» spectrometric soil total carbon models calibrated in Djerid arid area.

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

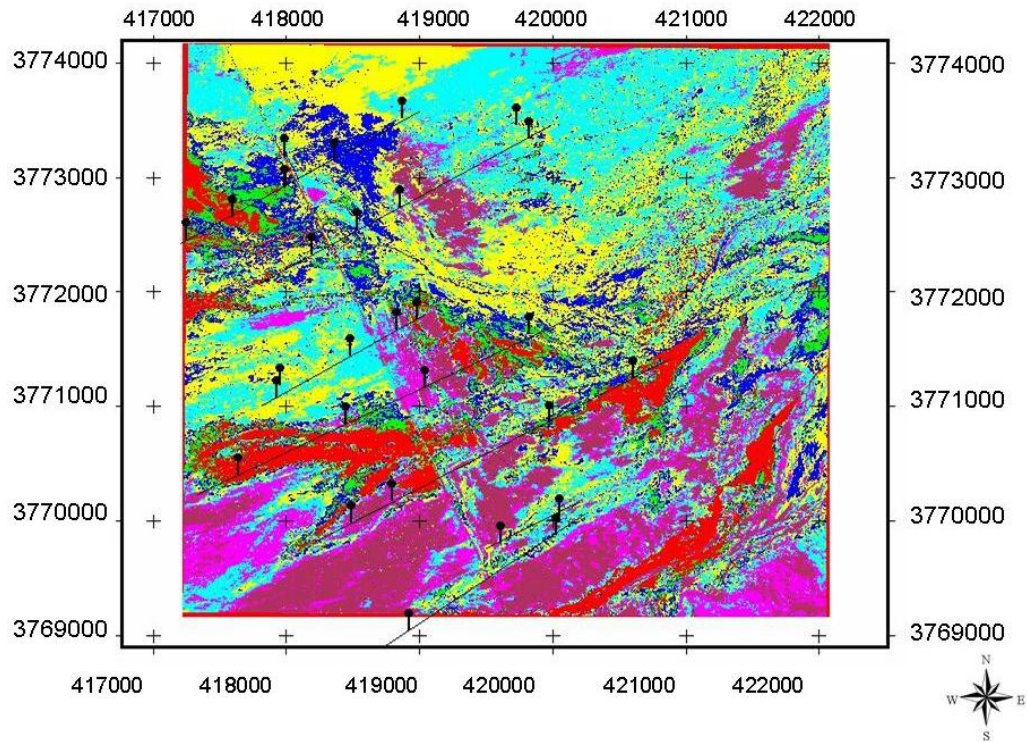
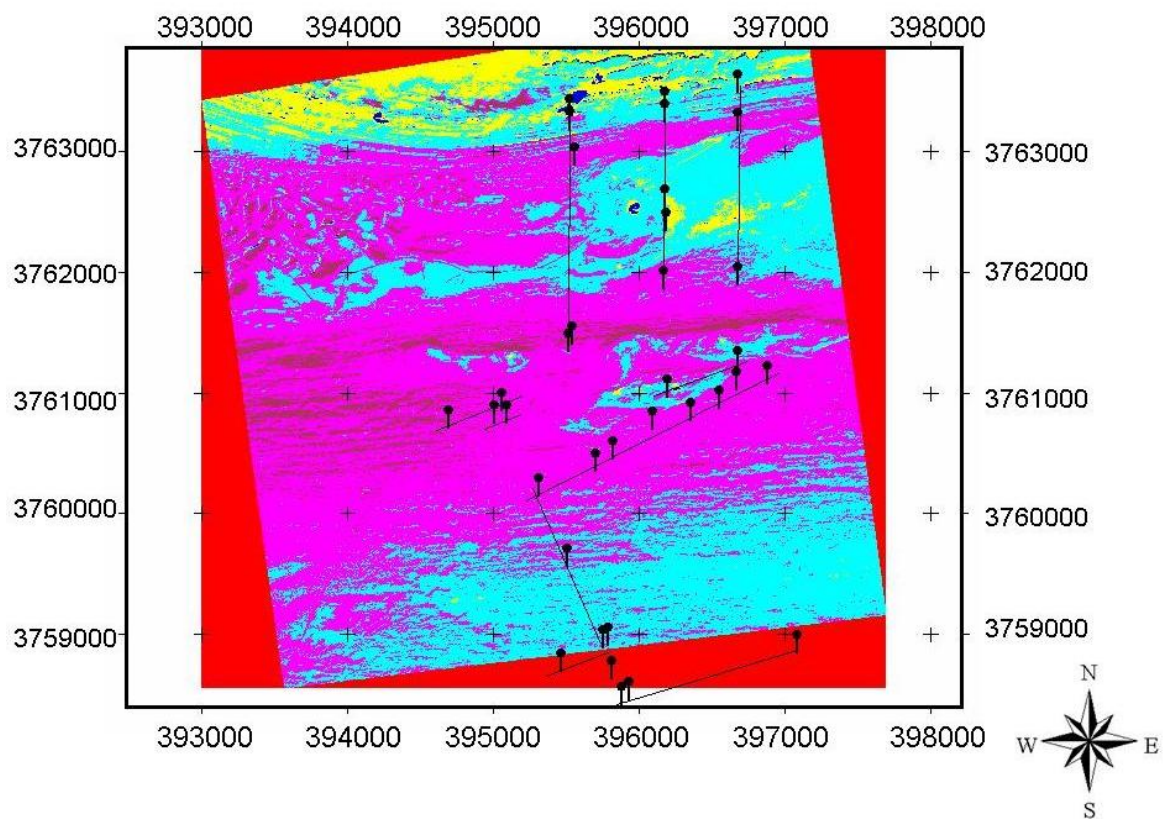


Figure 2b. Oudia sampling scheme (Bugs show ground sampling points. Coordinates are in meter according to UTM projection).





H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

Figure 2c. Oung sampling scheme (bugs show ground sampling points. Coordinates are in meters according to UTM projection).

Field campaign took place in, November, dry season period. We have collected 89 samples : 30 from Shamsa, 29 from Oudia and 30 from Oung.

### 2.3. Sites characteristics

Shamsa is located south of Chott El Rharsa (Figure 1, rectangle (a)). Soils in this area are : arenosol, regosol and gypsisol (Melis, 2003). However, Oudia is Northeast of Chott El Rharsa (Figure 1, rectangle (b)). This site is known as a westward wind passageway (Melis, 2003). Soils at this area are : arenosol, gypsisol, durisol and fluvisol. Nevertheless, Oung is located in the south river of Chott El Rharsa (Figure 1, rectangle (c)). At this site, we mainly distinguish: arenosol, gypsum-calcarisol, durisol and halomorphic stagnosol (Melis, 2003).

### 2.4. Soil samples Analysis and spectra acquisition

Collected samples have been analysed for :  $_{\text{tot}}C$ ,  $_{\text{tot}}N$ ,  $\text{pH}_{\text{w}1:5}$ ,  $\text{EC}_{1:5}$ , DR (dry residue), CS: Coarse sand ( $2000 < \text{Ø} < 1000 \mu\text{m}$ ), MS : Medium Sand ( $1000 < \text{Ø} < 200 \mu\text{m}$ ), FS : fine Sand ( $200 < \text{Ø} < 63 \mu\text{m}$ ) and FE : Fine elements ( $\text{Ø} < 63 \mu\text{m}$ ). Soil sample spectra were acquired in laboratory condition in the 400-2500 nm spectral range with the help of an ASD (Analytical Spectral Devices, Boulder Co), spectroradiometer model "FieldSpec Pro FR" .

### 2.5. Models Calibration

In a first stage, we have calibrated models in local mode. For this, we considered each set of samples from the same site separately. In a second stage, we calibrated model in regional mode while gathering the three datasets to made up our regional database. For each dataset a Principal Component Analysis (PCA) procedure was applied on all the available analytical variables. Samples belonging to each dataset have been projected in the first factorial plane of the PCA. As so, we were able to identify and to left out outliers. Next, the remainder samples were regrouped in couples of samples according to

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

their proximity in the first factorial plane and then randomly assign the first sample of every couple of samples in the calibration set and the second sample in the validation set. A Partial Least Squares Regression (PLSR) with cross validation (Zelikman, E, and Carmina, 2013) has been applied with the help of Splus 6.1® software, to establish relations between DRS VNIR data and measured  $_{\text{tot}}\text{C}$ .

## 2.6. Models assessment

Performances of models calibrated in local mode were evaluated in two stages. Firstly, the model was applied to predict  $_{\text{tot}}\text{C}$  contents of the set of validation samples collected on the same site then the samples used for the model calibration. Secondly the model was applied to estimate  $_{\text{tot}}\text{C}$  contents of the two other local site samples sets. Indeed, we used in turn, equations of calibrations of every local site to predict the analytic contents of the two sets of samples collected in the two remaining sites. The assessment of models performances was based on the following statistical criterias : the coefficient of determination  $R^2$ , bias, root mean squared error (RMSE) as well as the relative prediction deviation (RPD) (Starr et al. 1981).

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})(y_i^* - \bar{Y}^*)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2 \sum_{i=1}^n (y_i^* - \bar{Y}^*)^2}} \right]^2$$

(1)

$$\text{Bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)$$

(2)

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i^* - y_i)^2}$$

(3)

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

$$RPD = \sigma y_i^* / \sigma \mathcal{E}_i^* \quad (\text{Nduwamungu et al., 2009})$$

(4)  $y_i$  : measured value,  $y_i^*$  : predicted

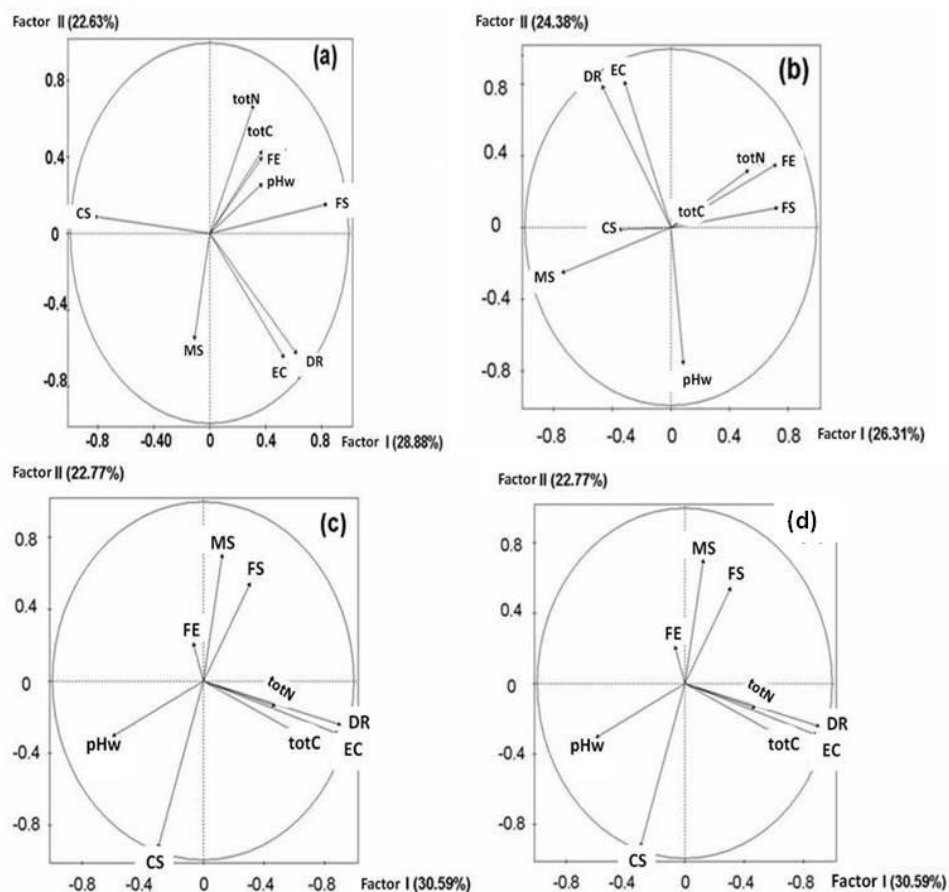
value,  $\bar{Y}$  : mean of the measured values,  $\bar{Y}^*$  : mean of the predicted values,  $\sigma y_i^*$  : standard deviation of

predicted values,  $\sigma \mathcal{E}_i^*$  : standard deviation of errors prediction.

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Datasets multivariate analysis

Figure 1 shows the soil variable projection in the first factorial plane of the PCA for the four sets of samples.





H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

Figure 3. soil variable Projection in the first factorial plane of the PCA for sets of samples of Shamsa (has), Oudia (b), Oung (c) and for the regional samples set (d).

For the dataset of Shamsa (Figure 3a), we note that the first PCA factorial axis explains 28.9% while the second axis explains 22.63% of samples variability. The initial variables contribute in the composition of the first axis in the following order of importance: FS, CS, DR, EC<sub>1:5</sub>, pH, FE, totC, totN and SM. However, texture variables : FS and CS are the more determinants. These same initial variables contribute in the combination of the second axis in the following order of importance: EC<sub>1:5</sub>, DR, MS, totN, totC, FE, pH, FS and CS. Chemical variables : EC<sub>1:5</sub>, DR, tot N and totC are the most determinants in the combination of the second axis. Otherwise, we note the existence of a high positive correlation between totC and FE, what means that for this site the main portion of totC (organic and mineral) exists in the fraction < 63 µm.

In Oudia (Figure 3b), we note that the first factorial axis explains 26.3% of samples variability whereas the second axis explains 24.4% of this variability. The initial variables contribute in the combination of this first axis in the following order of importance: MS, FS, FE, totN, DR, CS, EC<sub>1:5</sub>, pH and totC. Nevertheless, the most determinants variables are : MS, FS and FE. The importance of these variables in the combination of the second axis are in the following order: pH, EC<sub>1:5</sub>, DR, FE, MS, totN, FS, totC and CS. Otherwise, we note a high positive correlation between : totC, totN and FE.

In Oung (Figure 3c), we note that the first factorial axis explains 30.6% while the second axis explains 22.8% of the variability. The initial variables contribute in the composition of this first axis in the following order of importance: DR, EC<sub>1:5</sub>, pH, totC, totN, FS, CS, MS and FE. For the second axis these initial variables intervene in the following order: CS, MS, FS, pH, EC<sub>1:5</sub>, totC, DR, FE, and totN. Otherwise, we notice a high positive correlation between EC<sub>1:5</sub> and totC explained by the fact that the main portion of salts is intimately bound to carbonates.

For the regional dataset (Figure 3d), The first factorial axis explains 26.55% of samples variability whereas the second axis explains 22.6%. The initial variables participate in the combination of this first factorial axis in the following order of importance: DR, EC<sub>1:5</sub>, FS, totC, CS, totN, pH, MS and FE.

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

On the other hand, the importance of these initial variables in the formation of the second axis is in the following order: EC<sub>1:5</sub>, DR, CS, pH, <sub>tot</sub>N, <sub>tot</sub>C, FS, MS and FE. Otherwise, at the regional scale, we note a high positive correlation between <sub>tot</sub>C and FS fraction. Thus, we note that correlations between soil properties vary from one site to another what shows the pedo-diversity of the three sites. Although, they belong to one same natural region.

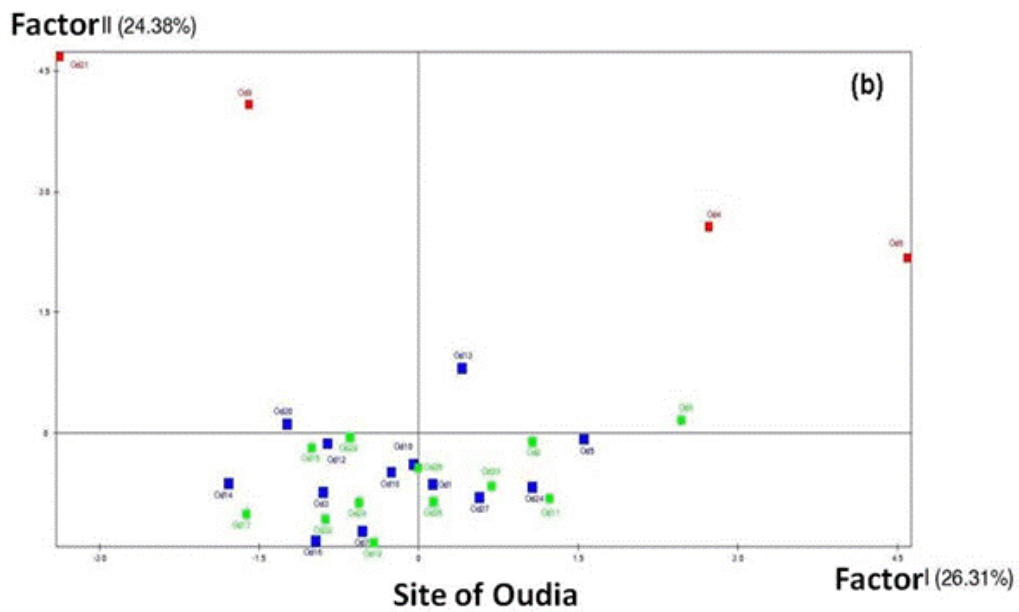
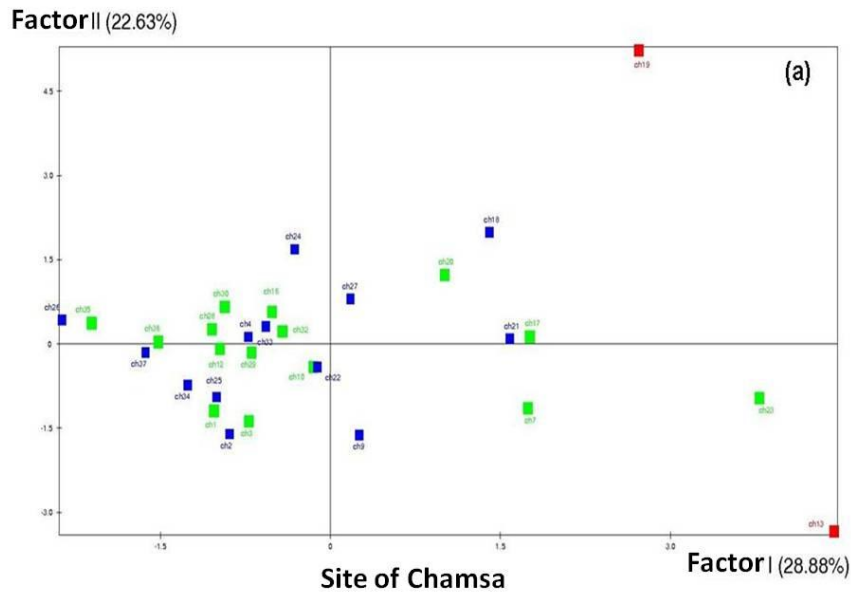
While observing the first axis of the PCA applied on every site, we note down that it is compound of the combination of soil properties conditioning every local site pedogenesis. So for the site of Shamsa, considered as zone of extraction by aelion effect, it is CS and FS texture variables that differentiate the most between the collected samples. Whereas for the site of Oudia, exposed to wind and considered as zone of accumulation, it is also granulometric fractions that differentiate the most between samples although in this case it is especially the FE, the FS and the MS that intervene. As for the site of Oung bordering the chott : it is electric conductivity and pH that discriminate the most between samples.

### 3.3. Selection of calibration and validation samples

Figure 4 identifies sets of calibration and validation selected by PCA procedure applied on samples of the 3 sites when taken separately (Figures 2a, 2b and 2c) and on the totality of samples (Figure 4d). At every time, samples have been divided in a set of calibration and a set of validation after their projections in the first factorial plane of the PCA. The outlier samples that are far of the center of the factorial plane, and a side from the platoon of samples, were each time left out. Besides, we depicted on these charts outlier samples in red squares, samples assigned in the set of calibration in blue squares and samples assigned in the validation set in green squares.

Comparison between «Local» and «Regional» spectrometric soil total carbon models calibrated in Djerid arid area.

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>





Comparison between «Local» and «Regional» spectrometric soil total carbon models calibrated in Djerid arid area.

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

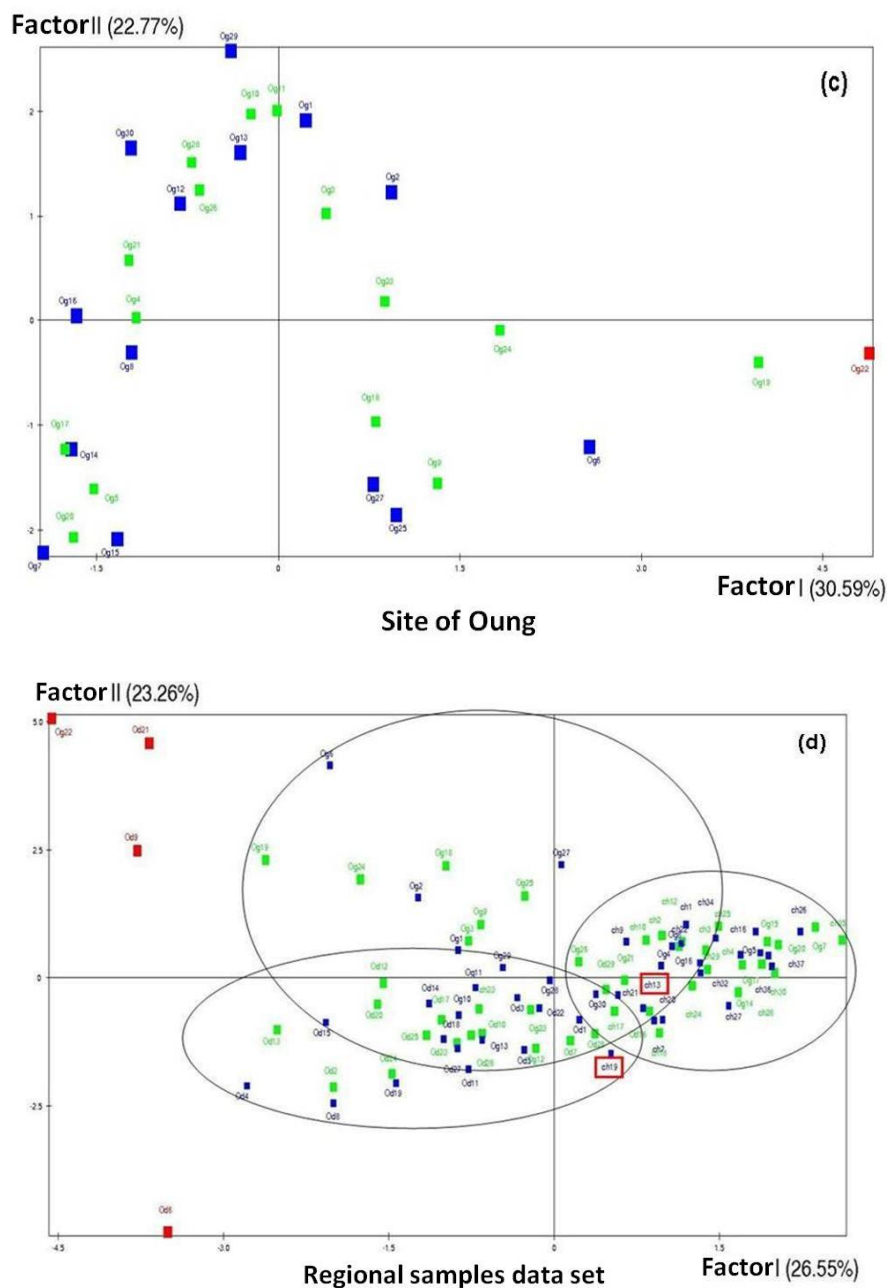


Figure 4. Selection of samples of calibration and validation by projection of soil samples in the first factorial plane of the PCA: site of Shamsa (a), site of Oudia (b), Site of Oung (c) and regional basis (d). (red square: outlier sample, blue square,; sample of the calibration set, green square,; sample of the validation set). So, respectively for sites of Shamsa, Oudia and Oung samples: ch13 and ch19 (Figure 2a), Od4, Od6, Od9 and Od21 (Figure 2b) and Og22 (Figure 2c) have been considered as outliers.

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

Figure 4d shows the distribution of the regional dataset samples, in the first factorial plane. While observing simultaneously figures 3d and 4d, we note down that the majority of samples originating from one same site were projected in the same area of the factorial plane. Thus, samples of Shamsa occupy the right half of the factorial plane and are the minus dispersed in this plane. These samples are at most discriminated by their CS fractions. This finding agrees with the climatic conditions in this site, considered as zone of extraction and where prevail aeolin erosion that move out fines particles. On the other hand the majority of samples of Oudia and Oung occupies the left part of the plane and are discriminated, by FS and FE fractions.

Indeed, the site of Oudia is situated in a passageway of Northeast direction local dominant wind (Kamel, 2007) and is considered as a zone of accumulation (fine particle deposits). Whereas the site of Oung is a border chott site that accumulate alluvional deposits. Samples of these two sites are discriminated in deals with  $EC_{1.5}$  values that is the preponderant factor of the second axis of the PCA. Samples of Oung that presented larger EC range than samples of Oudia are more scattered according to this second axis of the PCA than samples of Oudia. According to these results we note that the similarity between samples belonging to one same site is in general superior to the similarity between samples belonging to two spatially different sites. These observations confirm that the wind and the presence of the chott are two factors that sensitively influence soil pedogenesis in Djerid region (Bryant, 1999). Otherwise, a sample considered as outlier at the scale of a given site, can become normal and “modelable” when we consider regional scale. For instance, it is the case of samples ch13 and ch19 collected on the site of Shamsa (Figures 4a and 4d). This fact indicates that a sample collected on one given site can present soil properties that are different of the remainder samples collected on the same site, but these properties can be close to the properties of samples sets collected in a larger spatial scale. Nevertheless some samples remained as outliers even at the regional scale. It is the case of samples as : Od9 and Od21 collected on the site of Oudia and Og22 collected on the site of Oung (Figure 4b, 4c and 4d).

### 3.4 Performance of “local” models

Figure 5, show values predicted vs measured for the variable  $_{\text{tot}}\text{C}$  for sites of Shamsa (5a), Oudia (5b) and Oung (5c)

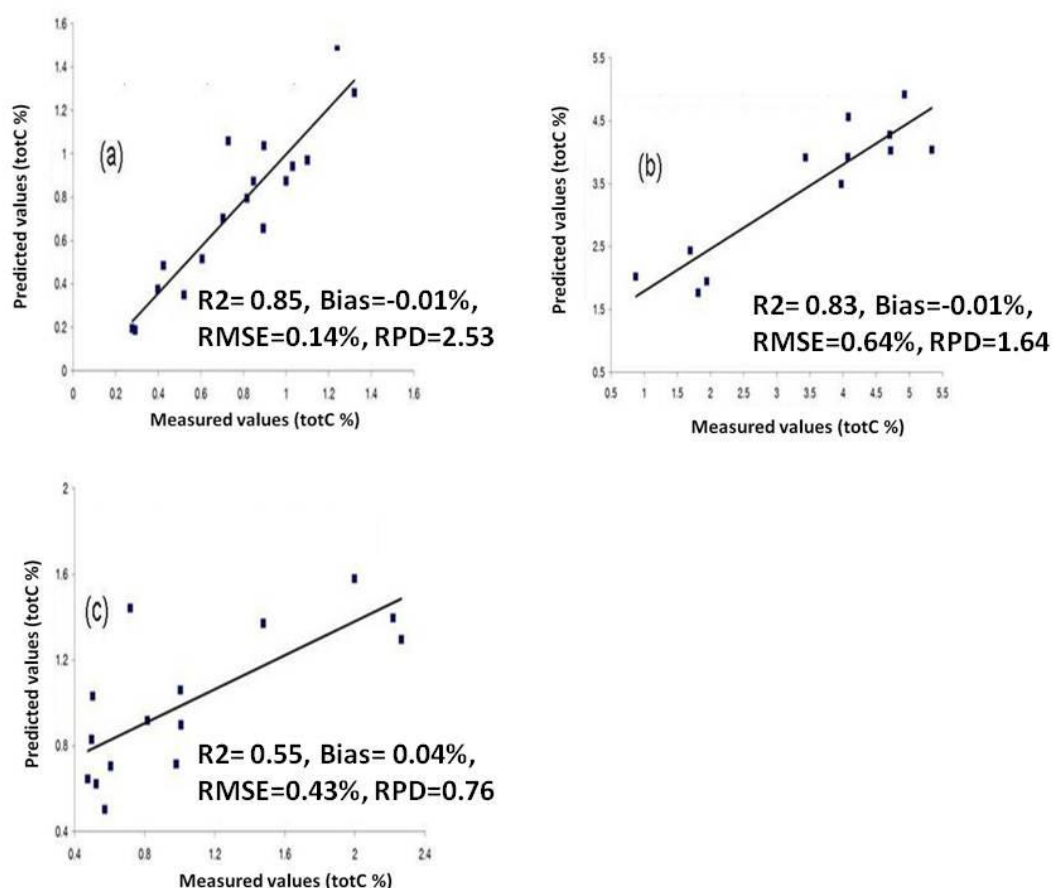


Figure 5. Performances of "local" models for  $_{\text{tot}}\text{C}$  variable. Values predicted vs measured. Sites of Shamsa (5a), Oudia (5b) and Oung (5c).

We obtained satisfactorious predictions for the site of Shamsa (Figure 5a) and the site of Oudia (Figure 5b) and a less satisfactory prediction in the case of the site of Oung (Figure 5c). Indeed, for the site of Shamsa, criterias of assessment of the model performance present the following values:  $R^2 = 0.85$ , Bias = -0.01%, RMSE = 0.14% and RPD = 2.53. In the same way, for the site of Oudia criterias of assessment of the performance of the model present the following values:  $R^2 = 0.83$ , Bias = -0.01%, RMSE = 0.64% and RPD = 1.64. Performances obtained for the first two sites (Shamsa and Oudia) suggest that it is possible to use equations of these models for the prediction of contents in  $_{\text{tot}}\text{C}$  for

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

other samples collected on these same sites. On the other hand, the local model of the site of Oung is little satisfactory and its RPD <1, suggest that it cannot be recommended for future quantitative predictions:  $R^2 = 0.55$ , Bias = 0.04%, RMSE = 0.43% and RPD = 0.76. However, it can be used to discriminate coarsely between  $_{\text{tot}}\text{C}$  contents of Oung samples, that could be rich in  $_{\text{tot}}\text{C}$  and those that could be poor in  $_{\text{tot}}\text{C}$ . The poor performances of the model of the Oung site is explained by the high salinity of this border chott site. Indeed, it is demonstrated that salts influence directly the soil spectral responses (Ben Dor, 2002). High concentration of salts can disturb or hide the other spectrally active constituents particularly the  $_{\text{tot}}\text{C}$ .

Table 1 summarizes performances of models that have been calibrated in " local " mode site, when the equation of each of these models is used to predict, contents of the two sets of samples collected in the two other sites.

Table 1. Performances of models calibrated in "local" mode, when the equation of each of these models is used to predict, contents of the two sets of samples collected in the two other sites.

	Sh/Od	Sh/Og	Od/Sh	Od/Og	Og/Sh	Og/Od
R <sup>2</sup>	0.51	0.20	0.02	0.22	0.07	0.50
Bias (%)	-3.74	-0.38	-0.01	-1.41	0.92	-1.56
RMSE (%)	4.66	2.01	7.7	0.3	0.21	0.42
RPD	0.55	0.91	0.37	0.65	0.80	1.09

Sh : Shamsa, Od : Oudia et Og : Oung. Site(i)/site(j) (par exemple Sh/Od) ; Equation of the model of Shamsa used to predict Oudia samples contents.

We note that local models are not effective when they are used to predict  $_{\text{tot}}\text{C}$  of samples collected outside of the site to which belonged calibration samples. Thus, we show that local models are applicable to sites of which calibration samples are originates and fails in the prediction of samples collected in another site.

### 3.5. Performance of model established at the regional scale

Figure 7, show regional model.  $_{\text{totC}}$  predicted values vs measured.

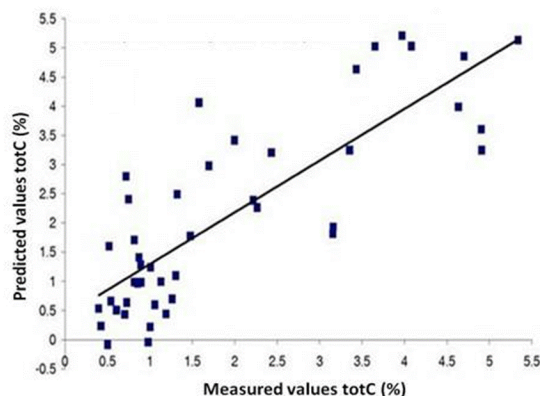


Figure 7. regional model :  $_{\text{totC}}$  predicted values vs measured.

The regional model presents the following prediction performances :  $R^2 = 0.67$ , Bias = 0.18 dS/ms, RMSE = 0.93 dS/ms and RPD = 1.72. It is less effective than local models of Shamsa and Oudia (Figures (5a) and (5b)), but it is more effective than the local model of Oung (Figure (5c)).

Otherwise, the regional model is incontestably more effective than the three local models when each of them is used to predict  $_{\text{totC}}$  of samples collected in the two other sites. It appears that model calibrated in regional mode is able to integrate the intrinsic variability of soil samples. Therefore, when the sample object of the prediction doesn't belong to the local for which the model has been calibrated, it is more prudent to use a regional model then to use a local model calibrated for a site different of the site of where was collected the sample object of the prediction. Regional model is promising. We are confident that the quality of prediction can be improved while inserting in the set of calibration a more important number of soil samples collected in these three sites as well as in other sites belonging to the same geographical region. As Cozzolino and Moron (2006), we are convinced

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

that to improve the robustness and performance of calibration, models need to be regularly recalibrated by enlarging the calibration dataset and simultaneously recontrol the prediction robustness.

#### 4. Conclusion

PCA procedure gives evidence of local effect that explains soil pedoparenty of samples originating from one same site. In fact each site has its particular pedogenesis conditions. In arid area, our survey confirms the interest of the VNIR for a reliable determination of  $t_{\text{tot}}C$ , particularly when the model is calibrated in local mode for little salted sites (soil feature that characterizes most aridosols). The failure of prediction, outside of sites of model training, testifies of limited geographic frontiers of models calibrated in local mode. When we have an effective local model, it is recommended to use this model better than to use a regional model. Indeed, even though regional model is not as precise as local model, it enables satisfactory predictions because it integrates larger sample variability than local model. The required prediction accuracy will depend on the aim of a specific application. For instance, for an analysis of a great series of samples it is more appropriate to use models calibrated in local mode, whereas for other applications such as mapping at a regional scale, it is more appropriate to use model calibrated in regional mode.

#### REFERENCES

- Berzaghi, P., Shenk, J.S., Westerhaus, M.O., 2000 Local prediction with near infrared multiproduct databases. *J.Near Infrared Spectrosc.* 8, 1-9.
- Brown, D.J., Brickelmeyer, R.S., Miller, P.R., 2005 Validation requirements for diffusereflectance soil characterization models with a case study of VNIR soil C predictions in Montana. *Geoderma* 129: 251-267.
- Brown, D.J., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Mays, M.D., Reinsch, T.G., 2006 Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. *Geoderma* 132, 273-290.



H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

Brunet, D., Barthès, B.G., Chotte, J.L., Feller, C., 2007 Determination of carbon and nitrogen contents in Alfisols, Oxisols and Ultisols from Africa and Brazil using NIRS analysis : Effect of samples grinding and set heterogeneity. *Geoderma* 139, 106-117.

Bryant, R.G., 1999 Application of AVHRR to monitoring a climatically sensitive playa. Case study : Chott El Djerid, southern Tunisia. *Earth surface processes and landforms*. 24, 283-302. John Wiley & Sons, Ltd.

Chang, C.W., Laird, D.A., Mausbach, M.J., Hurburgh, C.R., 2001 Near-infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analyses of soil properties. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 65, 480-490.

Cozzolino, D., Moron, A., 2006 Potential of near infrared reflectance spectroscopy and chemometrics to predict soil organic carbon fractions. *Soil and tillage research* 85, 78-85.

Farifteh, J., Van der Meer F., Atzberger C., Carranza E.J.M., 2008 Quantitative analysis of salt affected soil reflectance spectra : A comparison of two adaptive methods (PLSR and ANN) *Remote Sensing of Environment* 110, 59-78.

Genot V., Gilles C., Dardenne P., Bah B., Legrain, X., Bock, L., 2007 Etude de la performance de la spectroscopie proche infrarouge pour la mesure de caractéristiques du sol nécessaires au conseil de fumure. Actes des 9<sup>ème</sup> journées nationales de l'étude des sols. Angers 3-5 Avril 2007 J.P. Rossignol (ed) Angers.

Goldshleger, N., Chudnovsky, A., Ben-Dor, E., 2012 Using Reflectance Spectroscopy and Artificial Neural Network to Assess Water Infiltration Rate into the Soil Profile. *Applied and Environmental Soil Science* Volume 2012. doi:10.1155/2012/439567

Islam, K., Singh, B., McBratney, A.B., 2003 Simultaneous estimation of several soil properties by ultraviolet, visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Australian Journal of Soil Research*. 41, 1101-1114.

Kamel, S., 2007 Caractérisation hydrodynamique des aquifères du Djérid (Sud-Ouest tunisien).Thèse de doctorat en géologie. Université de Tunis El Manar. 230 p.

## Comparison between «Local» and «Regional» spectrometric soil total carbon models calibrated in Djerid arid area.

---

H. Aïchi<sup>1</sup>, Y. Fouad<sup>2</sup>, Z. Lili Chabaane<sup>3</sup>, M. Sanaa<sup>3</sup>, H. Nicolas<sup>2</sup>, C. Walter<sup>2</sup>

Kusumo, B.H, Hedley, M.J., Hedley, C.B., Tuohy, M.P., 2011 Measuring carbon dynamics in field soils using soil spectral reflectance: prediction of maize root density, soil organic carbon, and nitrogen content. *Plant Soil* 338, 233–245.

Melis, M.T., 2003 Campagna di misure radiometriche e osservazioni per l'interpretazione di immagini da satellite nella regione di Tozeur. Università degli Studi di Cagliari. 111p.

Nduwamungu, C., Ziadi, N., Parent, L.E., Tremblay, G.F., Thuriès, L., 2009 Opportunities for, and limitations of, near infrared reflectance spectroscopy applications in soil analysis: A review. *Canadian Journal of Soil Science*, 2009, 89 (5), 531-541.

Shepherd, K.D., Walsh, M.G., 2002 Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 988-998.

Sudduth, K.A., Hummel, J.W., 1993 Soil organic matter, CEC and moisture sensing with a portable NIR spectrophotometer. *Trans. ASAE* 36, 1571-1582.

Zelikman, E., Carmina, E., 2013 The spectral response characteristics of the soils and their possible estimation by using partial least square regression (PLSR) analysis *International journal of geomatic and geosciences* Volume 3, No 3, 2013.

## Water Scarcity in Qatar and Prospects for Resolutions

Husam Musa Baalousha

Qatar Environment & Energy Research Institute (QEERI)

### Abstract

Qatar is an arid country with limited water resources. With no surface water and an average annual rainfall of 76 mm per year, Qatar relies on desalination to meet the increasing water demand. The groundwater aquifer receives less than 40 million m<sup>3</sup> per year as natural recharge, whereas abstraction is more than 220 million m<sup>3</sup> per year, mainly used for agriculture. As a result, the water table has dramatically dropped to unprecedented levels and salinity increased, in addition to other adverse environmental impacts.

In the light of Qatar's 2030 National Vision, three grand challenges facing the future of Qatar were identified. These grand challenges are energy, water and cyber security. Qatar Environment and Energy Research Institute (QEERI), which is part of Qatar Foundation, focus its efforts on addressing the grand challenges associated with energy and water. This paper focuses on artificial groundwater recharge, which is part of the water security grand challenges.

The urgency of this project arises due to scarcity of water, increasing demand, and fast depletion of groundwater. The country is fully relying on desalination to meet all of its domestic and industrial water demand, which has adverse environmental effects from burning fossil fuels used in water desalination and power production.

The overall objective of the Water Security Grand Challenge (WSGC) is to achieve water security in Qatar by having access to high quality, adequate, affordable and sustainable water that meets and supports its fast expanding and evolving social and development programs. The WSGC programme includes three thrust areas: (1) water desalination, (2) water reuse, and (3) aquifer recharge from concepts to near market products. The specific goals of these challenges is to be achieved by 2020 are: to reduce desalination energy consumption and cost by 40%; to increase water reuse to more than 30% with minimal health risks and environmental impacts; and to raise water table in the strategic water storage aquifers to pre-1980 levels.

The groundwater recharge project aims at artificially storing water in the aquifer for future use. The stored water should be of acceptable quality (mainly desalinated water) and should be enough quantitatively to meet the domestic needs of the State of Qatar in case of an emergency. When completed, the recharge project will serve as a national secure water reservoir, which is not exposed to contamination or quick depletion. As Qatar relies completely on desalination to

meet the increasing domestic, industrial and agricultural demands, introducing another source of water will increase the water security and will reduce the reliance on desalination.

This paper outlines the water situation in the State of Qatar and discusses the challenges in the way of water security grand challenge. It also presents the different phases of the proposed artificial recharge scheme over the coming six years.

## Introduction

Qatar is an arid country located in the eastern part of the Arabian Peninsula. It is a small peninsula with a maximum length of 180 km in the north-south direction and a maximum width of 65 km; thus the total area of Qatar is 11,586 km<sup>2</sup>. The country is surrounded by the Arabian Gulf from East, North and West, and bounded by Saudi Arabia in the South (Figure 1).

As a result of rapid economic expansion, the population of Qatar has dramatically increased from 600,000 in 2000 to 2,200,000 in 2014 (World Bank Data, 2014). With little rain and little groundwater resources, Qatar is relying on desalination of seawater to meet the increasing demand of its rapidly increasing population. The produced and stored desalinated water at any time meets the population needs for a few days only, and thus it is considered as one of the national security grand challenge to diverse water resources, including artificial groundwater recharge.

The groundwater aquifers have been overexploited over the last three decades, resulting in a great drop in groundwater levels and deterioration of water quality. The abstracted groundwater is mainly used for irrigation, which is concentrated in farms in the northern and central parts of the country (see Figure 1).





**Figure 1: Location map of Qatar**

### Hydrogeology

Qatar peninsula is part of the Arabian Shelf, which covers the eastern part of the Arabian Peninsula. It is underlain by a series of little dipping and flat lying deposits over the rocks

basement. The surface of Qatar is of low relief with the highest altitudes of about 107 m occurring in southern Qatar, where large sand dunes and hills exist.

Several anticlines rose above the main geological platforms in the Arabian Shelf, and extending in the north south direction. In Qatar two major anticlines exist; the Dukhan anticline in the west and Qatar anticline (Qatar Arch) in the middle of the country (Figure 2). The main geology in Qatar comprises formations from Neogene and Paleogene periods, as shown in Table 1, overlain by Quaternary deposits. The most recent deposits are the Dam Formation which covers most of the country except for small areas in the north, where older Rus Formation is exposed. Dam Formation is underlain by Dammam Formation, which covers wide areas of Eastern Arabian Peninsula. Rus Formation (Lower Eocene Epoch) is the main aquifer, underlain by Umm er Rhaduma Formation (Paleocene Epoch), which contains brackish and salty water. Table 1 summarizes the stratigraphy and lithology of different geological formations in Qatar.

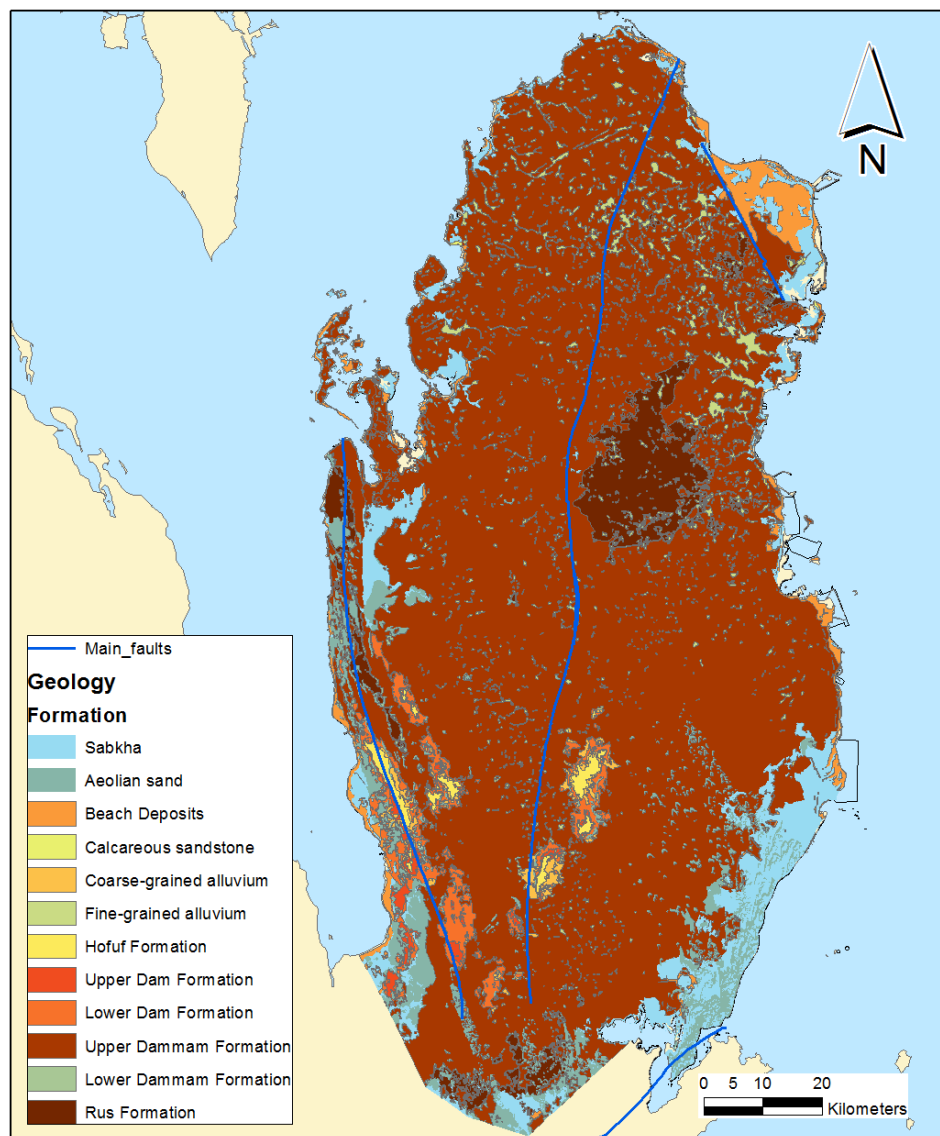


Figure 2: Surface geology of Qatar

Table 1: General stratigraphy and geological events in Qatar (modified after Boukhary et al 2011, Al-Yousef, 2003, Alsharhan et al 2001).

Age	Formation	Member	Lithology	Thickness	Remarks
Quaternary		Beach deposits	Calcareous sand of marine origin, coastal dunes locally cemented	variable	Isolation of Qatar by marine transgression
		Sabkha	Saline and gypsiferous sand and silt flats		

		Alluvium, Aeolian sand & calcareous sandstone	Mud, continental gravel, siliceous sand & conglomeratic sandstone		
Upper Miocene	Hofuf		Continental gravel, sand & conglomerate	12 m	Qatar arch uplift
Middle Miocene	Dam	Abu Samrah	calcareous sediments	80 m	
		Al-Nakhsh	Limestone, chalk & clay with gypsum & celestite beds		
		Salwa	Siliciclastic calcareous sediments		
Middle Eocene	Dammam	Abarug	Dolomite & limestone	62 m	
		Umm Bab / Simsima	Dolomite & limestone		
		Dukhan Limestone & Midra Shale	Shale, dolomite & limestone		
Lower Eocene	Rus	Al Khor	Limestone & Dolomite	110 m	Basin isolation
		Trina	Limestone & Dolomite		
Paleocene	Umm er Rhaduma		Limestone and dolomite, with some evaporite	300 m	

Groundwater in Qatar occurs either in Dammam Formation or in the underlying Rus Formation. Aquifers are categorized into three basins; the northern, central and southern basins. The northern is the main one, with least salinity. Groundwater occurs in form of fresh lenses situated atop of more brackish and saline groundwater. Most abstraction wells exist in this basin. The central basin is more saline than the northern but still usable for agriculture. The southern basin is the smallest and contains poor-quality water.

### Inflow into the aquifer

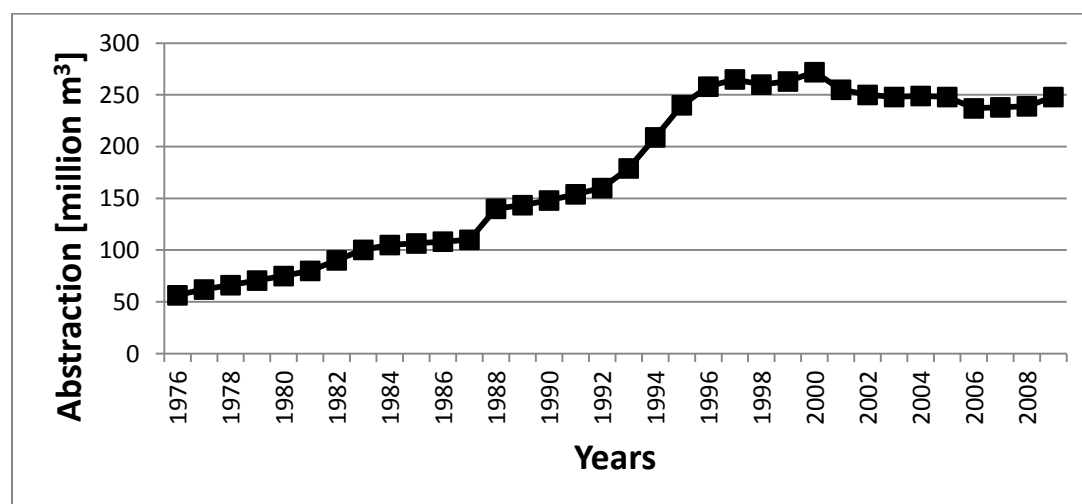
The climate in Qatar is hot and humid in summer with a short winter between November and March. Rainfall is the main source of aquifer replenishment, with an annual average between 10 mm and 200 mm (AL Shahran et al. 2001). The long term average is 76 mm per year. Rainfall occurs between December and April (Atlas, xxx). The highest rainfall occurs in the north and gradually decreases southward (AL Shahran et al. 2001). Groundwater recharge from rainfall is quite variable due to erratic nature of rainfall event in desert climate. Most recharge occurs in



land depressions, which resulted from collapse of karst features. After heavy storms, surface runoff accumulates in these depressions and recharges the aquifer. No studies have been undertaken to estimate recharge from rainfall, but figures in the literature give variable estimate of it. Vecchioli (1976) indicated that rainfall recharge is 20.9 million m<sup>3</sup>/year, whereas another study (Kimrey, 1985) suggested 27 million m<sup>3</sup>/year. A recent study by FAO (2014) estimated rainfall recharge at 65 million m<sup>3</sup>/year, which is close to the Department of Agricultural and Water Research estimation (Department of Agricultural and Water Research, 2006). Lateral inflow from Saudi Arabia is 2 million m<sup>3</sup>/year (FAO, 2014). Irrigation return flow is another source of aquifer recharge, and it is estimated at 55 million m<sup>3</sup> per year (Schlumberger 2009). Leakage from water system adds to inflow into the aquifer. The current water leakage is 15% of supply, which is 280 million m<sup>3</sup> (Al Mansouri, J. 2014). Thus, the inflow from losses is 42 million m<sup>3</sup>, as per 2014.

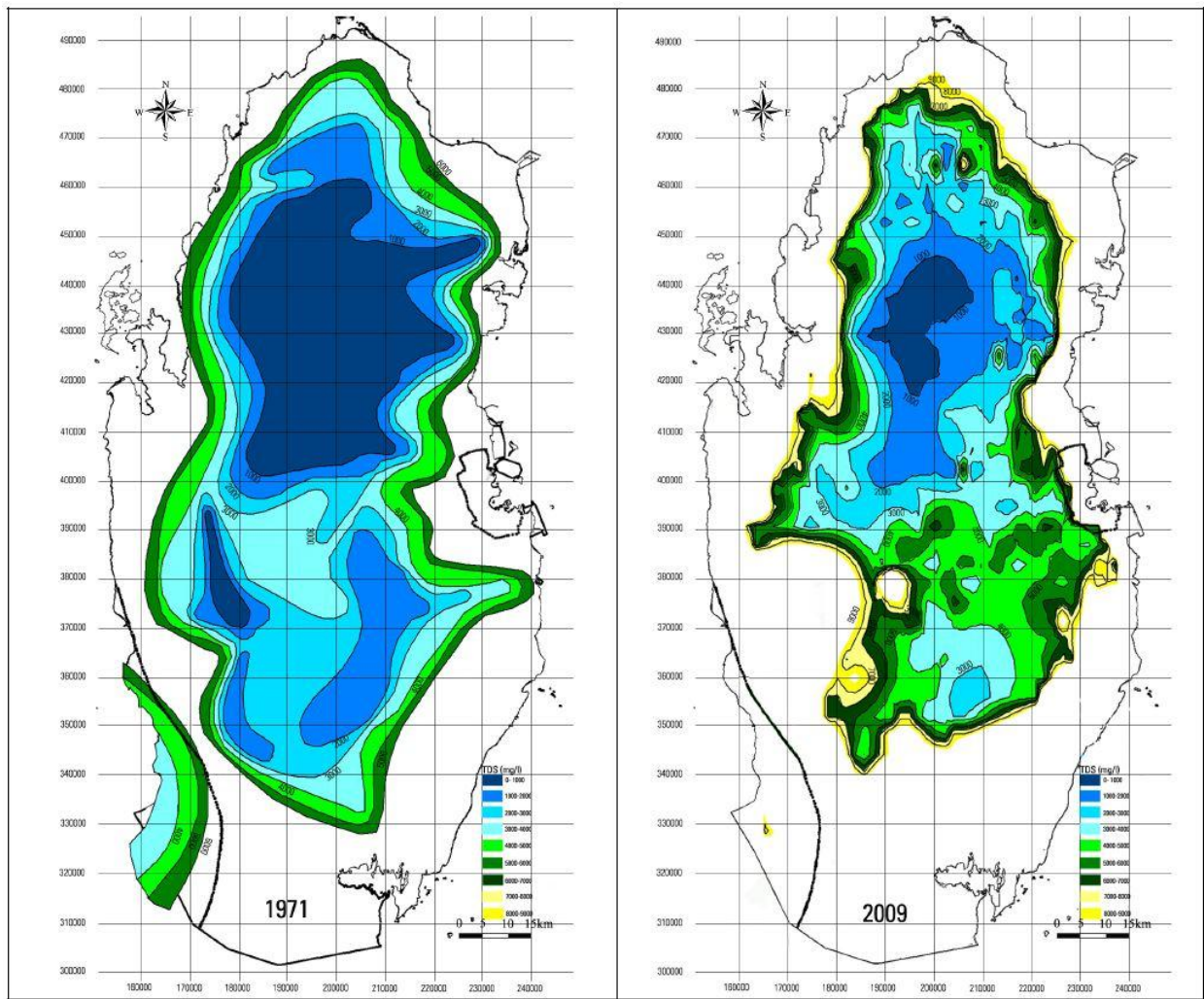
### Groundwater abstraction

Municipal water supply in Qatar used to come exclusively from groundwater prior 1960 (Vecchioli 1976). Currently, all municipal supply comes from desalination plants and groundwater is used mainly for agriculture, and small proportion goes to industrial and domestic use. The agricultural water demand in Qatar has increased from 44 million m<sup>3</sup> in 1974 (Kimrey, 1985) to 238 million m<sup>3</sup> per year in 2013 (Ali et al. 2014). Figure 4 shows the increase in groundwater abstraction for different purposes in the period between 1976 and 2009. About 70% of abstraction takes place in the northern part of the country, where wells penetrate the Rus formation with a depth between 60 and 70 meters. The total number of different purposes wells is more than 8500 (Schlumberger Water Services, 2009).



**Figure 3: Trend in total groundwater abstraction (modified after Schlumberger Water Services, 2009)**

Irrigation takes place mainly in the northern part of the country where many farms exist (Figure 1). The agriculture techniques are old and not efficient, which resulted in great losses. In absence of regulations on water use, groundwater resources have been overexploited, which resulted in great discrepancy between natural input into the aquifer and abstraction. In addition, the quality of groundwater has deteriorated due to upconing of brackish and saline water from lower layers underneath the fresh groundwater lenses and intrusion of seawater. Figure 4 shows contour maps of Total Dissolved Solids (TDS) in groundwater as salinity indicator for the years 1971 and 2009. A comparison between the two maps shows a reduction in fresh groundwater lenses and increase in salinity. The TDS level of the northern and central aquifers varies from 500 to 5000 mg/l, and it reaches 10000 mg/l near the shoreline.



**Figure 4: Total dissolved solids (TDS) in groundwater in 1971 and 2009 (Schlumberger Water Services 2009).**

**Evaporation**

One of the main sources of water discharge is the evaporation from sabkhas. Schlumberger Water Services (2009) estimated evaporation rate to be between 33 and 56 million m<sup>3</sup> per year.

### Water Balance

The groundwater balance for Qatar is shown in Table 2 below for year 2014, using information outlined above. Some components such as evaporation have no exact value so the average value was used. The results show a discrepancy of 136 million m<sup>3</sup>. It should be noted that the discrepancy or deficit in water balance started as early as 1971 (Harhash and Yousif, 1985) and increased over time.

**Table 2: Groundwater balance as per 2014**

Component	Inflow [million m <sup>3</sup> ]	Outflow [million m <sup>3</sup> ]
Rainfall Recharge	55	
Lateral inflow into aquifer	2	
Irrigation return flow	55	
Leakage from water network	42	
Abstraction		250
Evaporation		40
<b>Total</b>	<b>154</b>	<b>290</b>
<b>Discrepancy</b>	<b>-136</b>	

This discrepancy is evident in the drop of groundwater level over the last three decades and in the shrinkage of the fresh lenses of groundwater, as shown in Figure 4. This highlights the urgent need of artificial groundwater recharge.

### Artificial recharge

The previous analysis highlights the urgency of artificial groundwater recharge in Qatar. To establish a successful artificial recharge scheme, many factors should be taken into consideration. The first one is the location to get a maximum recovery rate. The middle of the northern aquifer, where the salinity of groundwater is low, is the best place for such a scheme. It should be also as far as possible from coastal areas to avoid seawater intrusion and to maximize recovery rate. The other criterion is the topography. Land depressions are ideal for surface recharge, as rainfall accumulate in these depressions after storm events. The third criterion is the hydraulic properties of the aquifer, including transmissivity and storativity of aquifer, thickness of unsaturated zone and infiltration capacity. Previous studies have been undertaken to evaluate groundwater recharge (Vecchioli 1976, Kimrey 1985). It was established that the use of injection wells is preferred over other means of recharge such as infiltration ponds, to avoid evaporation losses. Vecchioli (1976) estimated the injection capacity of a single well to be at

least 1000 m<sup>3</sup>/day. Therefore, 1000 injection wells would recharge the aquifer at least by 36 million m<sup>3</sup> per year.

### **Conclusions and recommendations**

Results of preliminary investigations show it is possible to recharge the aquifer in Qatar, especially in the north, using the surplus desalinated water. The intended artificial recharge will provide a national secure storage for the people of Qatar and will counter the deterioration of groundwater quality and to raise water table to pre-development levels (i.e. 1980). The aquifer can be used as a reservoir and a backup for desalination in case of emergency or failure. Improvement of groundwater quality is expected after artificial recharge starts.

To establish a successful artificial recharge scheme, groundwater flow mechanism and hydrogeological settings should be studied further. This will be done through numerical modelling of groundwater flow and quality, lab testing of hydrological properties and field work.

It is recommended to reduce losses in irrigation practice through using modern irrigation techniques. Despite scarcity of water, per capita consumption of water in Qatar is the highest in the world. It is estimated the per capita consumption of water is 500 l/day. Rationing of municipal water use would reduce the demand and ease the pressure on desalination plants. The treated wastewater should be used for irrigation of backyards, landscaping and washing cars, which consume significant amounts of water. Current volume of treated wastewater is more than 100 million m<sup>3</sup> per year (Ali et al 2014). Part of this treated wastewater is being used for landscaping. It is recommended to use more treated wastewater in agriculture to ease the pressure on groundwater resources.

### **References:**

Al Mansouri, J. 2014 .The State of Qatar's experience in reducing loss in the potable water network. . Second Arab Water Conference, Doha, Qatar.

Ali, Hanan; Mohamed, Hagga ; Hama, Yousef; Al-Murikhi, Abdulaziz. (2014). Current and future water source for agriculture in Qatar State. Second Arab Water Conference, Doha, Qatar.

Alsharhan, A. S.; Rizk, Z.A.; Nairn, A.E.M.; Bakhit, D.W. and Alhajari, S.A. (2001) Hydrogeology of an arid region : the Arabian Gulf and adjoining areas. Elsevier.

Al-Yousef, Mariam (2003). Mineralogy, geochemistry and origin of quaternary sabkhas in the Qatar peninsula, Arabian Gulf; 437 pages. PhD Thesis, University of Southampton.

Boukhary, Mohammad; Hewaidy, Abdel Galil ; Luterbacher, Hanspeter; Bassiouni, Mohamed El-Amin; and Al-Hitmi, Hind. (2011) Foraminifera and ostracodes of Early Eocene Umm er Radhuma Formation, Dukhan Oil Field, Qatar. micropaleontology, vol. 57, no. 1, plates 1-6. Pp 37-60



Department of Agricultural and Water Research (DAWR) (2006). Groundwater data and balance. Doha, Qatar.

Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO) (2014). AQUASTAT global water information system. [<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>] last accessed October 2014

Harhash, I.E. and Yousif, A.M. (1985). Groundwater recharge estimates for the period 1972-1983. Ministry of Industry and Agriculture. Qatar.

Kimrey, John (1985). Proposed artificial recharge studies in northern Qatar. United States Department of the Interior Geological Survey. Open file report 85-343.

Schlumberger Water Services (2009). Studying and developing the natural and artificial recharge of the groundwater in aquifer in the State of Qatar.

The World Bank (2014). [<http://www.worldbank.org/>] Last visited October 2014

United Nations (2013). Inventory of shared water resources in western Asia. /ESCWA/SDPD/2013/ Inventory. ISBN-13. 978-92-1-128361-7

Vecchioli, John (1976) Preliminary Evaluation of the Feasibility of Artificial Recharge in Northern Qatar. United States Geological Survey. Open File Report (76-540).

*Maryout-2 “new variety of faba bean selected under different environmental conditions”*

*Omar, S.A.*

*Prof.of Plant Breeding*

*Previous Vice Chairman of Ecology and Dry Land Agricultural Divission*

*Plant Breeding Unit, Plant Genetic Resources Dept., Desert Research Center, Cairo ,Egypt.*

*Crossponding author*

*said\_plantstress1959@yahoo.com*

**ABSTRACT**

From the long faba bean breeding program that was started in 1995 by using diallil crosses analysis between seven different parents of faba bean, new variety of faba bean called **Maryout-2** was selected after it is developing and selected under different environmental conditions. **Maryout-2** variety was evaluated according to the bases of the International Union of the Protection of New Varieties (UPOV) for **Distinctness, Uniformity and Stability** tests (**DUS**). The results indicated that, **Maryout-2** variety was differed in some morphological characters, stable, homogeneous and not contained any abnormal plants. The second test was the Value of Cultivation Use (VCU). The results indicated that **Maryout-2** reacted with years and locations and confirmed its high yielding potential and did not differ significantly in seed yield compared with the commercial cultivars of faba bean under the two different environments conditions from irrigation and rainfed, except under rainfed conditions in the third season whereas the differences were significant and **Maryout-2** gave the highest mean value for seed yield by 9.04, 16.24, 10.22% compared with **Nobaria-2, Nobaria-3 and Nobaria-1, respectively.**

Also, **Maryout-2** variety was tolerate for insect and for some fungus diseases resistance such as chocolate spot, broad bean rust, root-rot and wilt. Based on the recommendations of the **Variety Registration Committee (VRC)** to register **Maryout-2** as new variety of faba bean, the decision of the Minister of Agricultural and Land Reclamation No. 563 of 2014 was made, the adoption of faba bean class **Maryout-2** variety with in the range of crop varieties that are registered for the first time.

**Keywords:** faba bean, seed yield, stability, insect tolerance, diseases resistance.

**INTRODUCTION**

Faba bean production increases were achieved by both increasing area and continuous rise in seed yield as a result of breeding and cultivating high yield varieties and improved cultural practices. Efforts to produce enough seeds will push farming to new lands less favorable for growing faba bean than the old lands. Irrigation in these regions depends on

under ground (wells) water and rain. Drought problems is very important stress. This stress generally confined to arid and semi arid regions.

In our breeding program of faba bean different approaches are being employed to improve this crop especially for high yield, stability and fungus disease resistance under drought conditions. Different potentially useful materials are selected and developed and are subjected to further tests and evaluations.

The early studies on faba bean in Plant Genetic Resources Departement at Desert Research Center were carried out by (Omar *et. al.* 1998 a ) to start faba bean breeding program by using diallel cross analysis for some quantitative characters in faba bean (*Vicia faba* L.) under rainfed condition of Maryout, From this study some lines were selected and evaluated for seed yield under rainfed conditions of Maryout region (Omar *et. al.* 1998b), and the program was continues to estimate the heritability and drought susceptibility index under water stress conditions (Omar, 2003). So, the performance and phenotypic stability for seed yield and its components of these lines were studied under different environmental stress conditions by (Omar, 2004).

Continually, genetic verification of selected lines under drought resistance by using isozymes was studied under drought conditions (Fareida *et. al.* 2004).

On the other hand, the effect of biofertilization on genetic behavior for the selected faba bean genotypes under drought conditions were studied by (Abd El-Gawad *et.al.* 2004 and Badran *et. al.* 2013).

The major problems for facing the cultivation of different crop varieties in new reclamation lands under drought conditions as well as imbalance nutrient elements. In this direction, testing promissing genotypes compare with some commercial varities under differnt locations for several parameters associated with registration of the new varieties is the aim of this investigation.

One of the main targets of our programe for breeding faba bean is to find out varieties highly adapted to desert conditions, and could be cultivated under arid and semi-arid lands which suffer from drought and rainfed agricultural.

## MATERIALS AND METHODS

Faba bean Maryout-2 variety was selected from the long faba bean breeding program that traced back to a diallel cross set involving seven parents of wide divergent origins of faba bean i.e. Giza 461, Giza Blanka (Nobaria-1), Giza 402, Giza-2, Moshtohor-102, Moshtohor-103, and Moshtohor-127conducted in 1995/96 season, the first four cultivars are belonged to

the Agriculture Research Center and the last three line were developed by the plant breeding program at Dept. of Agron., Fac. Agric. Moshtohor, Zagzig University Egypt (El-Hosary,1989). Then, different studies were carried out to evaluate the selected materials in the following segregation to determine the adapted and the best genotype under different environmental conditions, i. e.:

- 1- Diallel cross analysis for some quantitative characters in faba bean (*Vicia faba* L.) under rainfed conditions of Maryout (Omar, *et. al.*,1998a).
- 2- Evaluation of some genotypes of faba bean (*Vicia faba* L.) under rainfed conditions of Maryout ( Omar, *et. al.*,1998b).
- 3- Breeding faba bean for environmental stress conditions:1- Selection under water stress, heritability and drought susceptibility index (Omar, 2003)..
- 4- Breeding faba bean for environmental stress conditions: 2- Performance and phenotypic stability for yield and its components (Omar, 2004).
- 5- Genetic verification of some faba bean drought resistance genotypes by using isozymes (Fareida, *et. al.*, 2004).
- 6- Effect of biofertilization on genetic behavior for some selected faba bean genotypes under drought conditions (Abd El-Gawad *et. al.*, 2009).
- 7- Evaluation of some selected faba bean genotypes grown under drought conditions using some biofertilization treatments (Badran *et. al.*, 2013).

From the results of the previous seven studies, one pure line which produced by the hybridization between the cultivar Giza-2 × strain Moshtohor -127 was selected and called **Maruout-2** and introduced for the Variety Registration Committee to register as a new variety of faba bean. According to the basses of the International Union of the Protection of New Varieties (UPOV), Variety Registration Committee (VRC) was evaluated **Maryout-2** variety for some morphologically traits and seed yield under two different environmental conditions (irrigation and rainfed) compared with some commercial faba bean cultivars that are used in Egypt,

**The following tests were applied:**

- The first test was applied by the Central Administration for Seed Certification (CASC) to run **DUS** test (**D**istinctness, **U**niformity and **S**tability). For this test, two field experiments were carried out at Baniswif Experimental Farm Station during 2009/2010 and 2010/2011 growing seasons, data were recorded in table 1 at the different growth stages on some morphological traits for the three varieties of faba bean that namely **Maryout-2, Nobarria-1 and Nobarria-2**,
- The second test was applied by Field Crops Research Institute (Field Legume Crop Research Dept.) at The Agricultural Research Center, to estimate the Value of Cultivation Use (**VCU**). For this test, three field experiments were carried out at the Nobarria Agricultural Experimental Farm during 2009/ 2010, 2010/2011 and 2011/2012 growing seasons to evaluate **Maryout-2** variety compared with four faba bean varieties namely: **Nobarria-2, Nobarria-3, Giza-716 and Nobarria-1** under two different environmental conditions (irrigation and rainfed),
- The third test was carried out by the Institute of Plant Protection Research to estimate **Maryout-2** variety for insect tolerance,
- The fourth test was carried out in field infection at the Institute of Plant Pathology Research to estimate **Maryout-2** variety for the related and the effective fungus diseases such as chocolat spot, broad bean rust, root-rot and wilt,
- The fifth test was studied by the Agriculture Economies Research Institute based on the results that obtained by Field Crops Research Institute (Field Legume Crop Research Dept.) to determine the feasibility of **Maryout-2** variety compared with four different commercial faba bean varieties,
- The sixth test was carried out at Agriculture Genetic Engineering Research Institute to determine fingerprint of **Maryout-2** variety.

The filed experiments were implemented under irrigation and rainfed conditions in a randomized complete block design with four replications. The plot size was 12m<sup>2</sup> and the recommended agricultural practices for faba been were applied.

The average of rain at November 2009/2010 and 2011/2012 were 35 and 140 mm respectively. Data were recorded, analyzed and subjected for seed yield/Ardab/fed. (Feddan= 4200m<sup>2</sup>& Ardab=155kg).

## RESULTS AND DISCUSSION

According to the bases of the International Union of Protection of New Varieties (UPOV), two tests were applied for the acceptance to register **Maryout-2** as a new variety of faba bean, the first test was: variety identification test (DUS) to estimate the **Distinctness, Uniformity and Stability**. The results recorded in table 1 indicated to, **Maryout-2** variety was differed in some morphological traits compared with the two cultivars of faba bean Sakha-1 & Nobaria-1, was distinct, stable, homogeneous and not contained the abnormal plants.

Based on the results that presented in table 1, the Variety Registration Committee had recommended registering **Maryout -2** as a new variety for cultivating under the newly reclaimed lands in Egypt.

**Table 1: Morphological traits variations of Maryout-2 variety compared with the two varieties Sakha-1 and Nobaria-1 at 2010/2011 growing season.**

No.	Trait		Trait degree		
			varieties		
			Maryout-2	Sakha-1	Nobaria-1
1	The vegetation color		3	3	3
2	Time of flowering 50% for plants contain at least one flower.		5	5	3
3	Leaflet	Length: for the part of leaflet grassroots on the second flower node.	7	5	3
		width	7	7	2
		Maximum width	2	2	3
4	Flower length		3	5	3
5	Melanin spots on wing		9	9	9
6	Color patches of Melanin on wing		3	3	3
7	Flag	Dye anthothianin on flag	9	9	9
		Dye anthothianin densities on flag	5	7	3
8	Natural plant growth		2	1	1
9	Plant height		7	7	5
10	Stem	Verities that contains on Melanin spots (dye anthothianin)	9	1	1
		Number of nods and including the first flowering nod.	5	-	-
11	Pod	Length without beak.	5	3	3
		Width from suture to suture.	5	5	3
12	100- Seed weight.		5	5	5
13	Dry seed	Form in the elongated form.	3	2	3
		After direct harvesting: seed testa color.	2	1	1
		Blacking dye on seed center.	9	9	9

The second test was:



Variety performance test (VCU) to estimate the value of cultivation use (during 2009/2010, 2010/2011 and 2011/2012 growing seasons).

Data presented in Table 2 showed that the differences between **Maryout-2** variety and four check varieties at seed yield under two different environment conditions (irrigation and rainfed). The results indicated that the differences were non significant in the first, second and the third season under irrigation and rainfed conditions except under rainfed in the third season. Whereas **Maryout-2** variety gave significantly the highest mean value for seed yield under rainfed conditions by 9.04, 16.24, 10.22% compared with the three commercial varieties **Nobaria-2**, **Nobaria-3** and **Nobaria-1**, respectively. This results due to increasing rain up to 140 mm at November in the third seasons.

**Table 2: Seed yield of Maryout-2 variety and some commercial varieties of faba bean grown under irrigation and rainfed conditions at Nobaria experimental farm.**

Varieties	Seed yield/ardab/faddan*			Mean
	2009/2010	2010/2011	2011/2012	
<b>Seed yield under irrigation conditions</b>				
<b>Maryout-2</b>	10.24	12.95	14.81	12.66
<b>Nobaria-2</b>	08.83	12.63	15.17	12.21
<b>Nobaria-3</b>	10.34	14.41	14.60	13.11
<b>Giza-716</b>	09.84	09.99	.....	09.92
<b>Nobaria-1</b>	.....	.....	12.91	
<b>C.V%</b>	11.21	21.72	08.11	
<b>L.S.D. at .05%</b>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>	
<b>Seed yield under rainfed conditions</b>				
<b>Maryout-2</b>	06.92	07.81	14.23	09.65
<b>Nobaria-2</b>	06.02	11.25	11.87	09.71
<b>Nobaria-3</b>	07.22	10.35	10.28	09.28
<b>Giza-716</b>	07.53	08.42	.....	07.98
<b>Nobaria-1</b>	.....	.....	11.59	
<b>C.V%</b>	12.11	23.95	06.10	
<b>L.S.D. at .05%</b>	<i>N.S.</i>	<i>N.S.</i>	01.46	

\* Ardab=155 kilogram

\*Faddan= 4200 m<sup>2</sup>

**The following tests were applied on Maryout-2 variety:**

**1- Insect tolerant test:**

The results recorded by Plant Protection Research Institute at Agriculture Research Center indicated that the mean infection percentage of **Maryout-2** variety was less than the critical range compared with the check varieties and the differences were

non significant. Based on these results Plant Protection Research Institute had recommended to register **Maryout- 2** as a new variety of faba bean.

## 2- Diseases resistance test:

The results recorded by Plant Pathology Research Institute at Agriculture Research Center indicated that **Maryout-2** variety was tolerated for chocolat spot, broad bean rust, root-rot and wilt. Based on these results Plant Pathology Research Institute had recommended to register **Maryout- 2** as a new variety of faba bean.

## 3- Economic value test:

Based on the results obtained and reported by the Institute of Plant Production, the feasibility of **Maryout-2** variety was estimated compared with some commercial varieties of faba bean for seed yield/feddan. The most important indicators and the economic consequences of **Maryout-2** variety were: average of seed yield /fed. total income, net variable costs, total costs, net income/fed., income over variable costs and rate of income/cost. In light of these indicators, Agricultural Economics Research Institute reported that the majority of indicators were in favor of the new product of **Maryout-2** variety. For these results the Agricultural Economic Research Institute recommended to register **Maryout-2** as a new cultivar of faba bean.

## 4- Finger print test:

This test were carried out at the Lab. of Agricultural Genetic Engineering Research Institute by using ten RAPD-PCR operon primers Viz. OPE17, OPA10, OPA15, OPA16, OPG17, OPA13, OPB17, OPM17, OPZ17 and OPB6. RAPD primer codes and their sequences are prsented in Table 3 to regester **Maryout-2** as a new Egyptian variety of faba bean , molecular discrimination is an essential; for characterizing this accession. Hence, DNA of this newly cultivar was subjected to PCR against the ten RAPD operon 10-mer primers and amplified bands produced shown in Fig. 1 and are illustrated in Table 3 and figer 1.

**Figure 1: bands amplified for of Maryout-2 new register variety by using ten primers.**

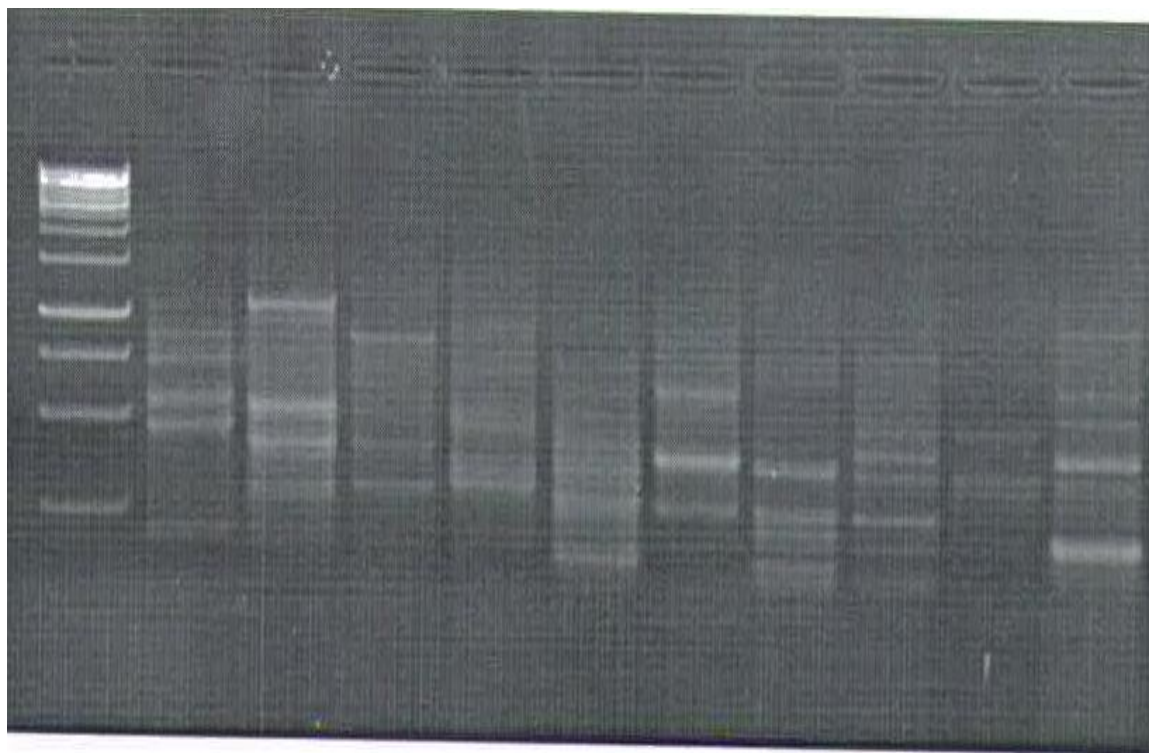
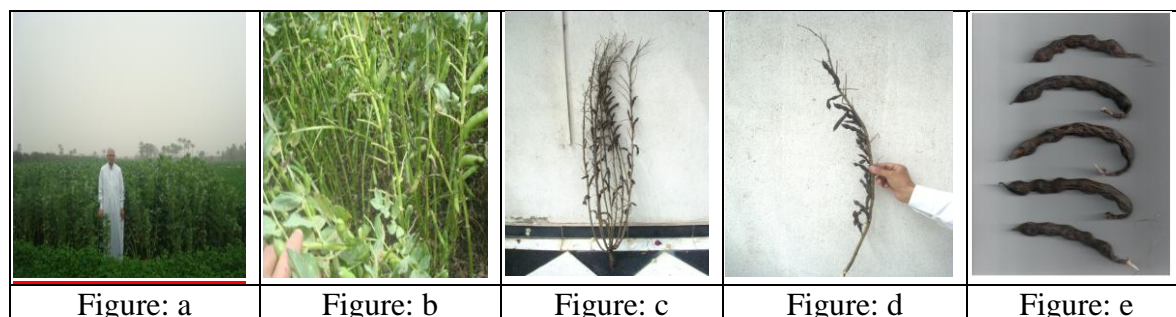


Table 3: RAPD-PCR fingerprint of Maryout-2 new register variety by using ten primers.

OPE1 7	OPA1 0	OPA1 5	OPA1 6	OPG1 7	OPA1 3	OPB1 7	OPM1 7	OPZ1 7	OPB 6
900	1200	900	850	750	900	800	850	500	1000
750	900	420	500	620	620	700	500	350	850
560	850	320	350	500	400	350	400	***	650
450	550		320	420	270	260	350	***	530
200	430	***	***	350	***	230	250	***	400
***	300	***	***	280	***	200	200	***	330
***	***	***	***	250	***	***	180	***	260
***	***	***	***	***	***	***	***	***	230
***	***	***	***	***	***	***	***	***	170

Figure 2: the following figers are showing some selected characters of Maryout-2 variety:

- variety breeder with plants height (more than 160 cm) and plants uniformity at growth stage ,
- Maryout-2 variety at pod filing stage,
- Number of tillers (more than 8 tiller ) and pods (more than 60 pod) on some selected plants at maturity stage,
- Number of pods in some selected tillers (more than 20 pods).
- Number of seeds on some selected pods (5-6 seed).



### Acknowledgment

*I am thanks a lot for the efforts of the Variety Registration Committee (VRC) which were continues for six years to apply all necessary tests to register Maryout-2 as a new variety and provide me by the results and the recommendations of the tests institutions that mentioned in this paper. Also, many thanks for my professor Ali El-Hosary for his providing me by the three strains which were used in this program, also my thanks for our plant breeder staff at Plant Genetic Resources Dept. at desert research center and my family for their efforts during breeding program of Maryout-2 variety*

### REFERENCES

- Abd El-Gawad A.M, A.A. Badran, Amal E.A. Abd El-Hamid and S.A. Omar, (2009). Effect of biofertilization on genetic behavior for some selected faba bean genotypes under drought conditions. 6<sup>th</sup> International Plant Breeding Conference, Ismailia, Egypt: 544- 554.
- Badran A.A., A.M.Abd El-Gawad, and S.A. Omar, (2013). Evaluation of some selected faba bean genotypes grown under drought conditions using some biofertilization treatments. Egypt. J. Plant Breed. 17 (5): 175-182.
- El-hosary, A. A., (1989). Evaluation of some new varieties of faba bean (*Vicia faba* L.) in Egypt. Eyp. J. of Agron., 14: 59-68.
- Fareida, M. El-Saied and S. A. Omar, (2004). Genetic verification of some faba bean drought resistance genotypes by using isozymes. Agric. Sci. Mansoura Univ., 29 (6): 2989-3005.
- Omar, S. A., (2003). Breeding faba bean for environmental stress conditions 1- Selection under water stress, heritability and drought susceptibility index. Egypt. J. Plant Breed., 7 (1): 77-89.
- Omar, S. A., (2004). Breeding faba bean for environmental stress conditions 2- Performance and phenotypic stability for yield and its components. Annals of Agric. Sci., Moshtohor. 42 (1): 15-23.
- Omar, S. A.; A. A. El-Hosary and S. A. N. Afiah (1998a). Diallel cross analysis for some quantitative characters in faba bean (*Vicia faba* L.) under rainfed condition of Maryout. Proc. 8<sup>th</sup> Conf. Agronomy, Suez Canal Univ., Egypt. 247-255.
- Omar, S. A., A. A. El-Hosary and S. A. N. Afiah (1998b). Evaluation of some genotypes of faba bean (*Vicia faba* L.) under rainfed conditions of Maryout. Desert Inst. Bull. Egypt, 48 (1): 97-106.

الملخص العربي

مربوط-2 "صنف جديد من الفول البلدى منتخبت تحت ظروف بيئية مختلفة"  
سيد عبد السلام حسن عمر  
أستاذ تربية النبات ووكيل شعبة البيئة وزراعات المناطق الجافة السابق  
وحدة تربية النباتات – قسم الأصول الوراثية النباتية – مركز بحوث الصحراء

خلال برنامج تربية الفول البلدى طوبل المدى والذى بدأ منذ عام 1995 باستخدام طريقة التهجين النصف الدانرى بين سبعة تراكيب وراثية مختلفة منها أربعة أصناف معتمدة من مركز البحوث الزراعية هي: جيزة 461, جيزة بلانكا (نوبارية-1), جيزة 402, جيزة 2- وثلاثة سلالات منتخبة من برنامج تربية الفول البلدى بكلية العلوم الزراعية بمشتهر بمعرفة الأستاذ الدكتور/ على الحصرى هي: مشتهر 102, 103, 127 حيث تم إنتخاب إحدى السلالات المباشرة الناتجة بالتهجين بين الصنف جيزة 2- مع السلالة مشتهر 127 وتم تسجيلها كصنف جديد من محصول الفول البلدى أطلق عليه إسم مربوط-2 متحمل لظروف الإجهاد الجفافى.

وطبقا لقواعد الإتحاد الدولى لحماية الأصناف النباتية وبروتوكول لجنة تسجيل أصناف الحاصلات الزراعية أجريت الإختبارات التالية لتسجيل الصنف مربوط-2 كصنف جديد من الفول البلدى:

- تقييم وإختبار هذا الصنف لصفات التميز والتجانس والثبات خلال موسمى 2010/2009 - 2011/2010, وقد أكدت النتائج وجود إختلافات واضحة فى بعض الصفات المورفولوجية, والثبات والتجانس مع صنفى المقارنة نوبارية-1 ونوبارية-2, وعدم وجود نباتات شاذة بين نباتات الصنف مربوط-2.
  - إختبار القيمة الزراعية والإستخدام بمعرفة معهد بحوث المحاصيل الحقلية بمركز البحوث الزراعية بمحطة التجارب الزراعية بمنطقة النوبارية خلال أعوام 10/2009, 11/2010, 12/2011, وأشارت النتائج إلى أن الصنف مربوط-2 نتاج السنوات والمواقع المختلفة كانت قدرته المحصولية لمحصول البذور متاينة تحت ظروف الرى والمطر مع وجود إختلاف غيرمعنوى مقارنة بأصناف المقارنة (نوبارية-1, نوبارية-2, نوبارية-3, و جيزة 716), بينما تفوق الصنف مربوط-2 بنسبة 4,9, 24,16, 22,10% على أصناف المقارنة نوبارية-2, نوبارية-3, ونوبارية-1 تحت ظروف المطر فى السنة الثالثة على الترتيب.
  - أظهرت نتائج الإختبارات الحشرية أن معدل إصابة الصنف مربوط-2 بالآفات الحشرية كانت أقل من الحد المسموح به,
  - أظهرت نتائج التقييم المرضي تحت ظروف العدوى الصناعية أن الصنف مربوط-2 مقاوم لأمراض التبقع البنى, وعفن الجذور, والصدأ, والذبول.
- وبناء على نتائج الإختبارات السابقة أوصت لجنة تسجيل أصناف الحاصلات الزراعية بوزارة الزراعة بتسجيل الصنف مربوط-2 كصنف جديد من الفول البلدى يلانم الزراعة تحت ظروف الرى والزراعة المطرية بالأراضى الجديدة, وصدر القرار الوزارى 563 لسنة 2014 بإعتماد الصنف مربوط-2 كصنف جديد يزرع لأول مرة ضمن مجموعة أصناف الفول البلدى المنزرعة فى مصر.





Tunisian Association of Digital  
Geographic Information

# *Gis & Geospace Applications*

## 1<sup>st</sup> Edition Of The International Congress *Geo-Tunis 2016*



[www.geotunis.org](http://www.geotunis.org)

Address: 112 rue Radhia Haded 1001 Tunis

Tel : (00216) 71 245 692 Fax : (00216) 71245 692 E-mail: [atigeo\\_num@yahoo.fr](mailto:atigeo_num@yahoo.fr)

Web site : [www.geotunis.org](http://www.geotunis.org) - [www.unioneag.org](http://www.unioneag.org) - [www.geosp.net](http://www.geosp.net)





ABIDI Sahar, HAJJI Olfa, HABAIEB Hamadi

## 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 Muskingum 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).

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

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

$$TP = \tau_{Qp} - \tau_{Qo} \quad (\text{Eq.4})$$

Avec  $Q_{o\max}$  : débit observé du pic,  $Q_{c\max}$  : débit calculé du pic,  $Q_{oi}$  : débit observé,  $Q_{ci}$  : débit calculé,  $Q_m$  : débit moyen observé,  $\tau_{Qo}$  : temps du pic observé,  $\tau_{Qp}$  : 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).

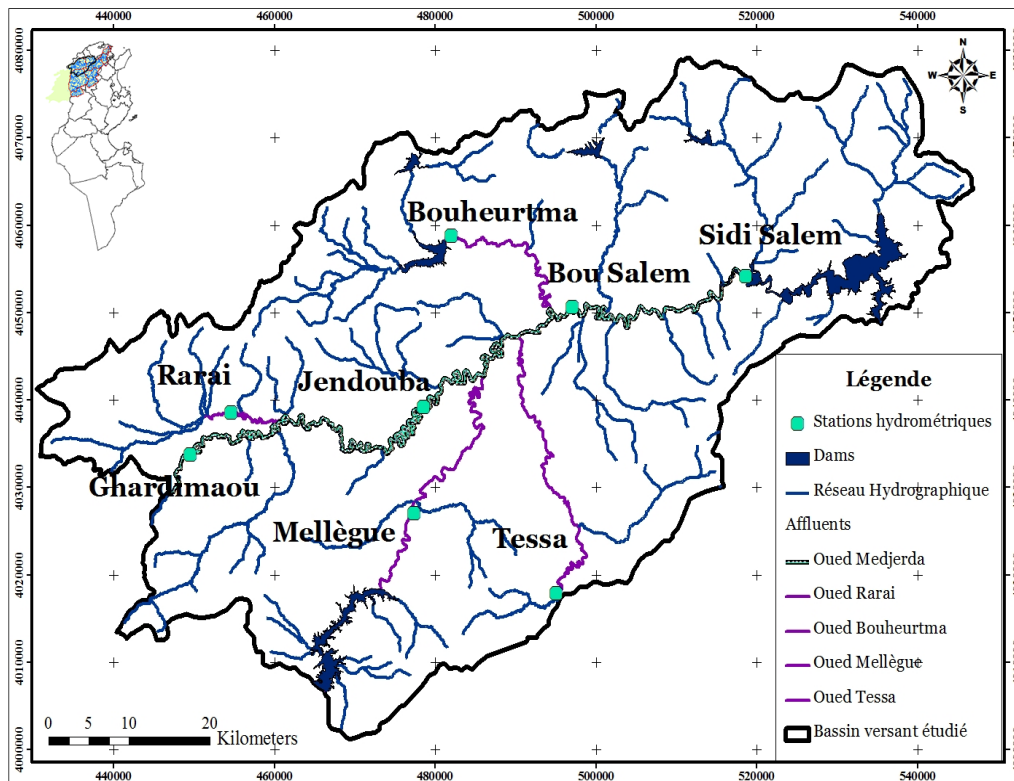


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

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 confluer 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’étalent 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:

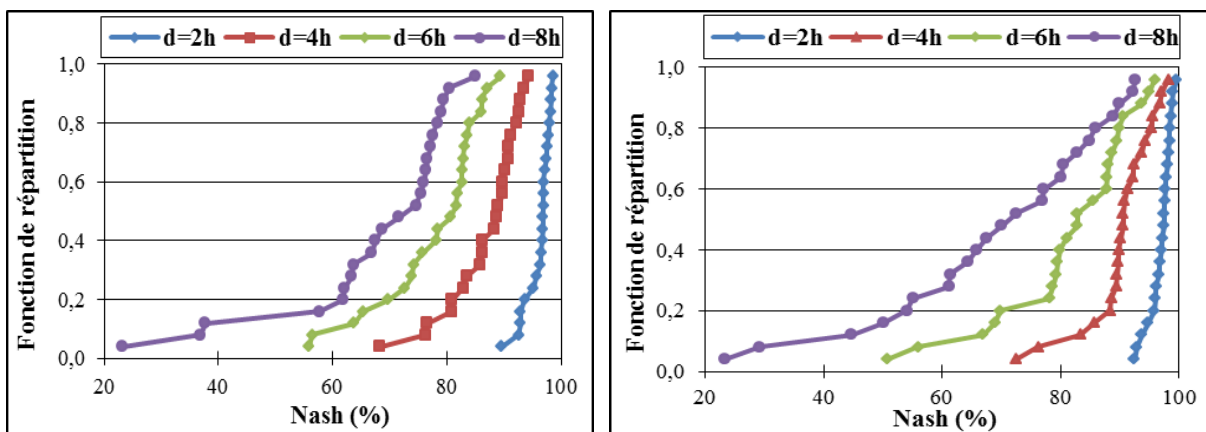


Figure 2. Fonction de répartition de l’erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Ghardimaou – Jendouba

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 :

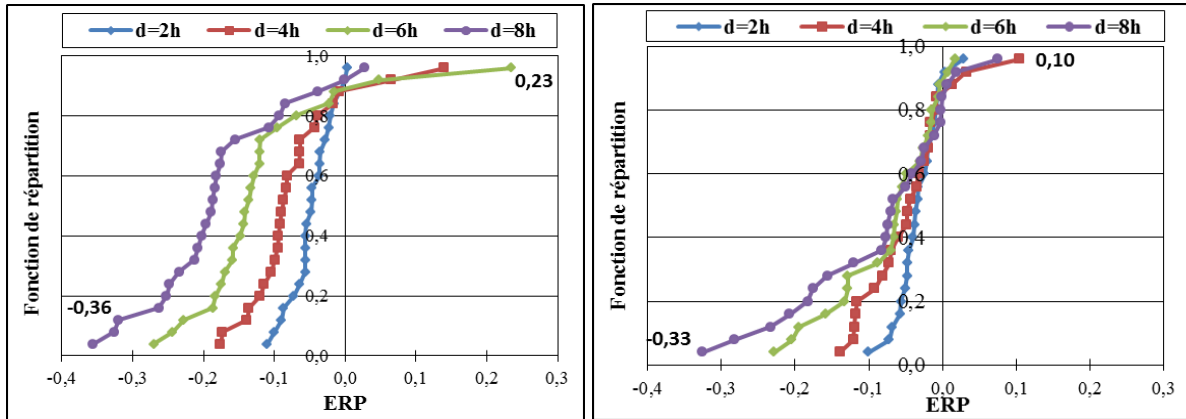


Figure 3. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Ghardimaou - Jendouba

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:

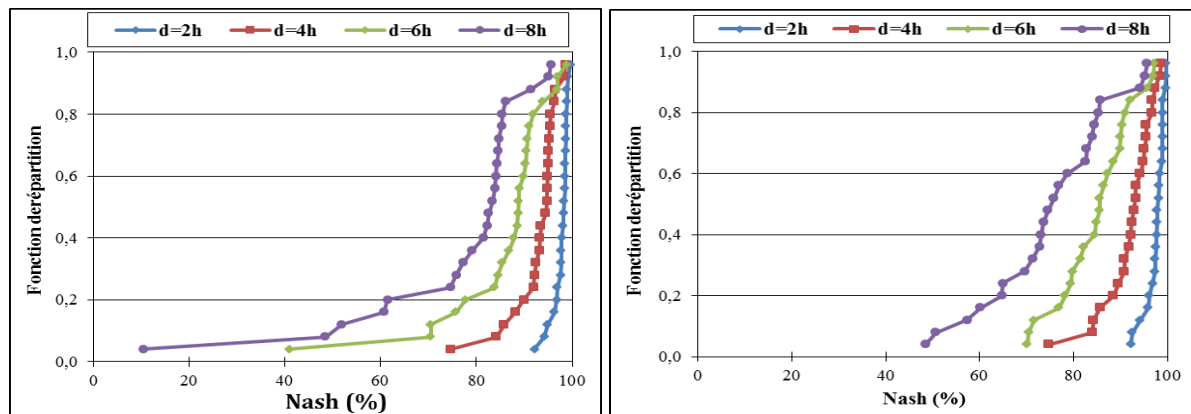


Figure 4. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Jendouba – Bou Salem

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 :

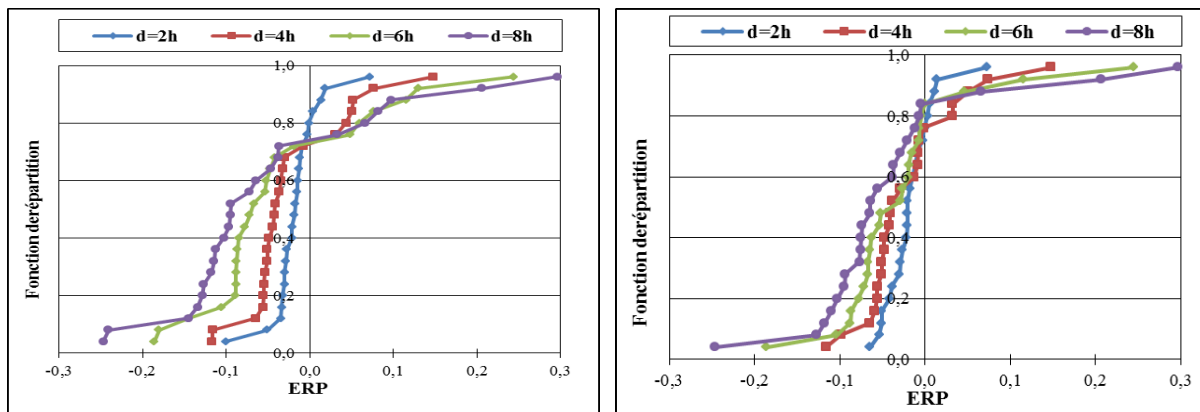


Figure 5. Fonction de répartition de l'erreur relative de pointe sans (à gauche) et avec (à droite) considération des débits des affluents sur le tronçon Jendouba – Bou Salem

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	Moyenne (%)	Ecart type	Moyenne (%)	Ecart type	Moyenne (%)	Ecart type
<b>Ghardimaou-Jendouba</b>								
<b>Sans affluents</b>	96	0,022	87	0,064	77	0,093	67	0,153
<b>Avec affluents</b>	97	0,019	90	0,060	81	0,116	69	0,190
<b>Jendouba-Bou Salem</b>								



<b>Sans affluents</b>	95	0,020	91	0,055	85	0,120	75	0,184
<b>Avec affluents</b>	98	0,017	93	0,052	85	0,077	76	0,128

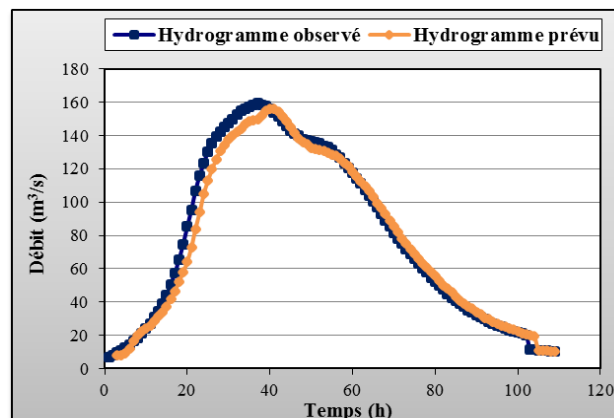
Table 2. Comparaison des résultats pour l'erreur relative de pointe

	2 heures		4 heures		6 heures		8 heures	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
<b>Ghardimaou-Jendouba</b>								
<b>Sans affluents</b>	0,048	0,030	0,091	0,046	0,144	0,070	0,184	0,097
<b>Avec affluents</b>	0,035	0,025	0,058	0,043	0,074	0,068	0,093	0,094
<b>Jendouba-Bou Salem</b>								
<b>Sans affluents</b>	0,026	0,022	0,053	0,032	0,088	0,054	0,116	0,069
<b>Avec affluents</b>	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.



ABIDI Sahar, HAJJI Olfa, HABAIEB Hamadi

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

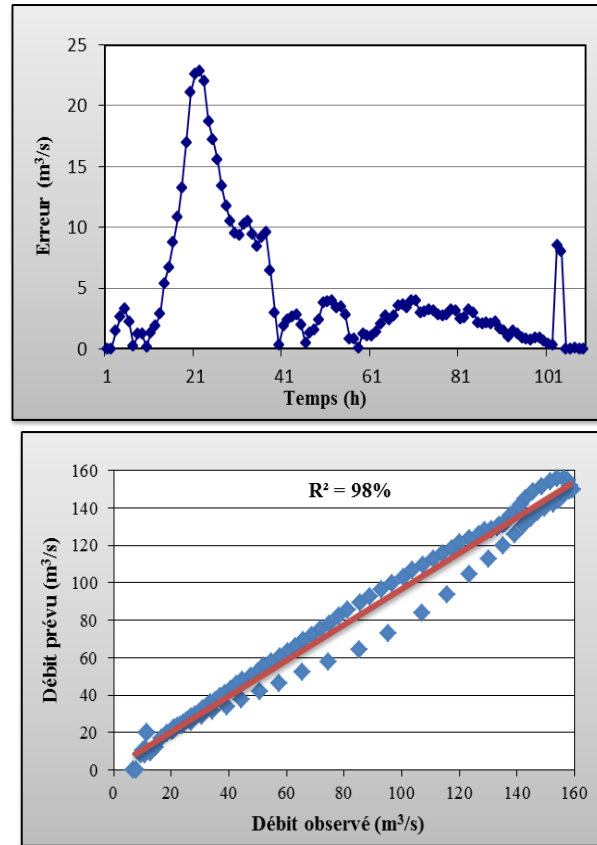


Figure 7. L'erreur et la corrélation entre les débits observés et prévus de Jendouba à partir des débits de Ghardimaou avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits de Rarai

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.

ABIDI Sahar, HAJJI Olfa, HABAIEB Hamadi

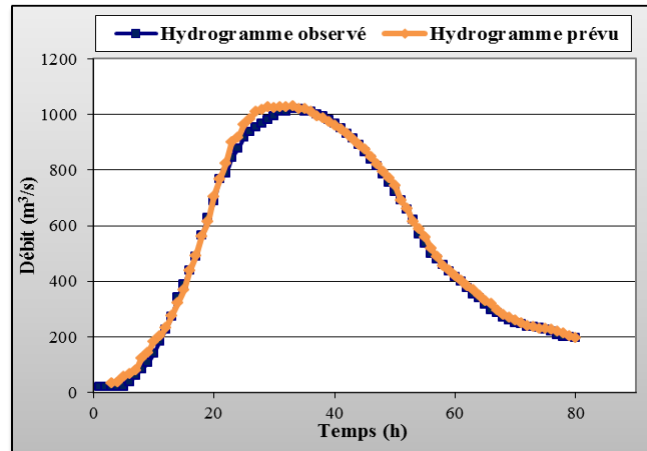


Figure 8. Prévision des débits de Bou Salem à partir des débits de Jendouba avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits des affluents Mellègue, Tessa et Bouheurtma

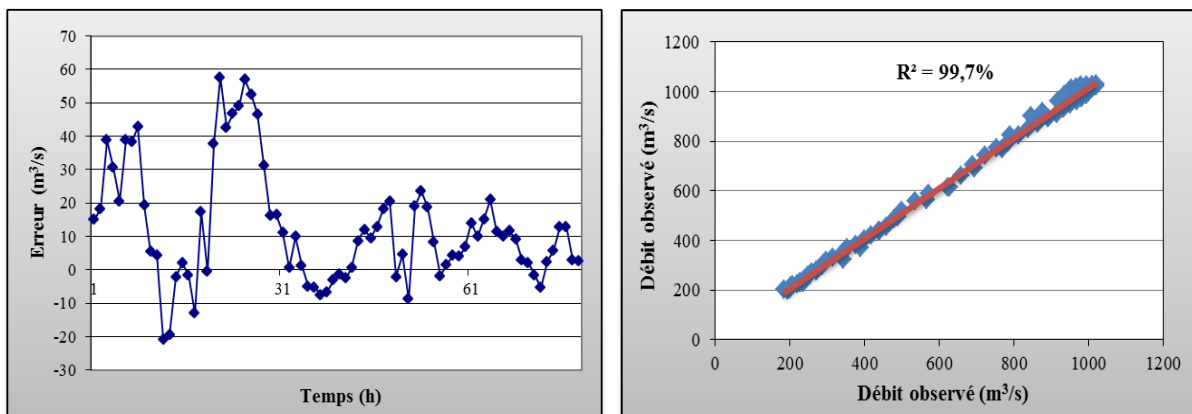


Figure 9. L'erreur et la corrélation entre les débits observés et prévus de Bou Salem à partir des débits de Jendouba avec le modèle de Muskingum au délai 2 heures en tenant compte des débits des Mellègue, Tessa et Bouheurtma

Ces graphiques montrent que le modèle de Muskingum a reproduit la forme de l'hydrogramme et de pic. La valeur et le temps d'arrivée 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

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 établie sur deux tronçons 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 scénarios : à l'absence des affluents et en les considérant.

ABIDI Sahar, HAJJI Olfa, HABAIEB Hamadi

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 Régression 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'Équipement 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.

L'IMPACT DE L'IRRIGATION DEFICITAIRE REGULEE SUR LA QUALITE PHYSICO CHIMIQUE DU POMMIER (Gala)

CHENAFI A<sup>1,2</sup>, MONNEY P<sup>2</sup>, CEYMANN M<sup>2</sup>, ARRIGONI E<sup>2</sup>, CHENNAFI H<sup>3</sup>, CHRISTEN D<sup>2</sup> et CHRISTOPH C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department d'hydraulique, Université de Bejaia, Algérie*

<sup>2</sup> *Agroscope ACW, Centre de Recherche de Conthey, Suisse*

<sup>3</sup> *Département d'Agronomie, Université de Sétif, Algérie.*

**RÉSUMÉ.** Cette étude examine l'effet des différentes stratégies d'irrigation sur la qualité physico-chimique du pommer de la variété (Gala). L'étude a été effectuée en plein champ en Suisse. Quatre traitements sont appliqués: T1; non irrigué durant les trois périodes de croissance du fruit (PCF I, II et III), T2; irrigation de confort durant PCF I, II et III, T3; irrigation de confort durant PCF I et III et non irrigué en PCF II, T4; irrigation déficitaire régulée (IDR) appliquée durant PCF II et irrigation de confort en PCF I et III. Les traitements soumis au stress hydrique possèdent la fermeté la plus élevée contrairement à la teneur en jus des pommes. Aucune différence significative n'a été observée entre T2 et l'IDR sur la fermeté, l'acidité et la teneur en jus des pommes. Des différences significatives ont été observées entre T2 et les traitements (T1 et T3) sur la qualité physico-chimique des pommes. Cette étude a montré que l'application de l'IDR pendant PCF II peut être considérée comme une stratégie utile dans les zones où les ressources en eau sont imitées.

**MOTS-CLÉS:** irrigation déficitaire, potentiel hydrique du sol, teneur en eau du sol, pommier, période de croissance du fruit, statut hydrique de la plante

## 1. Introduction

L'importance de l'eau pour la vie et comme composant de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme, est un élément-clé du développement, mais plus encore, l'eau agricole apparaît comme un des leviers majeurs de développement. L'augmentation spectaculaire de la demande et les conséquences du changement climatique ont fait de l'eau la ressource la plus précieuse de notre planète. Le déficit hydrique est l'un des facteurs les plus importants limitant la production des cultures dans le monde (Ashraf. 2010). L'Algérie est considérée parmi les pays les plus pauvres en eau.

L'arboriculture fruitière en irrigué s'est considérablement développée durant les dix dernières années et constitue un des plus gros consommateurs d'eau d'irrigation. En Algérie Dans les conditions relativement arides et semi-arides, il est indispensable de recourir à l'application de l'irrigation déficitaire régulée (IDR) car la nouvelle tendance de l'irrigation des vergers s'oriente vers un certain rationnement (Costa et al., 2007).

Une méthode prometteuse pour une bonne gestion de l'apport d'eau au pommier est l'irrigation déficitaire régulée (RDI). Cette stratégie appliquée au cours de la deuxième période de croissance des fruits, repose sur la réduction des doses d'irrigation par rapport au régime optimal et, par conséquent en menant différentes stratégies d'irrigation, on améliore l'utilisation rationnelle de l'eau. Le concept de la RDI fut proposé par (Chalmers et al. 1981). Des recherches sur pommier (Ebel et al. 1995), ont montré que la RDI n'a eu aucun effet sur le rendement et la qualité du fruit. Parallèlement, le consommateur est l'acteur principal vis à vis du produit par la qualité du fruit. Il est impératif de trouver une meilleure stratégie de gestion de l'irrigation mais tout en gardant une bonne qualité physico-chimique du fruit. C'est dans ce cadre, que s'inscrit notre travail qui a pour objectif principal d'étudier les effets des différentes stratégies d'irrigation sur le rendement et la qualité physico-chimique des pommes.

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Matériel végétal et conditions de l'expérimentation

La présente étude a été conduite dans un verger de pommier (Gala), localisé en Suisse romande (Latitude 46°12'N, Longitude 7°18'E, Altitude 500m). Le climat est continental, la moyenne annuelle des précipitations est de 600mm. La parcelle a été complètement couverte par du plastique transparent, lequel est couvert par des bâches en plastique vert afin de supprimer l'apport des pluies lors de l'expérimentation.

La légère pente naturelle du terrain permet à la pluie qui tombe de ne pas stagner au dessus des bâches.

Le matériel végétal est le pommier de la variété (Gala) planté en 2003, greffé sur M9 EMLA ayant comme pollinisateurs Everest et Golden GEM. La hauteur des arbres est de 4 m, avec un diamètre moyen des troncs de 65 mm. La densité de plantation est de 4 x 1,4 m et



*CHENAFI A1,2, MONNEY P2, CEYMANN M2, ARRIGONI E2, CHENNAFI H3, CHRISTEN D2 et CHRISTOPH C2*  
l'orientation des lignes d'arbres est nord-sud. Le 26 Avril 2010 est la date de la pleine floraison de la variété Gala. Le dispositif expérimental est en blocs randomisés avec six répétitions. La parcelle expérimentale est constituée de six lignes d'arbres. Les parcelles élémentaires de la partie centrale sont réservées pour les mesures expérimentales.

Les quatre traitements d'irrigation appliqués, sont basés sur les différentes périodes de croissance du fruit (PCF), selon le nombre de jours après la pleine floraison (JAPF): PCF I (1JAPF-64JAPF) correspond à la division cellulaire du fruit ; PCF II (65JAPF-104JAPF) au grossissement cellulaire du fruit ; PCF III (105JAPF-128JAPF) au grossissement et à la maturité du fruit.

Le 1<sup>er</sup> Traitement T1 est le non irrigué de la pleine floraison jusqu'à la récolte, le 2<sup>ème</sup> traitement T2 est un traitement de confort, géré par le potentiel hydrique du sol mesuré à 30 cm de profondeur. Le traitement T3 est similaire à T2, à l'exception de PCF II ou on arrête complètement l'apport d'eau au pommier. Le traitement T4 est similaire aussi à T2 à l'exception de PCF II où on applique l'irrigation déficitaire régulée IDR gérée par le potentiel hydrique du xylème du tronc.

Nous avons utilisé dans notre expérimentation l'irrigation en goutte à goutte avec des gaines enterrées. Le modèle choisi des goutteurs est fabriqué par Netafim Uniwine; les émetteurs sont intégrés à l'intérieur de la gaine et fonctionnent sur le principe de l'auto-régulation. La gamme de la pression de fonctionnement est de 0.05 à 0.4 MPa et la dépression est assurée par un système de labyrinthe Turbonet. La gaine est équipée de goutteurs de 1,6 l / h chacun, espacés de 0,3 m les uns des autres. La station de tête de la parcelle expérimentale est équipée d'une vanne principale, filtre, manomètre et quatre vannes programmables reliées à un programmeur.

## 2.2. Mesure du statut hydrique du sol et de la plante

### 2.2.1 Potentiel hydrique du sol

Nous avons utilisé les sondes Watermark® monitor Model 900M pour mesurer le potentiel hydrique du sol à 30 et 60 cm de profondeur ( $\Psi_{S30}$  et  $\Psi_{S60}$ ). Les sondes Watermark® indiquent le potentiel hydrique du sol jusqu'à 200 cbar, peuvent rester en place plusieurs années sans entretien et, reliées à un datalogger, permettent d'enregistrer à fréquence élevée (plusieurs fois par jour si nécessaire) les variations du  $\Psi_s$ . Le transfert des données sur PC est simple et rapide. La lecture des Watermarks est faite chaque jour entre 10-11h juste avant l'irrigation.

### 2.2.2. Mesure des paramètres physiologiques

Afin de déterminer le statut hydrique du pommier, nous avons procédé par un suivi de mesure du potentiel hydrique du xylème du tronc du pommier  $\Psi_x$ , à l'aide de la chambre à pression dite de Schölander (model 600; PMS Instrument Company U.S.A), (Schölander et al. 1965) selon la procédure décrite par (Turner. 1981). Les mesures ont été effectuées sur douze feuilles par traitement (deux feuilles proches du tronc par arbre). La mesure du  $\Psi_x$  s'est effectuée tous les trois jours entre 12h30 et 13h30 quand l'évapotranspiration est maximale.

CHENAFI A1,2, MONNEY P2, CEYMANN M2, ARRIGONI E2, CHENNAFI H3, CHRISTEN D2 et CHRISTOPH C2  
 Les feuilles ont été placées à l'intérieur d'un sachet en plastique recouvert à l'aide du papier en aluminium, les mesures débutent une heure après; dans le but d'avoir un équilibre entre le  $\Psi_x$  et le potentiel hydrique de la feuille (Naor et Cohen. 2003).

### 2.3. Qualité physico chimique

La totalité des fruits des quatre traitements à été analysée dans le but de déterminer qualité commerciale sur une calibreuse automatique (*Greefa, 4196 Tricht, NL*) et regroupés selon 9 catégories de calibre (50 mm à 90 mm) et 4 catégories de couleur (Coloration 1(0-10 %); Coloration 2 (10-33 %); Coloration 3(33-50 %) et Coloration 4(>50 %)). Les critères jugés déterminants pour la qualité commerciale sont le poids moyen, le % de fruits de 1<sup>e</sup> choix selon les normes en vigueur en Suisse, la production totale par arbre ainsi que la production par arbre de 1<sup>e</sup> choix.

### 3. Résultats et discussion

Suivant la dynamique du potentiel hydrique du sol (Fig.1), la valeur initiale du  $\Psi_{S30}$  est la même pour les quatre traitements. Celle-ci était de 0 MPa au moment où le sol était à sa capacité au champ.

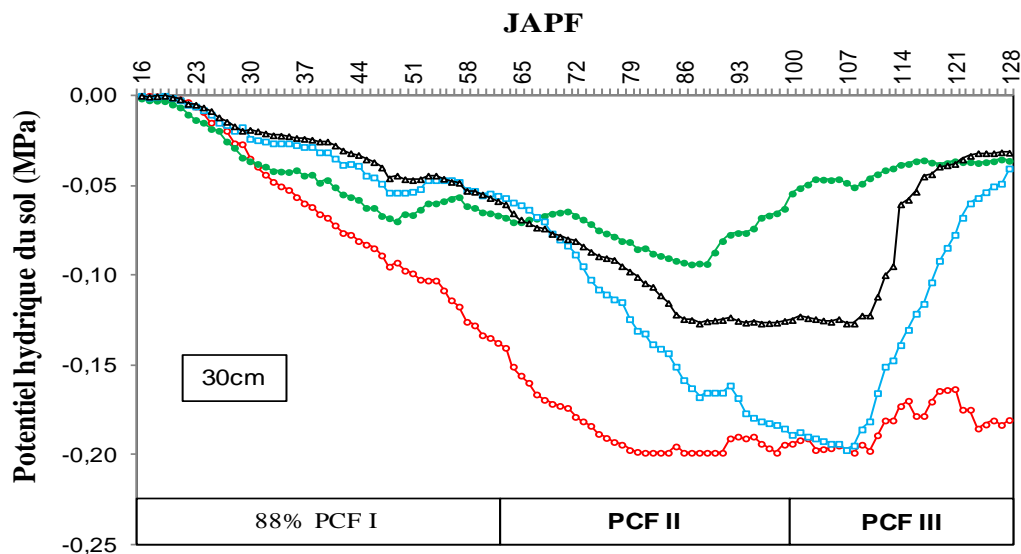


Fig. 1. Medianes du potentiel hydrique du sol à 30 cm de profondeur suivant les différentes stratégies d'irrigation: T1(○), arbres non irrigués (PCF I, II et III); T2(●), arbres irrigués au confort (PCF I et III), arbres non irrigués (PCF II); T3(□), arbres irrigués au confort (PCF I et III) et irrigation déficitaire régulée (PCF II). Chaque point est l'ensemble de six mesures.

Le traitement T1 le plus sévère possède les valeurs les plus faibles du  $\Psi_{S30}$  pendant toute la saison, comparativement aux autres traitements. Le  $\Psi_{S30}$  atteint à la fin de PCF I -0,15 MPa respectivement. Le gradient élevé du potentiel hydrique du sol met en évidence le dessèchement rapide du sol suite à l'arrêt de l'apport d'eau,  $\Psi_{S30}$  continu à descendre plus bas, atteignant ainsi en moyenne, à la fin de PCF III les seuils de -0,190 MPa. Le traitement T2 possède les valeurs les plus élevées du  $\Psi_{S30}$  avec en moyenne -0,06 MPa pendant les trois périodes. Durant PCF II, le traitement T3 a été affecté par l'arrêt total des apports d'eau. Le potentiel hydrique du sol du traitement T4 était au voisinage de -0,12 MPa. Quand nous avons

CHENAFI A1,2, MONNEY P2, CEYMANN M2, ARRIGONI E2, CHENNAFI H3, CHRISTEN D2 et CHRISTOPH C2 repris l'irrigation, et à la fin de PCF III, les seuils de  $\Psi_{S30}$  des traitements T3 et T4 étaient pratiquement les mêmes que le traitement T2.

En suivant la dynamique du potentiel hydrique du xylème du tronc du pommier, il ressort que le traitement le plus sévère T1 possède les valeurs les plus basses du  $\Psi_X$  par rapport aux autres traitements durant toute la saison. Le  $\Psi_X$  du traitement T1 baisse rapidement et atteint à la fin de PCF I et II et III respectivement -1.16 MPa et -1.48 MPa. Des résultats similaires ont été trouvés sur le pommier (Naor et Cohen. 2003). Durant toute la saison de croissance du fruit et comparativement aux trois traitements, T2 possède les valeurs les plus élevées de  $\Psi_X$  variant de -1.07 MPa à -0.89 MPa respectivement.

L'application de l'irrigation déficitaire régulée RDI a été marquée par des  $\Psi_X$  légèrement inférieurs à ceux de T2 atteignant à la fin de PCF II, -1.14 MPa. Plusieurs auteurs indiquent que le potentiel du xylème du tronc est un indicateur très sensible au stress hydrique des plantes pour la programmation de l'irrigation du pommier (Swafef et al. 2009). Les différentes stratégies d'irrigation sur le pommier (Gala) n'ont pas eu d'effets sur le rendement des arbres fruitiers; aucune différence significative entre les différents traitements n'a été observée.

L'application de l'irrigation déficitaire régulée IDR durant PCF II au traitement T4 n'a eu aucun impact négatif sur la fermeté et la teneur en sucre des pommes (figure 2), aucune différence significative n'a été observée entre T2 et T4 des résultats similaires ont été observés chez les pêchers (Girona. 2002).

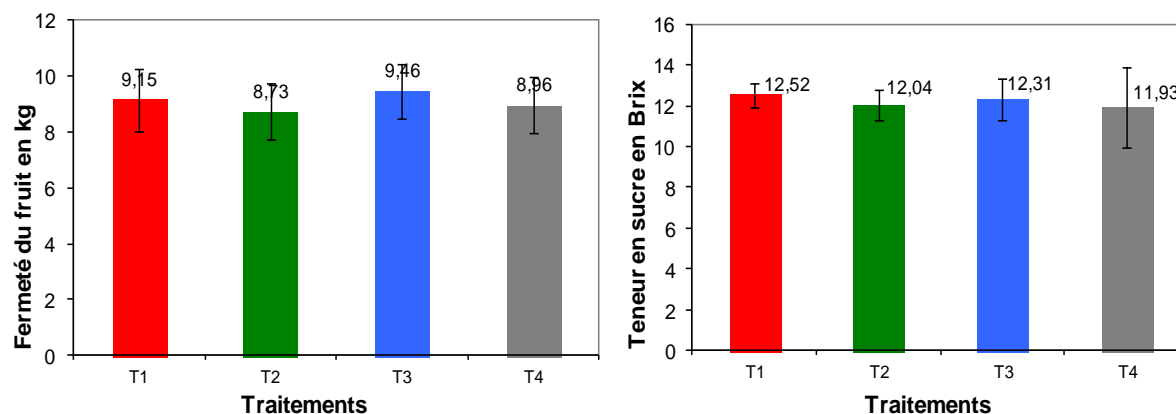


Fig. 2. Analyse physico-chimique des pommes suivant les différentes stratégies d'irrigation: T1 (■), arbres non irrigués (PCF I, II et III); T2 (■), arbres irrigués au confort (PCF I, II et III); T3 (■), arbres irrigués au confort (PCF I et III), pommiers non irrigués (PCF II); T4 (■), pommiers irrigués au confort (PCF I et III) et irrigation déficitaire régulée (PCF II). Les barres verticales représentent l'écart type.

En effet, les arbres stressés T1 et T3 ont été marqués par une fermeté vraiment élevée avec 9.5 g/cm<sup>2</sup> chacun par comparaison aux traitements T2 et T4 (9.1 g/cm<sup>2</sup>). Ce pendant, des différences significatives ont été observées entre les arbres stressés et le régime de confort T2 et l'IDR T4, par contre aucune différence significative n'a été enregistrée entre T1 et T3. L'application de l'IDR n'a eu finalement pas d'influence sur la qualité physico-chimique du fruit du pommier Gala, il ressort que le maintien d'un niveau modéré de stress hydrique dans un verger peut être un outil efficace pour économiser de l'eau sans nuire à la qualité des fruits

## Conclusion

Au regard de ces résultats:

- L'irrigation déficitaire (RDI), selon les critères définis pour cette expérimentation (réduction des irrigations dès 60 jours après la pleine floraison jusqu'à 4 semaines avant la récolte et seuil de potentiel de tronc à -1,2 MPa) a permis de réaliser une économie d'eau de 47% par rapport à une irrigation de confort appliquée durant toute la saison.
- Dans les conditions de l'essai, la variété Gala s'est montrée sensible au stress hydrique, avec des réactions mesurables en terme de qualité de la récolte à partir d'un potentiel de tronc de -1,3 à -1,4 MPa observé principalement dans la variante sans irrigation
- Les résultats obtenue montre que l'application de l'irrigation déficitaire régulée durant la deuxième phase de croissance maintient le même rendement ainsi que la qualité physico-chimique des pommes de la variété "Gala".
- Cette étude a montré que l'application de l'IDR pendant PCF II peut être considérée comme une stratégie utile dans les zones où les ressources en eau sont limitées.

## References

- Ashraf, M. (2010). Inducing drought tolerance in plants: Recent advances. *Biotechnology Advances*, 28, 169-183.
- Costa, J.M., Ortuno, M.F. & Chaves, M.M. (2007). Deficit Irrigation as a Strategy to Save Water: Physiology and Potential Application to Horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology* 49, 1421-1434.
- Chalmers, D.J., Mitchell, P.D., & van Heek, L. (1981). Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 106, 307-312.
- Ebel, R.C., Proebsting, E.L., & Evans, R.G. (1995). Deficit Irrigation to Control Vegetative Growth in Apple and Monitoring Fruit Growth to Schedule Irrigation. *Hortscience*, 30, 1229-1232.
- Girona, J., Mata, M., Fereres, E., Goldhamer, D.A. & Cohen, M. (2002). Evapotranspiration and soil water dynamics of peach trees under water deficits. *Agric. Water Manage.* 54, 107-122.
- Naor, A., & Cohen, S. (2003). Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from field-grown apple trees. *Horticultural science*, 38, 547-551.
- Scholander, P.F., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., & Hammel, H.T. (1965). Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148, 339-346.
- Swafef, T.D., Steppe, K., & Raoul, L. (2009). Determining reference values for stem water potential and maximum daily trunk shrinkage in young apple trees based on plant responses to water deficit. *Agricultural water management*, 96, 541-550.
- Turner, N.C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. *Plant and soil*, 58, 339-366.

## Gestion et Mobilisation des Ressources Hydriques Superficielles

Abdessemed Fouzi<sup>1</sup>, Pr.Fourar Ali<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département de Génie Civil et d'Hydraulique - Faculté des Sciences et de la Technologie - Université de Biskra - Algérie. E-mail : [fouzi.abdessemed@hotmail.fr](mailto:fouzi.abdessemed@hotmail.fr)

<sup>2</sup>Département d'Hydraulique - Institut de Génie civil, Hydraulique et Architecture - Université de Batna - Algérie. E-mail : [fourarali@yahoo.fr](mailto:fourarali@yahoo.fr)

**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 planifiés 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].

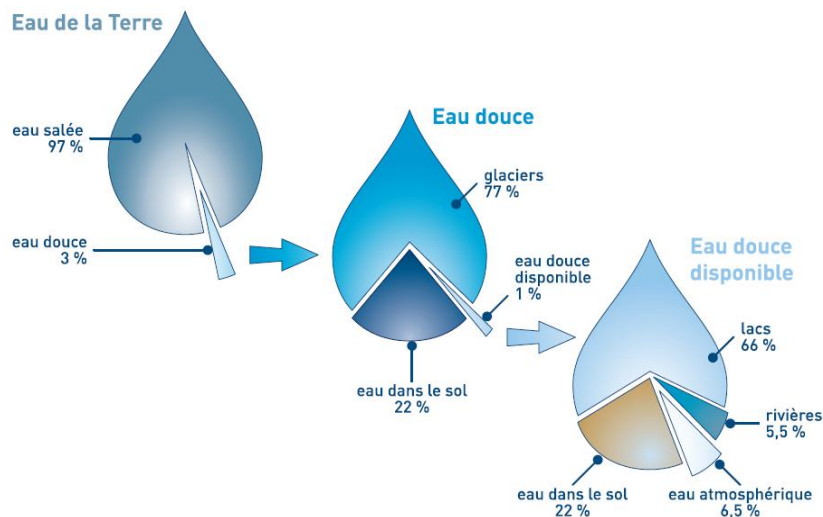


Figure 1 : Répartition de l'eau dans le monde.

### 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.

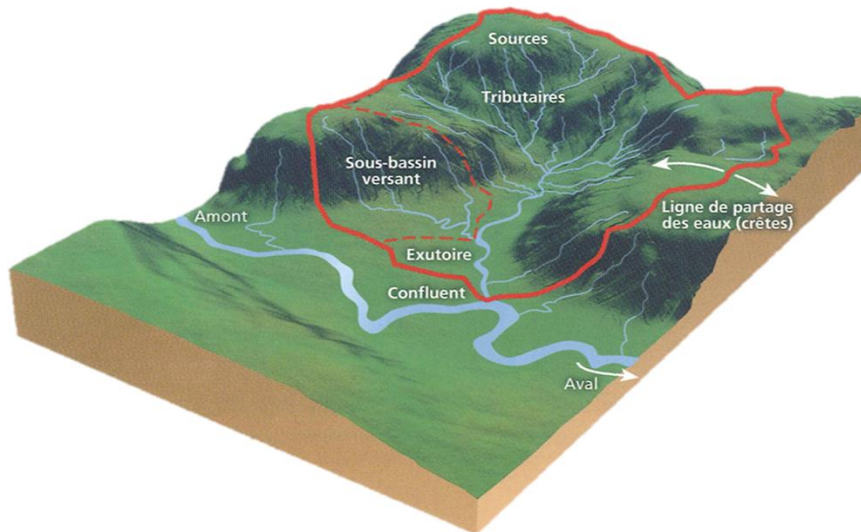


Figure 2 : Schéma d'un bassin versant.

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].

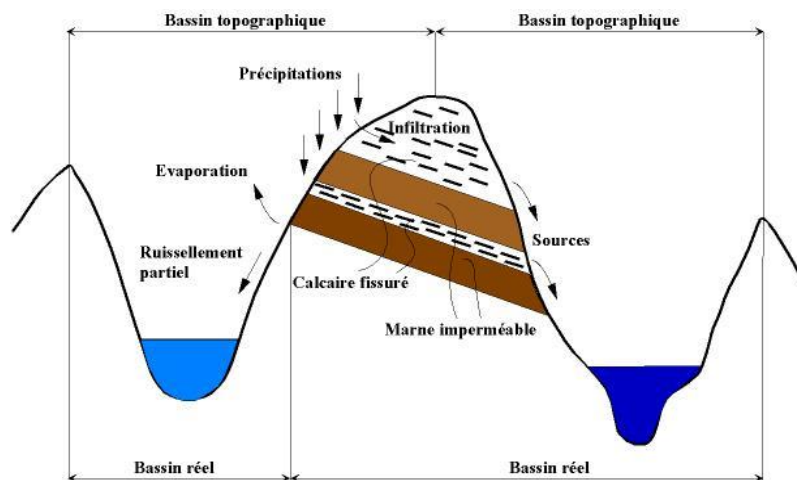


Figure 3 : Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique.

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

#### 3-1- De quelle quantité d'eau douce différents 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 m<sup>3</sup> par an dans certaines régions du Moyen-Orient à plus de 100 000 m<sup>3</sup> 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 :

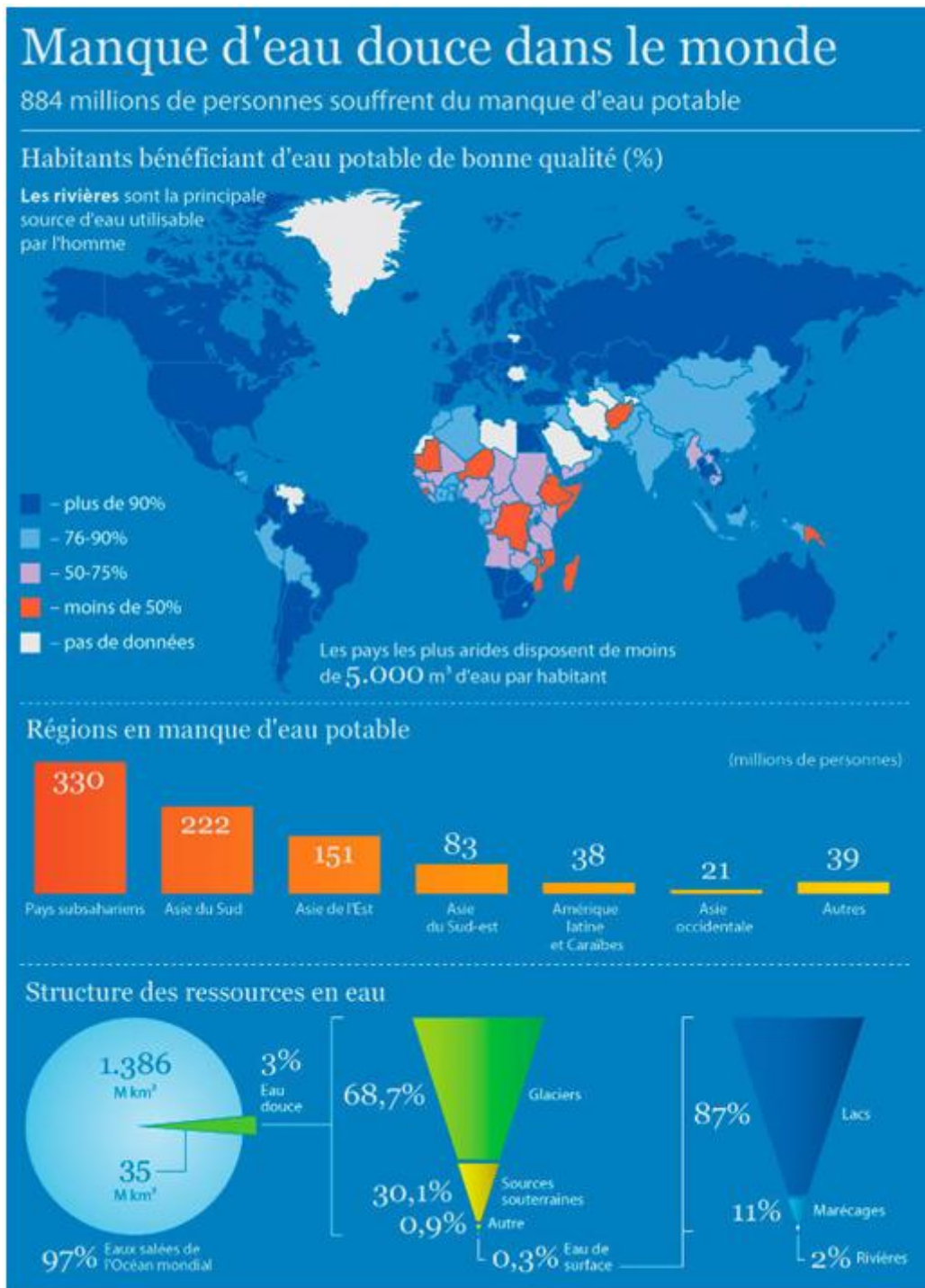


Figure 5 : Manque d'eau douce dans le monde.

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 prélèvements 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).

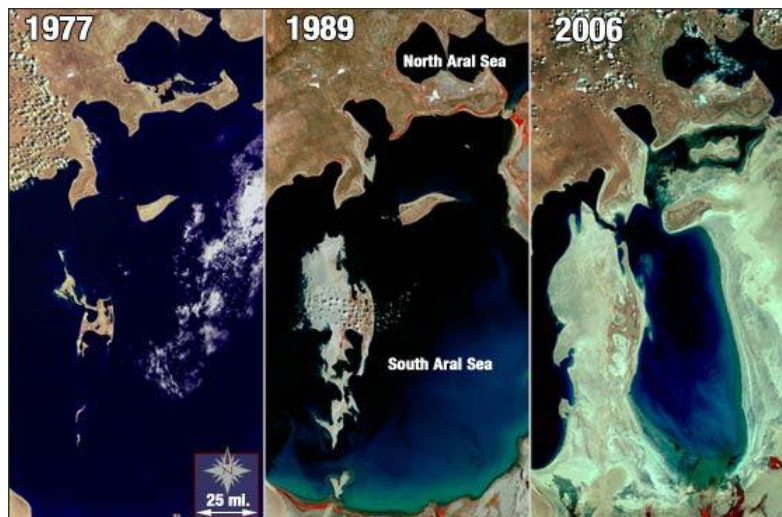


Figure 6 : Evolution de la Mer d'Aral entre 1977 et 2006.

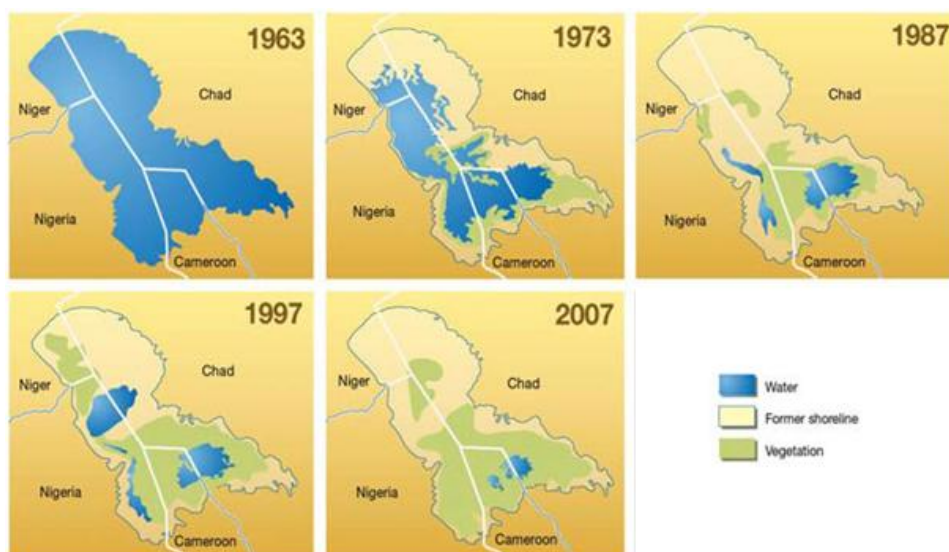


Figure 7 : Evolution du Lac Tchad entre 1963 et 2007.

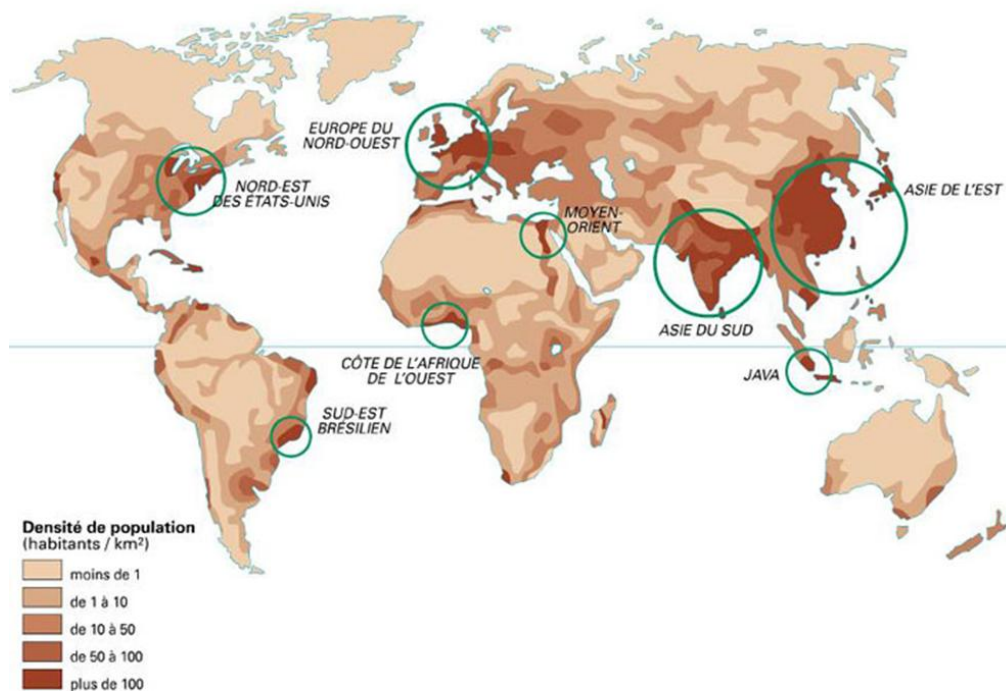
### 3-4-B- En quoi le changement climatique affecte-t-il les ressources en eau ?

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'accroître 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].

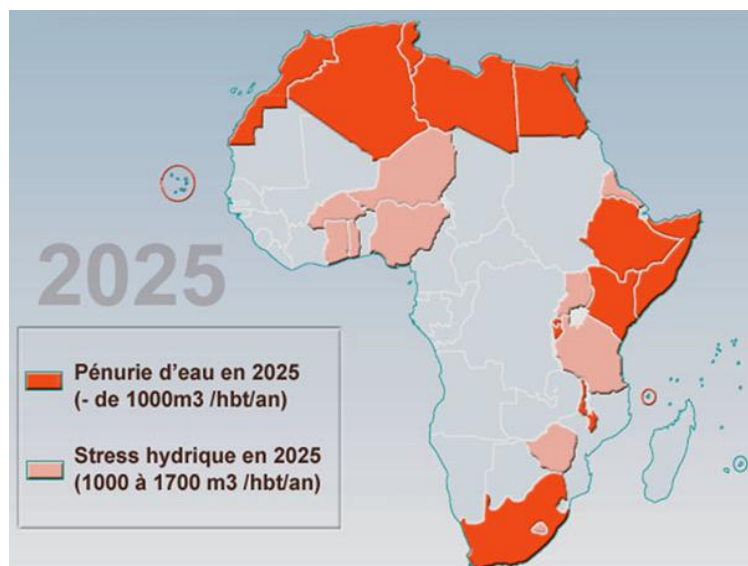




**Figure 8 :** La répartition de la population mondiale par habitants par km<sup>2</sup>(Les trois continents les plus peuplés sont: l'Asie, l'Afrique et l'Europe. La Chine et l'Inde sont les deux pays les plus peuplés du monde).

### 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.

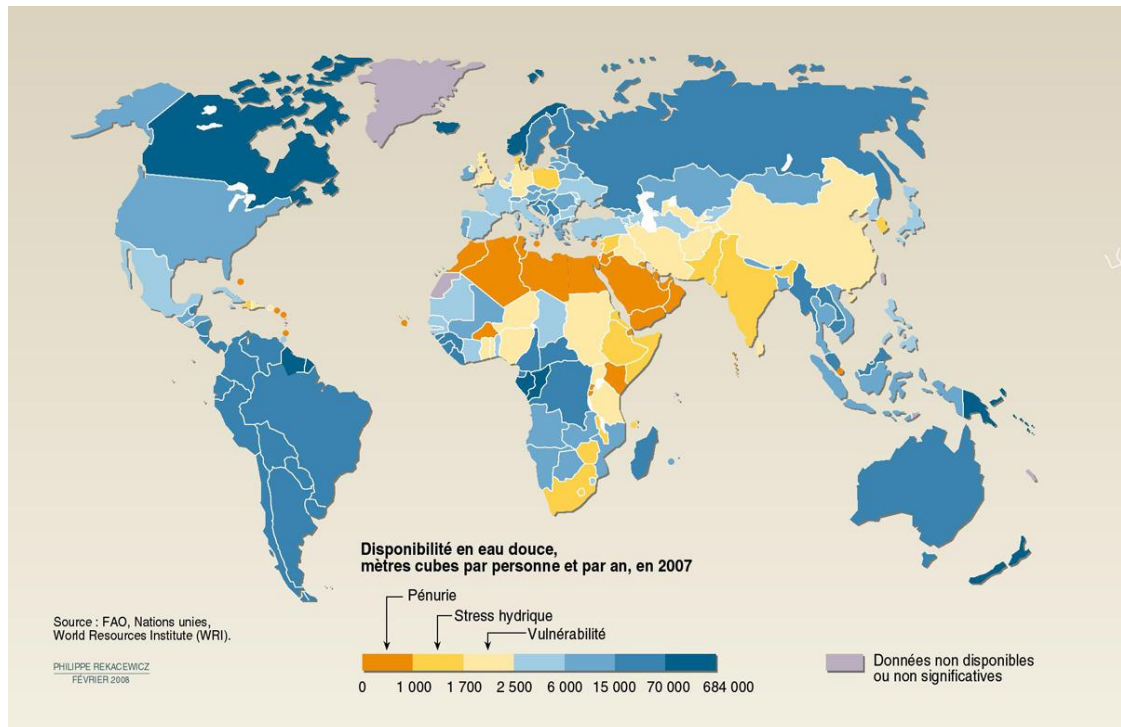


Figure 10 : Disponibilité en eau douce et stress hydrique.

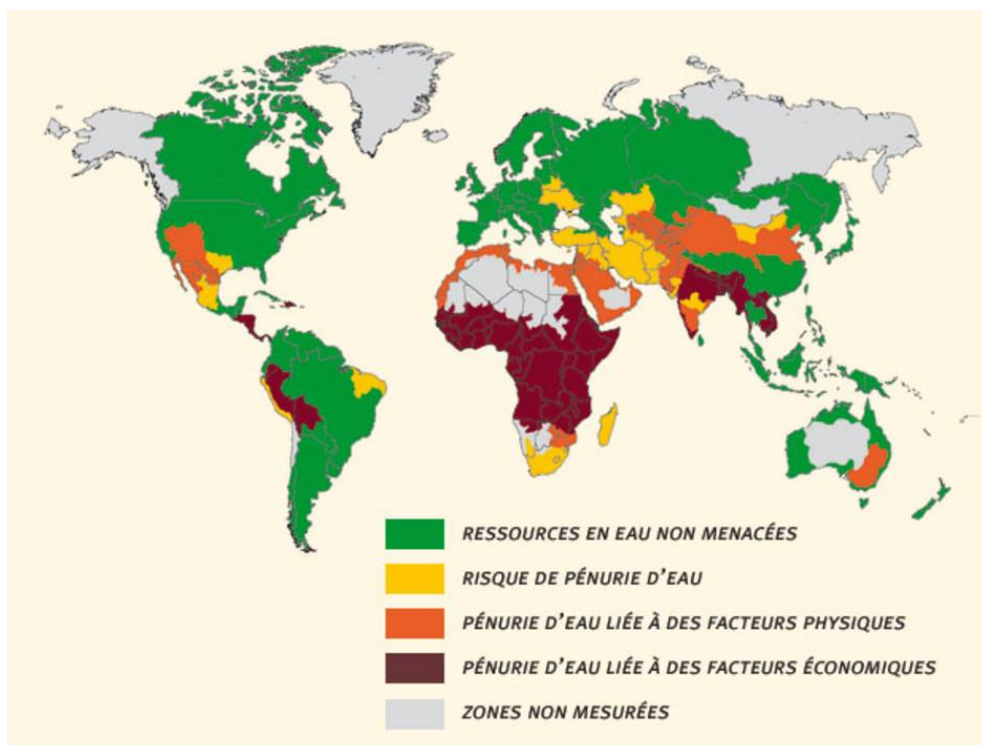


Figure 11 : L'eau : une ressource de plus en plus menacée.

### 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 prédiction 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].

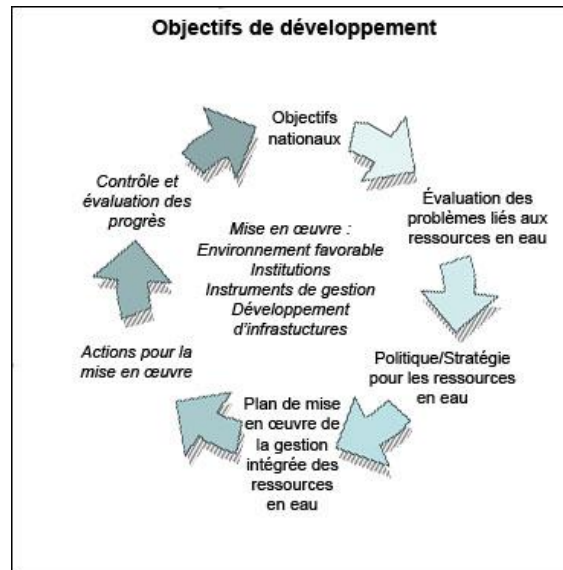


Figure 12 : Étapes de la planification et la mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources en eau.

#### 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 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 (%)
Afrique	59	62
Asie	57	39
Europe	69	54
Amérique du Nord	40	35
Amérique Latine	38	60
Total	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 eau 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 1992a 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.

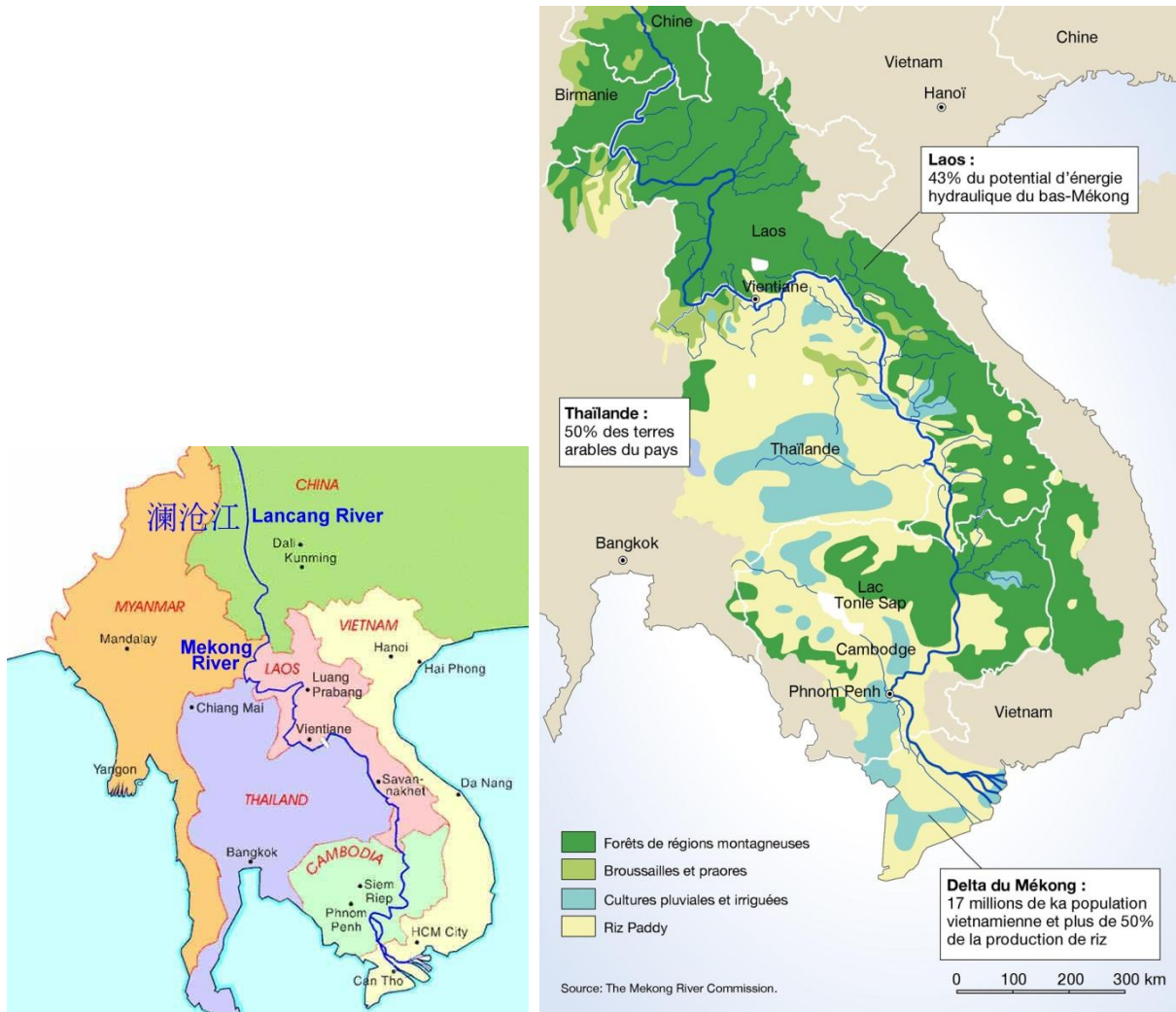


En 1909, le Traité des eaux frontalières entre les gouvernements des Etats-Unis et du Canada a mis en place une Commission mixte internationale pour les eaux partagées. En Asie du Sud-est, l'Accord de coopération pour le développement durable du bassin du fleuve Mékong a été signé en 1995 et a abouti 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.

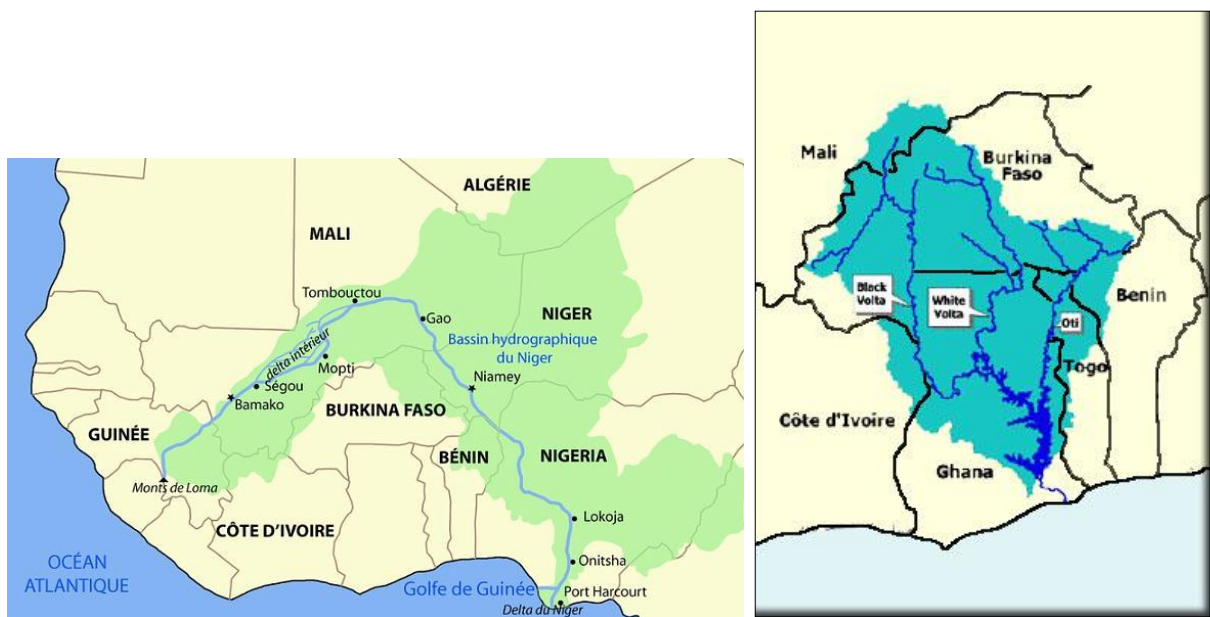
La Loi nationale sur l'eau adoptée par le Québec en 2002 a établi la gestion intégrée de l'eau dans 33 bassins prioritaires initialement. Le Mexique en 1992, puis le Brésil en 1997, le Maroc et l'Algérie ont amendé leurs lois sur l'eau et introduit une approche de gestion axée sur le bassin. Au sein 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.

**Figure 15 :** Bassin versant de la Volta.



Figure 16 : Bassin versant du Nil.

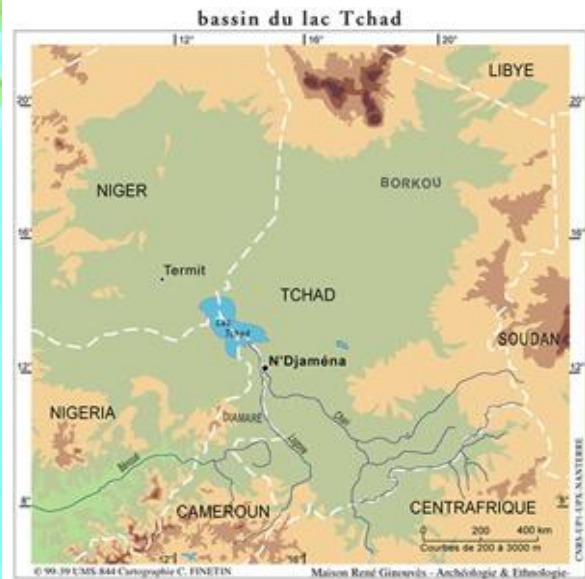


Figure 17 : Bassin versant du Lac Tchad.

#### 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'accroître 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 située 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 litres 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'existait 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. Elle 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 réalisée 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/1-2/1-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-informations/theme-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-lalgerie-se-dote-dune-agence-nationale.html>  
<http://fr.wikipedia.org/wiki/>

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

## Gestion déléguée des ressources en eau souterraine et modélisation des comportements stratégiques des agents devant l'information. Cas des périmètres publics irrigués de la région de Zeuss-Koutine, Sud-est Tunisien

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut des Régions Arides de Médenine (IRA), <sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunisie (INAT)

### Résumé

Dans un contexte de raréfaction et des risques de changements climatiques, la gestion de la ressource en eau est devenue une préoccupation majeure du monde entier. Particulièrement concernée, la Tunisie se place dans la catégorie des pays les moins dotés en ressources en eau dans le bassin méditerranéen. Aujourd'hui, gérer la demande en eau agricole est un enjeu majeur pour assurer une sécurité alimentaire et favoriser le développement rural en zones arides. Conscient de cette menace l'association et la responsabilisation des usagers dans la gestion de l'eau d'irrigation a été jugée nécessaire à travers la mise en place des associations d'usagers d'eau à usage agricole (AUEA) appelées aujourd'hui les Groupements de Développement Agricole (GDAs) d'irrigation.

Ce mode de gouvernance de l'eau est cependant source de distorsions économiques pouvant impactés négativement l'efficacité du système. En effet, l'asymétrie d'information entre les différents acteurs de la gestion de l'eau d'irrigation a été largement ignorée dans l'étude de la relation contractuelle entre d'une part GDA et administration et d'autre part GDA et irrigants posant ainsi un problème d'incitation au meilleur service et de son contrôle.

A partir du cadre particulier du secteur agricole irrigué de la région de Zeuss-Koutine de la jeffera Tunisienne, pris comme zone d'étude, le présent travail s'interroge effectivement sur les outils économiques de régulation à mettre en œuvre afin de maîtriser la demande en eau et de contrôler la surexploitation des ressources en eau souterraine dans un contexte d'asymétrie d'information entre les différents acteurs de la gestion communautaire de l'eau d'irrigation (CRDA, GDA, irrigant) ?

Le cadre théorique du présent travail met à profit les développements récents de la théorie des incitations et des contrats. Du point de vue méthodologique, il sera tenté d'étudier les relations entre les opérateurs de la gouvernance de l'eau d'irrigation (administration, GDA et irrigants) moyennant le contrat conclu entre parties en prenant en compte l'existence d'une information privée détenue par l'opérateur. La régulation que nous définissons ici, se réduit à caractériser l'ensemble des mécanismes de régulation incitatifs et à simuler les contrats de régulations optimales pour la gestion des ressources en eau souterraine dans les périmètres publics irrigués de la région de Zeuss-Koutine (Sud-est Tunisien).

Deux contrats de régulations optimales ont été simulés. Le premier a pour Principal, le CRDA et a pour Agents les GDA. Le deuxième type de contrat lie le GDA aux irrigants. Au niveau du premier type de contrat, le mécanisme d'incitation est basé sur un contrat spécifiant les volumes d'eau à facturer et les volumes de pertes autorisés le long de réseau assorti par un transfert monétaire  $Tr$ . Au niveau du deuxième type de contrat, le mécanisme d'incitation est défini par un quota volume assorti par un transfert monétaire, interprété comme une tarification binôme.

En termes de résultats, la simulation des contrats optimaux met en évidence l'arbitrage entre extraction de rente et efficacité, caractéristique de la théorie des contrats et des incitations. Cet arbitrage est donné par l'autorisation aux GDAs de produire un volume d'eau perdu au delà du

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

volume de perte optimal autorisé et par une réduction de quotas délivrés par irrigant et du volume global d'eau produit par GDA, par apport à la situation du premier rang.

Mots clefs : Asymétrie d'information, périmètres publics irrigués, contrat de régulation, arbitrage extraction de rente-efficacité, théorie des incitations et des contrats, GDA d'irrigation, zone aride, Tunisie.

## 1. Introduction

Les eaux souterraines constituent environ 89% d'eau douce sur notre planète, au nord comme au sud, le mot d'ordre actuel face aux problèmes de manque d'eau est avant tout de gérer l'existant, et de moins en moins de créer de nouvelles ressources (Koundouri, 2004). Partout dans le monde, on observe une demande en eau de plus en plus importante, et ce pour tous les usages : l'eau potable, l'irrigation, etc. De plus, mobiliser de nouvelles ressources coûte de plus en plus cher : Il devient nécessaire de garantir l'adéquation entre ressource et usages en agissant en priorité sur la demande. Dans le bassin Méditerranéen, l'irrigation constitue le principal élément de cette demande, représentant plus de 64% de la demande totale en eau de l'ensemble des pays méditerranéens (45% au Nord et 81% pour les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée) (Thivet et Blinda, 2008). Elle est aussi vouée à le rester dans les années à venir. Le développement rapide de l'irrigation à grande échelle a créé des fortes demandes sur des ressources en eaux souterraines, considérées l'une des plus importantes ressources naturelles qui posent depuis la moitié de XX<sup>ème</sup> siècle beaucoup de défis dans leur gestion (Olivier 2004) et notamment dans un pays qui souffre d'un manque d'eau comme la Tunisie et où la pression croissante sur les ressources en eau et les avantages de l'exploitation des eaux souterraines (qualité, proximité de la ressource sur des grandes étendues) ont entraîné la surexploitation de certaines nappes (DGRE, 2006).

Si jusqu'au début des années quatre vingt dix, la Tunisie a réussi une politique de la gestion de l'offre pour répondre aux besoins des différents secteurs économiques et notamment le secteur agricole. Aujourd'hui, cette politique atteint ses limites avec un taux de mobilisation qui dépasse les 87% des ressources mobilisables et avec un potentiel de superficie irrigable qui dépasse le 457000 ha en 2010. Aujourd'hui, gérer la demande en eau agricole est un enjeu majeur pour assurer une sécurité alimentaire, promouvoir le secteur irrigué, favoriser le développement rural en zone aride et éviter le gaspillage et la surexploitation des ressources en eau souterraine. Conscient de cette menace, des réformes profondes (institutionnelles et réglementaires) ont été apportées au secteur irrigué en vue de maîtriser la demande en eau, d'accroître l'efficacité de l'eau d'irrigation, d'améliorer l'efficacité de l'eau à la parcelle et d'atteindre une meilleure valorisation économique de l'eau d'irrigation. Dans ce cadre, l'association et la responsabilisation des usagers dans la gestion de l'eau d'irrigation a été jugée nécessaire depuis 1992 à travers la mise en place d'une stratégie nationale pour promouvoir la gestion communautaire de l'eau d'irrigation et la mise en place des associations d'usagers d'eau à usage agricole (AUEA) appelées les associations d'intérêt collectif<sup>1</sup>. Aujourd'hui, environ 82 % des périmètres publics irrigués sont gérés directement par des groupements de développement agricole (GDA).

Le fonctionnement de ce modèle associatif laisse trop souvent à désirer, cependant, ces structures demeurent fragiles et handicapées à côté des contraintes d'ordre organisationnel,

<sup>1</sup> Ces associations ont connu une évolution rapide, d'associations d'intérêt collectif à des groupements d'intérêt collectif (GIC) en 1999 (loi n° 99-43) puis à des groupements de développement agricole (GDA) en 2004 (loi n° 2004-24).

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

relationnel et économique par des problèmes de conflits d'intérêts et d'asymétrie d'information pouvant impacter négativement l'efficacité du système (Ben Salem et al, 2005; Gana et El Amrani, 2006 ; Romagny et Riaux, 2007 ; Bied-Charreton *et al.*, 2006 ; Kahouli et Elloumi, 2011). Particulièrement concernée par ces questions, la région de Zeuss-Koutine, de la plaine de Jeffera, sud-est tunisien, prise comme zone d'étude, ce mode de gouvernance (la gestion déléguée de l'eau d'irrigation) laisse trop souvent à désirer, mais ne va pas sans poser des difficultés. L'asymétrie d'information entre les différents acteurs de la gestion de l'eau d'irrigation a été largement ignorée dans l'étude de la relation contractuelle entre d'une part le GDA et administration et d'autre part le GDA et irrigants posant ainsi un problème d'incitation au meilleur service et de son contrôle. Devant cette situation, quels outils économiques de régulation à entreprendre afin de contrôler la surexploitation des ressources en eau souterraine et assurer la viabilité du système irrigué, dans un scénario d'asymétrie d'information entre les différents acteurs de la gestion communautaire de l'eau d'irrigation (CRDA, GDA, irrigant) ?

Tenant compte du contexte informationnel entre les différentes parties prenantes de la gestion communautaire de l'eau d'irrigation, la contribution de cet article est d'étudier les contrats de régulations optimales des ressources en eau souterraine au niveau des périmètres publics irrigués du sud-est Tunisien dans un contexte d'asymétrie d'information entre les différents acteurs de la gestion communautaire de l'eau d'irrigation. Du point de vue méthodologique, il sera tenté d'étudier dans ce travail les relations entre les opérateurs de la gouvernance de l'eau d'irrigation (administration, GDA et irrigants) moyennant le contrat conclu entre parties en prenant en compte l'existence d'une information privée détenue par l'opérateur. Dans ce cadre moyennant la mobilisation de la théorie des contrats et des incitations comme cadre d'analyse, nous passons en premier lieu, en revue la régulation en présence d'information asymétrique avant d'aborder au niveau d'une troisième section la modélisation des relations contractuelles entre les différents acteurs de la gestion de l'eau d'irrigation envisagés et la simulation des contrats optimaux au niveau de dernière section.

## 2. Asymétrie d'information et régulation de service communautaire de l'eau d'irrigation

Les services d'eau sont considérés comme des monopoles naturels locaux. Face à une telle situation, le besoin de régulation se justifie par la nécessité de soumettre le service public à une exigence d'efficacité économique. L'efficacité du monopole naturel exige alors la mise en œuvre d'une réglementation en vertu de laquelle les variables stratégiques de l'activité (prix, quantité, entrée, qualité,...) sont soumises à un contrôle. La difficulté principale réside dans l'asymétrie d'information entre la collectivité et son opérateur.

Les économistes se sont penchés très tôt sur l'étude de la tarification du monopole naturel et de son administration. Les travaux les plus anciens (Dupuit, 1849 ; Hotelling, 1938 ; Vickrey, 1948) proposent une tarification au coût marginal permettant de produire les quantités optimales au sens de Pareto in Boyer et Garcia (2006). Mais en raison de la présence de rendements d'échelle croissants, fixer un prix au coût marginal conduit l'entreprise à faire des pertes que l'État est obligé de résorber. Cependant, cette solution n'est pas totalement satisfaisante pour plusieurs raisons. D'abord les transferts monétaires de l'État vers l'entreprise nécessitent un prélèvement fiscal qui peut être à l'origine de distorsions économiques. Ensuite les fraudes fiscales et les bilans comptables falsifiés sont quelques fois inévitables. Enfin, en raison de l'information incomplète et imparfaite de l'État sur l'entreprise, cette dernière profitera de cet avantage pour accroître ses rentes (Boyer et Garcia, 2004). L'objectif de premier rang étant jugé inaccessible ou trop coûteux. D'autres systèmes de tarification ont été proposés afin de prévenir ces types de distorsion ; la réglementation par le taux de rendement

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

et la réglementation Ramsey-Boiteux (Laffont, 1993). Cependant, ces formes de réglementations classiques se sont heurtées à des difficultés pratiques, soit par l'omission des incitations des acteurs et leur focalisation sur la tarification, soit ne sont pas explicites sur ces problèmes (Gagnepain, 2001). La nouvelle théorie de la réglementation considère que le problème majeur est l'asymétrie d'information entre le régulateur et l'entreprise réglementée et emprunte en général ses outils à la théorie des incitations (Sappington, 1983 ; Laffont et Tirole, 1990).

Le rôle croissant de l'information dans les systèmes économiques a conduit à de profondes modifications des résultats de la théorie économique et à développer la théorie des incitations et des contrats. La théorie des incitations constitue un pas décisif dans l'étude des contrats qui régissent les relations économiques entre l'Etat, les consommateurs et les producteurs. Il cherche à résoudre le problème auquel fait face un agent central (planificateur, décideur, etc.) lorsque son objectif est différent de ceux des agents périphériques. Cette non coïncidence des objectifs permet de distinguer la théorie des incitations de la théorie des équipes (Marchark et Radner, 1972) dans laquelle, justement tous les agents ont une même fonction de préférences, et, ne s'opposent que par les informations et les variables, d'actions qui sont différentes. Le fait que la théorie des incitations, suppose, que le régulateur à une fonction objectif bien définie, la distingue de la théorie des choix sociaux. Cette dernière représente l'étude des processus qui permettent le passage des caractéristiques individuelles, à un choix collectif c'est-à-dire elle cherche à construire une fonction de préférence collective à partir des préférences individuelles (Black, 1958 ; Arrow, 1951) in Jellal (1991).

En général, ce qui distingue le centre des agents, est la structure hiérarchique définie a priori dans laquelle le centre a un rôle de Stackelberg. Une fois la fonction objectif du centre bien définie, elle peut dépendre de deux façons des caractéristiques des agents. Ainsi, lorsque le problème du centre est l'allocation optimale des ressources, il existe une dépendance purement informationnelle entre la fonction objectif de l'agent central et les préférences des agents. Dans ce cas, le problème du centre est comment extraire des informations véridiques, étant donné que les agents n'ont pas intérêt à révéler leurs vraies caractéristiques. Dans la littérature, ce problème est appelé problème de sélection adverse. Dans le second cas de figure, la fonction de bien être du centre peut dépendre du comportement (résultats des actions) des agents. Si le centre ne peut observer certaines actions qui influencent sa fonction objectifs, cette classe de problèmes est constituée par les situations d'aléa moral (ou risque moral). Ces deux classes de problèmes couvrent la théorie des incitations. Il existe des situations se rapportant à l'une ou à l'autre, comme il existe certaines situations mixtes qui tiennent compte de ces deux problèmes.

Quelle que soit la configuration particulière du problème, le centre doit construire des mécanismes incitatifs (encore appelés contrats, procédure de vote, etc. selon le contexte considéré). Ces derniers, sont des règles qui incitent les agents à la sincérité, et, qui affichent d'avance le comportement du centre sur la base de la perception des caractéristiques et des actions des agents. Comme le centre désire des mécanismes qui suppriment la tendance à la manipulation, les mécanismes à retenir sont ceux qui maximisent la fonction de bien être du centre, étant donné que les agents réagissent à ces mécanismes de façon optimale pour eux. Le mécanisme incitatif doit répondre à d'autres contraintes additionnelles. Il doit garantir aux agents l'obtention d'un niveau d'utilité minimal pour qu'ils acceptent d'y participer. Enfin, le problème d'incitation est formellement équivalent à un jeu lorsqu'il existe une interaction complète entre les décisions et les objectifs des participants. L'agent central se comporte comme un leader du jeu, et sa décision est subordonnée au fait que les joueurs sélectionnent



MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

des stratégies d'équilibre. En théorie des incitations, il reste à définir cet équilibre associée au jeu, car selon le concept d'équilibre auquel on se refaire le mécanisme n'aura pas la même force incitative.

L'étude des problèmes d'information en science économique a commencé au début des années 1960. Les deux problèmes de risque moral et d'antisélection, ont été introduits dans la littérature en 1963 par Arrow dans un article classique publié dans l'American Economic Review. En 1970, Akerlof a offert une première analyse d'un équilibre de marché en présence d'antisélection.

L'analyse économique récente a cherché de tirer partie de ces situations et a permis de les appréhender en traitant des problèmes d'asymétrie entre un Principal et Agent dans différents secteurs d'activités économiques (Baron et Myerson, 1982 ; Laffont et Tirole, 1986 ; Laffont et Martimort, 2002). Ces problèmes intègrent des situations de risque moral où les agents prennent des actions non observables par l'autorité et des situations de sélection adverse (anti-sélection) où les agents disposent d'informations privées sur leurs environnements (Salanié, 1994). Les articles pionniers de Baron et Myerson (1982) abordent les premiers la régulation en présence d'information asymétrique en termes d'agence selon que les coûts sont non observés ou qu'un audit de la comptabilité des entreprises permet d'utiliser l'information sur les coûts de l'entreprise (Laffont et Tirole, 1986). Depuis lors, si les contributions de l'analyse économique se sont multipliés dans différents secteurs économiques (transport, de télécommunication, banque, assurance, etc.) et notamment pour la gestion des services public de l'eau potable (Wolak, 1994 ; Garcia et Thomas, 2003) et de l'eau d'irrigation (Montginoul, 1997 ; Smith et Tsur, 1997 ; Dridi et khanna, 2005 ; Ben Salem et, 2005) les applications empiriques restent encore limités (Gagnepain, 2001 ; Dionne, 1998 ; Salanié, 1999). Tenant compte de se différents contributions et de limites des applications empiriques nous nous concentrons dans les sections qui suivent à la modélisation de la régulation de l'exploitation des ressources en eau souterraine en eau souterraine, en empruntant le langage de la théorie des incitations, et à la simulation des contrats optimaux.

### **3. Modélisation de la régulation de l'exploitation en eau souterraine avec sélection adverse : contrat CRDA-GDA**

La gestion communautaire de l'eau d'irrigation dans la région de Zeuss-Koutine est proche d'un système hiérarchique, avec plusieurs acteurs. Mais, en réalité la distribution de l'information entre l'acteur public (le CRDA) et l'acteur privé (GDA) à qui la gestion du service communautaire de l'eau d'irrigation est confiée, est asymétrique. Les différences en matière du volume d'eau vendues et des caractéristiques techniques de réseau (le nombre des abonnés desservis (Ab), la longueur du réseau (Res), l'indice linéaire de pertes en distribution (ILP), indice linéaire de réparations du réseau, taux moyen de renouvellement du réseau, taux d'impayés et coût par mètre cube, conduisent les GDAs à manier de caractéristiques privées à leurs avantages et rendent complexes les processus de régulation. Notons que les GDAs ont l'obligation de produire chaque année au CRDA un rapport sur le prix et la qualité du service, dont ils assurent la gestion, qui retrace toutes les opérations liées à son exploitation. Cependant, ces rapports ne constituent pas un outil performant de contrôle et de réduction des asymétries d'information, car les informations présentées manquent de « standardisation », d'homogénéité et de cohérence. De plus, ces rapports sont très souvent incomplets. De plus ces rapports ne portent que sur les coûts réalisés, qui peuvent dépendre de la productivité intrinsèque du GDA non observée. L'enjeu est donc de construire des contrats qui permettent



MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

de faire révéler l'information en l'incitant l'agent, tout en limitant les coûts de d'agence (Laffont et Tirole, 1993).

Adapté aux travaux de Garcia et Thomas (2003) et de Loubier (2003) nous avons retenu la qualité de réseau comme source d'asymétrie d'information entre l'administration publique (CRDA) et le GDA. En termes de sélection adverse, cette asymétrie d'information est expliquée par l'efficacité du GDA à améliorer le transport et la distribution de l'eau d'irrigation avec moins de volumes d'eaux perdues le long du réseau d'irrigation.

Le choix des pertes au niveau du réseau comme source d'asymétrie d'information est justifié, par l'importance des pertes au niveau qui peut dépasser les 50% du volume mis en distribution dans plusieurs GDA (CRDA, 2009) et que ces chiffres sont d'autant plus étonnants et indésirables dans un contexte d'une politique de préservation de la ressource. Les quantités d'eau produites et distribuées sont par ailleurs les outils principaux sur lesquels peuvent s'appuyer les CRDA lors de la rédaction du contrat avec l'opérateur privé (GDA). De plus, la qualité de service et la performance de l'exploitant semblent résider entièrement sur sa capacité à assurer une distribution d'eau agricole efficace dans le sens où il réalise un niveau de pertes optimal. Il existe en effet un large consensus sur le fait que l'activité de production de l'eau d'irrigation ne pose pas de problèmes technologiques en situation courante. C'est pour ses raisons que nous considérons que l'analyse des pertes d'eau doit être le problème central de la régulation à mettre en place

### 3.1. Le modèle structurel et la technologie de production

Le Principal, assimilé au CRDA, cherche à proposer un menu de contrats qui a pour finalité le contrôle de la qualité de réseau et l'application d'une tarification non linéaire qui concilie entre les exigences de l'équilibre financier du GDA, les capacités de paiement des irrigants au niveau des PPI et de la durabilité de la ressource. Dans cette relation contractuelle, le Principal ne peut ni observer le type ou la performance de l'Agent donnée par son efficacité à réduire la perte en eau (problème de sélection adverse) ni son effort investi pour améliorer son efficacité (problème d'aléa moral).

Tenant compte uniquement du problème de sélection adverse, la régulation de GDA est basée sur un contrat spécifiant les volumes d'eau à fournir et le prix facturé. Les variables de contrôle dans le contrat sont les deux biens produits suivants : l'eau effectivement consommée et l'eau perdue.

Nous supposons que l'objectif du GDA à la quel est délégué la gestion des ressources en eau souterraine est de minimiser ses dépenses d'exploitation étant donné le capital existant et la technologie de production. Dans la lignée d'Aubert et Reynaud (2005), Le Lannier (2010) et Garcia et Thomas (2005) nous retenons une fonction de coût<sup>2</sup> pour l'Acteur (GDA) qui peut s'écrire comme suit:

$$C(\tilde{y}, \theta) = f(V_f, V_p, \theta) \quad (3.1)$$

<sup>2</sup> L'écriture de la fonction de coût est simplifiée ici, de telle sorte que seules les variables de contrat apparaissent. Dans la partie empirique, nous introduisons toutes les variables possibles, à savoir les prix des facteurs de production, les variables techniques et les variables de capital.

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

où  $\tilde{y} = (V_f^3, V_p^4)$  est un vecteur de biens de production proposés par le GDA et  $\theta \in \Theta = \left[ \underline{\theta}_i, \bar{\theta}_i \right]$  est un paramètre d'anti-sélection qui influence l'efficacité de la production  $\tilde{y}$ .

L'équation (3.1) donne le coût associé à la mise à disposition du volume d'eau  $V_f$ , étant donné le type  $\theta$  (efficacité de GDA), et le niveau de pertes  $V_p$  autorisé.

Le coût variable est supposé croissant par rapport à  $\theta$  et  $V_f$ , de telle façon que les valeurs les plus élevées de  $\theta$  correspondent aux GDA les moins efficaces. Ainsi, à niveau de production donné, une firme plus inefficace fait face à des coûts d'exploitation plus élevés.

A ce stade de la modélisation, il est intéressant de noter que  $C$  n'est pas nécessairement décroissant par rapport à  $V_p$ . En effet, un volume d'eau perdu élevé permet certes de réduire les coûts d'entretien du réseau, mais cela impose en contre partie d'extraire d'avantage.

### 3.2. La demande des usagers

La consommation des biens échangés procure un surplus pour les irrigants, noté  $S(v_f)$ . Soit  $p(v_f)$  la fonction de demande inverse, c'est-à-dire le prix auquel les irrigants sont prêts à payer pour un volume  $V_f$  facturé.  $S(v_f)$  est la valeur qu'un volume facturé ( $v_f$ ) procure aux consommateurs avec  $S' > 0$ ,  $S'' < 0$  et  $S(0) = 0$ , soit :

$$S(v_f) = \int_0^{v_f} p(\tilde{v}_f) d\tilde{v}_f \quad (3.2)$$

Le surplus net de la dépense du consommateur est donné par :

$$S(v_f) - P(v_f)v_f = \int_0^{v_f} p(\tilde{v}_f) d\tilde{v}_f - P(v_f)v_f \quad (3.3)$$

Si nous appelons « Tr » l'abonnement annule pour accéder au réseau d'irrigation, le surplus net des irrigants s'écrit :

$$W = S(v_f) - P(v_f)v_f - Tr \quad (3.4)$$

### 3.3. Objectif du Principal

Etant donnée le menus de contrat de régulation ( $v_f$ ,  $v_p$ ,  $Tr$ ) spécifié, l'intérêt du Principal (l'Administration) est d'assurer une allocation efficace des ressources en eau souterraines, à travers la maximation du surplus total (bien être social), noté  $Z$ , constitué d'une somme pondérée<sup>5</sup> de surplus nette des irrigants et de profit de GDA.

Formellement, le critère à maximiser par le principal est (3.5):

<sup>3</sup> Volume effectivement consommé ou facturé

<sup>4</sup> Volume perdu au niveau de réseau

<sup>5</sup> Les pondérations du surplus et du profit dépendent des objectifs redistributifs du régulateur et son représentées par un coefficient  $k$ . Baron (1989) développe la façon dont il est possible de caractériser une mesure du bien-être. Il utilise une forme équivalente à la nôtre de pondération des surplus :  $W + \alpha U$  ; où  $\alpha \in [0, 1]$

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

$$Z = \pi W + (1 - \pi)U = \pi \left[ S(V_f) - P(V_f)V_f(\theta) - Tr \right] + (1 - \pi) \left[ Tr + P(V_f)V_f(\theta) - C(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) \right]$$

où  $U = Tr + P(V_c)V_c - C(V_c, V_p, \theta)$  le profit de GDA,  $\pi$  est un poids arbitraire qui représente les préférences de régulateur, plus particulièrement l'importance qu'il accorde aux irrigants par rapport au GDA.  $\pi$  est supposé appartenir à l'intervalle  $\left[ \frac{1}{2}, 1 \right]$  si le régulateur privilégie les intérêts des irrigants plus que ceux du GDA.

Dans ce qui suit pour caractériser le contrat optimal établi par le Principal, on suppose que le GDA doit recevoir un niveau minimal de profit  $u$ , autrement, il n'accepterait pas la gestion du service communautaire de l'eau d'irrigation. Nous supposons que ce niveau de réserve  $u$  est indépendant de  $\theta$ .

### 3.4. Résolution du model

D'après le principe de révélation (Boyer et Myerson, 1982 ; Dasgupta et al, 1979 ; Salanié, 1994) le Principal peut se contacter d'offrir à l'Agent le choix dans le menu de contrats  $(q(\cdot), tr(\cdot))$  indexé par une annonce  $\theta$  qui doit être véridique. Il convient donc de caractériser les menus de contrats qui maximise l'utilité espérée du Principal parmi les menus qui satisfont que l'Agent  $\theta$  choisit le  $(q(\theta), tr(\theta))$  qui lui est destiné et qu'il obtient ce faisant une utilité supérieure ou égale à son utilité en dehors de son échange avec le principal.

Le contrat de délégation doit spécifier donc un volume d'eau  $V_f$  facturés aux irrigants adhérents au GDA (qui détermine le prix unitaire  $P(V_f)$ ), un volume d'eau  $V_p$  perdu autorisé (qui détermine le volume d'eau  $V_e$  à extraire :  $V_e = V_f + V_p$  et un transfert monétaire  $Tr$  représentant le montant de l'investissement en capital supporté par le gestionnaire (GDA).

#### 3.4.1. Le cadre d'information complète

Nous supposons ici que l'acteur public représenté par le CRDA, connaît le paramètre  $\theta$  caractérisant le type de l'acteur privé (GDA) lorsqu'il propose un contrat. Le contrat optimal doit maximiser le critère (3.6) sous la contrainte de participation  $U \geq u$ , soit

$$\begin{aligned} \max_{V_f(\cdot), V_p(\cdot)} Z(\theta) &= S(V_f) - C(V_f, V_p, \theta) - \mu U \\ SC. & \\ U(\theta) &\geq u \end{aligned} \quad (3.6)$$

Puisque  $u \geq 0$ , laisser des rentes à l'entreprise est coûteux. En conséquence, nous prenons  $U=0$ , et les conditions nécessaires d'optimalité ou conditions du premier ordre (CPO) pour chaque GDA sont données par :

$$P(V_f) = C_{V_f}(V_f, V_p, \theta) \quad (3.7)$$

$$C_{V_p}(V_f, V_p, \theta) = 0 \quad (3.8)$$

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

L'équation (3.7) est simplement l'égalité du prix et du coût marginal. L'équation (3.8) indique que le volume d'eau  $V_p$  perdu et choisi de façon à minimiser  $C$  étant donné  $V_f$ . Elle caractérise donc le niveau de perte optimal autorisé ( $V_p^*$ ).

Notons également que la solution optimale ( $V_f, V_p$ ) donnée par le système ci-dessus ne dépend pas de  $\pi$ . Ce résultat est essentiellement dû au fait que le planificateur locale préfère favoriser les usagers ( $\pi > 1/2$ ) et qu'en information complète, les rentes peuvent être fixées à zéro.

### 3.4.2. Le cadre d'information incomplète

Supposons que le Principal ne peut pas observer les différents types  $\theta_i$  mais il a, ex-ante, des croyances sur la distribution des  $\theta_i$ ;  $\theta \in \Theta = [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ . Ces croyances sont représentées par la

fonction de répartition  $F(\theta)$ , avec  $F(\underline{\theta}) = 0$  et  $F(\bar{\theta}) = 1$  et la fonction de densité  $f(\theta)$  associée. Ainsi, afin d'affronter l'asymétrie informationnelle précédemment décrite, le Principal doit alors élaborer un mécanisme qui incite les agents à révéler leurs caractéristiques authentiques au moyen de transferts monétaires ou d'autres instruments. Par application du principe de révélation (Baron et Myerson, 1982), lorsque  $\theta$  n'est pas observable, le Principal propose un schéma d'incitation basé sur le contrôle direct du volume consommé et du volume perdu, et un transfert monétaire  $Tr$ .

Nous étudions ici la structure d'un contrat optimal sous la forme d'une combinaison transfert monétaire- volume facturé- volume perdu ( $V_f, V_p, Tr$ ). Tous les deux quotas et transfert monétaire, dépendent du type annoncé par chaque agent.

Prenons comme fonction objectif une somme pondérée du surplus du consommateur et du profit du GDA, le problème du principal est de choisir le menu du contrat qui maximise l'espérance de l'utilité sociale contenu des contraintes de participation (CP) et d'incitation (CI) de GDA. Soit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{MaxEZ} = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} [S(V_c(\theta)) - C(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta) - \mu U(\theta)] f(\theta) d\theta \\ \text{sous les contraintes incitatives:} \\ U(\theta) \geq u, \forall \theta \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}] \quad \text{(CP)} \\ U(\theta) = U(\theta, \theta) \geq U(\theta', \theta), \forall \theta, \theta' \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}] \quad \text{(CI)} \end{array} \right.$$

Les contraintes de participation et d'incitation expriment respectivement que le profit de GDA ( $U$ ) doit être supérieur à son niveau de réservation, normalisé à 0, pour qu'il accepte le contrat et que l'agent obtienne un profit plus élevé en annonçant sa vraie caractéristique  $\theta$ .

Lorsque l'Agent (GDA) de type  $\theta$  annonce un autre type, noté  $\theta'$  il a droit à un volume facturé  $V_f(\theta')$ , un volume de perte autorisé  $V_p(\theta')$  et au transfert monétaire  $Tr(\theta')$ . Le principe de révélation permet à l'Acteur Public de proposer aux GDA un menu de contrat

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

indexé par  $\theta$ ,  $[V_f(\cdot); V_p(\cdot); Tr(\cdot)]$  et que ce dernier choisit le contrat qu'il préfère en révélant son vrai type.

### 3.4.2.1. Caractérisation du contrat

Soit  $V(\theta, \theta')$  le profit obtenu par un GDA de type  $\theta$  qui annonce que son type est  $\theta'$  et reçoit donc l'utilité :

$$V(\theta, \theta') = Tr(\theta') + P(V_f) V_f(\theta') - C(V_f(\theta'), V_p(\theta'), \theta) \quad (3.9)$$

Le contrat  $(V_f(\theta), V_p(\theta), T(\theta))$  doit donc vérifier les contraintes d'incitation (CI) suivant :

$$V(\theta, \theta) \geq V(\theta, \theta'), \forall \theta, \theta' \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}] \quad (CI)$$

Il est bien connu (voir, entre autres, le chapitre 2 du livre de Salanié[1994]) que cette contrainte d'incitation globale est équivalente à deux contraintes locales :

- Une contrainte d'incitation de premier ordre liant la pente du profit variable à la variation du coût variable par rapport au type d'agent :

$$U'(\theta) = -C_\theta(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) < 0 \quad (IC1)$$

Cette contrainte signifie que le profit de GDA pour tous les types possibles est une fonction décroissante de  $\theta$  puisque  $C_\theta$  est positif. En d'autres termes, l'utilité d'un GDA avec des coûts élevés ( $\theta$  élevé) est inférieure à l'utilité d'un autre qui a des coûts plus faibles ( $\theta$  faible) sur un même service.

- Une contrainte d'incitation de deuxième ordre du programme d'optimisation des profits par le GDA,

$$C_{\theta V_f}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) \frac{dV_f}{d\theta} + C_{\theta V_p}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) \frac{dV_p}{d\theta} \leq 0 \quad (IC2)$$

Les contraintes IC1 et IC2 constituent respectivement les conditions d'incitations du premier et second ordre que le principal doit respecter pour rendre le contrat attractif en même temps que révélateur.

### 3.4.2.2. Le contrat optimal

Nous supposons que les préférences du Principal sont représentées par une somme pondérée du surplus net des irrigants ( $W$ ) et des profits de GDA ( $U$ ).

Nous ferons également l'hypothèse que  $\forall V, \theta, \frac{\partial U}{\partial \theta}(V, \theta) < 0$  c'est-à-dire qu'une même quantité  $V$  procure à l'Agent une utilité plus faible que son type est plus élevée. En d'autres termes, le profit d'un GDA avec des coûts élevés ( $\theta$  élevé) est inférieur au profit d'un autre qui a des coûts faibles ( $\theta$  faible) sur un même service. Enfin, nous supposons que  $C_{\theta V_f} > 0$ . Cela veut dire qu'il est plus coûteux pour les GDA inefficaces d'augmenter la quantité d'eau effectivement consommée (facturée). D'autre part, nous faisons l'hypothèse qu'il est plus coûteux pour les GDA inefficaces de faire décroître le volume d'eau perdu conduit à supposer  $C_{\theta V_p} < 0$ .

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

Notons  $U(\theta)$  le profit que l'Agent de type  $\theta$  obtient à l'optimum. Puisque le mécanisme optimal est révélateur, on a :

$$U(\theta) = V(\theta, \theta) = Tr(\theta) + P(V_f) V_f(\theta) - C(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta)$$

Et on déduit de (IC1) que  $U'(\theta) = -C_\theta(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta)$  qui est négatif. L'utilité  $U(\theta)$  représente la *rente informationnelle* de l'Agent. Elle présente le prix que le Principal doit payer pour obtenir que les types efficaces révèlent leur information.

Dans la plupart des applications, la contrainte de rationalité individuelle est prise indépendante du type. Ceci revient à supposer que l'information privée de l'Agent n'est pas pertinente que dans sa relation avec le Principal. Sous cette hypothèse, on peut normaliser la contrainte de rationalité individuelle et l'écrire

$$\forall \theta, U(\theta) \geq 0 \quad (\text{CP})$$

Comme la rente d'information est décroissante, la contrainte de participation (ou de rationalité individuelle) se limite à

$$U(\bar{\theta}) \geq 0$$

Puisque la révélation du type des Agents s'avère coûteuse pour le Principal, celui-ci se contente d'assurer un surplus nul à l'Agent avec un type sur la borne supérieure de

l'intervalle  $\Theta = [\underline{\theta}_i, \bar{\theta}_i]$ , afin de minimiser le coût de régulation. Lorsque tous les GDA

acceptent le contrat, la contrainte de participation CP devient  $U(\bar{\theta}) = 0$

Nous ignorons les contraintes de second ordre (IC2) de telle sorte que le programme du régulateur s'écrit :

$$\max_{V_c(\cdot), V_p(\cdot)} \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} [S(V_c(\theta)) - C(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta) - \mu U(\theta)] f(\theta) d\theta \quad (3.10)$$

Sous les contraintes (IC1) et (CP). La combinaison de ces contraintes donne une expression de la rente d'information que reçoit l'acteur privé (GDA). Cette rente est égale à :

$$U(\theta) = \int_{\theta}^{\bar{\theta}} C_\theta(V_f(\tau), V_p(\tau), \tau) d\tau \quad (3.11)$$

De telle sorte que la valeur espérée de  $U(\theta)$  est aussi la valeur espérée de  $C_\theta \frac{F}{f}(\theta)$

En introduisant l'expression (3-11) dans le critère à maximiser, le programme du régulateur devient :

$$\max_{V_f(\cdot), V_p(\cdot)} \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \left[ S(V_f(\theta)) - C(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) - \mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_\theta(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) \right] f(\theta) d\theta \quad (3-12)$$

Ce critère comporte deux termes : le premier,  $S(V_c(\theta)) - C(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta)$  est le surplus social de premier rang, soit la somme des utilités des irrigants et de GDA. Le deuxième terme qui vaut  $\frac{2\pi-1}{\pi} \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_\theta(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta)$ , mesure l'impact des contraintes d'incitations sur le surplus social. Il correspond à la perte sociale engendrée par la rente qu'il est nécessaire



MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

d'accorder au gestionnaire pour qu'il révèle son vrai paramètre  $\theta$ . Comme  $\beta > 0.5$  et  $C_{\theta} > 0$ , ce terme de distorsion est décroissant en  $\theta$ . Réduire les rentes revient alors à diminuer  $C_{\theta}$ .

Le système caractérisant le contrat optimal (optimum de second rang) s'écrit :

$$P(V_c) = C_{V_c}(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta) + \mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_c}(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta) \quad (3-13)$$

$$C_{V_p}(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta) = \mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_p}(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta) \quad (3-14)$$

Si l'on compare le système d'équations (3-13 ; 3-14) au système (3-7; 3-8) du cas de l'information complète, on remarque qu'il y a deux termes supplémentaires. Ces termes disparaissent lorsque  $\mu = 0$ , ou de manière équivalente  $\pi = 0.5$ . Dans ce cas, les rentes ne sont plus coûteuses, et il n'y a plus d'arbitrage entre efficacité et extraction de rentes.

Les termes  $\mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_c}(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta)$  et  $-\mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_p}(V_c(\theta), V_p(\theta), \theta)$  représentent la distorsion induite par l'information incomplète. Ils correspondent à la perte sociale unitaire engendrée par la rente qu'il est nécessaire d'accorder au gestionnaire (GDA) pour qu'il révèle son vrai type  $\theta$ . Les signes des dérivées croisées  $C_{\theta V_c}$  et  $C_{\theta V_p}$  sont les deux éléments qui régissent les distorsions par rapport au cas de l'information complète. Réduire cette rente vient à réduire le volume facturé et augmenter le volume de perte autorisé au niveau de réseau pour les GDA inefficaces. Puisque par hypothèse  $\beta > 0.5$  et  $C_{\theta V_f} > 0$ , le terme de distorsion  $(\mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_c}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta))$  est croissant en  $V_f$ . Par conséquent lorsqu'on s'éloigne de la situation optimale,  $P(V_f) = C_{V_f}(V_f, V_p, \theta)$ , la quantité d'équilibre  $V_f$  obtenu dans le cadre de la régulation, pour un paramètre  $\theta$  donné, décroît. Aussi, si  $C_{\theta V_p} < 0$  c'est-à-dire s'il est plus coûteux pour les exploitants les plus inefficaces de réduire les pertes, alors un accroissement des pertes  $V_p$  réduit les rentes. En d'autres termes, il pourrait être dans l'intérêt de la collectivité locale de permettre à l'exploitant d'accroître ses pertes au-delà du niveau optimal, pour que les exploitants les plus efficaces n'aient pas de gain à se faire passer pour inefficaces. Ainsi, l'information incomplète offre une raison supplémentaire à la présence de pertes d'eau importantes dans les réseaux d'eau d'irrigation.

### 3.5 Modélisation économiques des coûts d'exploitation et spécification de la fonction de coût

#### 3.5.1. Technologie de production et fonction du coût dual

Les déterminants usuels de la fonction de coût sont le volume de production du bien, les prix des facteurs de production et le capital. Le service public d'eau d'irrigation couvre toutes les opérations depuis la ressource in situ jusqu'aux parcelles des irrigants. Pour chacune de ces étapes, les coûts associés peuvent différer fortement selon le contexte local. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette hétérogénéité en intégrant dans la fonction de coût, outre les prix des facteurs de production et les volumes d'eau, des variables représentant le stock de capital (infrastructures de stockage, équipements de pompage et conduites) et l'environnement technique (nombre d'abonnés desservis par le service, topographie, etc).

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, le service public d'eau d'irrigation résulte de deux étapes successives de production (de pompage) et de distribution de l'eau d'irrigation aux

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

usagers. Le processus de production correspond à l'extraction d'un volume  $V_e$  d'eau brute. Ensuite ce volume est délivré aux irrigants à la demande ou suivant un tour d'eau. Cependant, seulement une partie de ce volume d'eau distribué atteint réellement sa destination, l'autre partie est perdue ( $V_p$ ) principalement à cause de fuites et de ruptures de conduites. À l'étape de production, les fuites sont négligeables car les conduites de transfert sont peu nombreuses et les fuites facilement localisables. Lors de l'étape de distribution, des pertes se produisent à cause de joints fuyants et de l'action de la corrosion sur les conduites. Des pertes trop élevées ne permettent plus aux installations de faire face et peuvent aggraver le coût d'exploitation (surconsommation d'énergie de pompage, de réactifs de traitement). Différents facteurs de production variables  $x$  (comme le travail, l'électricité et d'autres facteurs variables) sont utilisés dans la production et la distribution de l'eau d'irrigation. De plus, le capital en tant que facteur quasi-fixe entre dans le processus technologique et l'on suppose que des variables environnementales ou contextuelles (longueur de réseau, superficie irriguée, nombre d'abonnées, taux de rendement, taux d'équipement, etc.), permettant de représenter les spécificités du contexte local du service, affectent aussi directement la production.

Par conséquent, le processus de production peut être représenté par la fonction de transformation suivante :

Par conséquent, le processus de production peut être représenté par la fonction de transformation (ou de production) suivante :

$$F(V_e, x, z, \varepsilon) = 0^6,$$

où  $\varepsilon$  représente les aléas de production non observés.

D'après la théorie de la dualité, nous pouvons modéliser de façon alternative la technologie par une fonction de coût variable de court terme<sup>7</sup>. Le principe de dualité en théorie de la production énonce que la technologie est synthétisée sur tous ses aspects économiques par la fonction de coût  $C$  duale à la fonction de production  $F$ .

Etant donné la technologie utilisée et les prix des inputs, le producteur (GDA) est supposé choisir les quantités d'inputs de façon à minimiser ses dépenses de production. L'hypothèse implicite est que le producteur résout un programme de minimisation par rapport à tous les inputs. Toutefois, en réalité le capital  $K$  est un input quasi-fixe dans le sens où un ajustement sur le court terme n'est pas réalisable. Dans ce cas, on construit une fonction de coût de court terme à partir de la minimisation des dépenses de facteurs variables (en fonction du volume facturé et du volume perdu) sous contrainte technologique et conditionnellement au capital installé  $\bar{K}$  :

$$\min_{x_v} w x_v, \text{ sous contraintes } F(V_f, V_p, x_v, K; z) \text{ et } K = \bar{K}$$

où  $w$  représente les prix des inputs variables, eux-mêmes notés  $x_v$ . La fonction de coût de court terme issue de ce programme est la somme de coût fixe (CF) et de la fonction de Coût variable (CV) :

<sup>6</sup> Signifiant que le volume d'eau d'irrigation distribué aux usagers  $V_e$  est produit à partir des différents inputs  $x$ , étant donné un certain nombre de caractéristique local du service, incluses dans le vecteur  $Z$ .

<sup>7</sup> L'estimation de la fonction de coût variable fournit des informations utiles sur l'utilisation efficace de l'input « eau ». En effet, l'occurrence de perte d'eau d'irrigation au niveau de réseau peut être considéré comme une partie de l'inefficacité d'ensemble du système d'eau. C'est clairement un problème pour le gestionnaire du service en termes de coûts d'opportunité de l'eau d'irrigation perdue pour des irrigants potentiels. Du point de vue d'un régulateur environnemental, ces pertes d'eau ne sont pas souhaitables dans un souci de préservation de la ressource.

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

$$CF + CV(V_f, V_p, w; \bar{K}, z).$$

La fonction de coût variable contient la même information que le processus de production originel.

Dans ce qui suit nous retenons cette fonction pour modéliser de façon alternative la technologie de production d'origine de GDA. La fonction de coût variable (conditionnelle au capital observé) s'écrit (adapté à Bousscasse et al, 2008) :

$$CV(V_f, V_p, w; z, \varepsilon) \quad (3.15)$$

où  $w$  est le vecteur des prix des facteurs de production et  $\varepsilon$  un terme aléatoire représentant un ensemble des variables omises. La fonction de coût variable est issue du choix optimal des quantités de facteurs de production variables qui minimise les dépenses pour produire les volumes  $V_f$  et  $V_p$  étant donné  $w$  et  $z$ , et sous contraintes technologiques (définie par le fonction de transformation  $F$ ).

La fonction de coût est supposée croissante croissantes par rapport à tous ses arguments. En particulier un niveau de perte élevé conduit à des coûts plus élevés.

Pour l'analyse économétrique qui consiste à estimer les paramètres structurels de la technologie, il est nécessaire de définir une forme fonctionnelle pour la fonction de coût variable.

### 3.5.2. Mesure de l'efficacité des GDAs: le choix de l'efficacité coût

Pour mesurer l'effet des schémas de réglementation et les paramètres caractéristiques des sources d'asymétries d'information, nous retenons l'efficacité de coût comme estimateur de la performance des GDAs. Cette efficacité est estimée à l'aide d'une frontière de coût stochastique.

Tenant compte de la fonction de coût dual de GDA déjà défini (l'équation 3.15), on peut réécrire la fonction de coût variable pour l'opérateur  $i$  de la façon suivante :

$$CV_j(V_f, V_p, w_j; z_j, \theta_j, \varepsilon_j) \quad (3.16)$$

Où  $CV_j$  représentent les coûts variables de l'opérateur  $j$ ,  $V_f$  et  $V_p$  sont respectivement le volume d'eau facturé et le volume de perte au niveau de réseau par GDA,  $w_j$  le vecteur de prix des inputs et  $Z_i$  le vecteur des caractéristiques techniques de GDA. Toutes ces variables sont parfaitement observables par la collectivité.  $\theta_j$  représente l'efficacité productive de GDA et  $\varepsilon_j$  une erreur traduisant l'existence d'aléas non observés sur les coûts.

En utilisant un double indexage, service ( $j$ ) et période ( $t$ ), la frontière de coût stochastique peut être exprimée de la façon suivante :

$$CV_{jt} = f(y_{jt}, w_{jt}, z_{jt}, \beta_{jt}) e^{\varepsilon_{jt}} ; j = 1, \dots, J, t = 1, \dots, T, \quad (3.17)$$

$$\text{avec } \varepsilon_{jt} = v_{jt} + \theta_{jt}$$

où pour la firme  $j$  à la période  $t$ ,  $CV_{jt}$  dénote le logarithme du coût variable,  $y_{jt}$  est un vecteur de logarithme de  $k$  outputs,  $w_{jt}$  est un vecteur de logarithme de prix des inputs,  $Z_{jt}$  est un vecteur de logarithme des variables environnementales (ou techniques),  $\beta_{jt}$  est le vecteur de paramètre à estimer, et  $\varepsilon_{jt} = v_{jt} + u_{jt}$  dénote le terme d'erreur composé.  $v_{jt}$  est le terme d'erreur aléatoire et  $\theta_{jt}$  est le terme d'erreur qui traduit l'inefficacité technique de firme  $j$ .

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

L'équation (3.17) décrit une frontière de coût commune à l'ensemble des Acteurs privés de l'eau d'irrigation (GDA d'irrigation), qui détermine le niveau de coût minimal atteignable d'après un niveau donné d'outputs, de prix des inputs et de variables de contrôle.

Il est possible de calculer les valeurs prédites de l'efficacité technique des services communautaire de l'eau d'irrigation à partir des paramètres estimés de la frontière de coût stochastique. Battese et Coelli (1995) mesurent l'efficacité technique relative à la frontière de coût (3.17) comme suit :

$$EFF_{jt} = \frac{C_{jt}}{C_{jt}^F} = e^{\theta_{jt}} \quad (3.18)$$

où  $C_{jt}$  représente le coût d'exploitation observé pour la firme à la période t, tandis que  $C_{jt}^F$  est le coût minimum défini par la frontière d'efficacité pour cette firme, à la même période.  $EFF_{jt}$  est compris entre 1 et l'infini. Un score d'efficacité égal à 1 indique une firme se situant sur la frontière, tandis que les firmes relativement inefficaces reçoivent un score supérieur à l'unité.

### 3.6. Cas d'étude et collecte des données

Pour la validation empirique des différents modèles de régulation incitative de la gestion des ressources en eau souterraine au niveau des PPI de la région de Zeuss-koutine, pris comme zone d'étude<sup>8</sup> la collecte des données a été basée à coté des investigations du terrain sur le dépouillement de différents rapports financiers et budgets prévisionnels relatifs aux 7 GDAs d'irrigation observés sur la période 2000-2009.

Pour l'estimation des paramètres de la fonction de coût et de l'efficacité productive de GDA, le coût variable  $CV$  est la somme des dépenses de travail, d'électricité et des autres inputs variables. Le prix du travail unitaire  $w_L$  est obtenu en divisant les dépenses totales de travail par le nombre d'employés à plein temps. Le prix de l'énergie  $w_E$  est calculé à partir des dépenses en électricité et la consommation annuelle d'énergie (DT/kwh). Les autres dépenses (A) sont composées de plusieurs catégories de coûts assez hétérogènes regroupant les frais d'entretien et de maintenance, de gestion et dépenses divers. A cause de l'absence d'informations sur les prix et du problème d'hétérogénéité de ce facteur, nous avons choisi de construire un indice de prix noté WA pour ce facteur A comme un coût unitaire par  $m^3$  d'eau d'irrigation produit.

A partir de la définition des différents facteurs de production variables  $x$  (travail L, énergie E, autres dépenses A) utilisés dans la production et la distribution de l'eau d'irrigation, nous avons considérés deux outputs physiques donnés par le volume d'eau facturé aux irrigants ( $V_f$ ) et par le volume d'eau perdue (VP) (volume d'eau produit-volume d'eau facturé), exprimés en  $m^3$ . Les autres variables capturant l'hétérogénéité qui peuvent exister entre les GDA et expliquer directement l'inefficience de coût des GDA sont données par le taux de rendement (rdmt), par le taux d'équipement et par l'âge de réseau. Les statistiques descriptives de ces variables sont présentées dans le tableau qui suit :

Tableau 1. Statistiques descriptives des variables (70 obs.)

Variable	Description	Unité	Moyenne	Ecart-type
----------	-------------	-------	---------	------------

<sup>8</sup> On rappelle que ce choix a été justifié par la nouveauté de l'activité d'irrigation et par les profondes mutations qu'a connues cette région et qui se sont traduites par une pression accrue sur les ressources en eaux souterraines et par la fragilité des PPI et par les défis de la gestion communautaire de l'eau d'irrigation (Romagny et Riaux, 2007).

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

C V	Coût variable	DT	3614,17	2240,48
V <sub>f</sub>	Volume facturé par irrigant	m <sup>3</sup> /Ab	2012,6	1931,722
VP	Volume perdu par kilomètre	m <sup>3</sup> /km	2490,385	3912,98
w <sub>E</sub>	Prix d'électricité	DT/kwh	0,05	0,04
w <sub>L</sub>	Prix de travail	DT/an	1116,77	882,19
w <sub>A</sub>	Prix d'autres charges	DT/m <sup>3</sup>	0,035	0,038
S	Superficie irrigable	Ha	29,9	18,91
Ab	Nombre d'abonnés	-	19	11,05
Long	longueur de réseau	km	7,88	4,80
Stoc	Capacité de stockage du réservoir	m <sup>3</sup>	69,375	77,98
Rdmt	Taux de rendement	%	71,87	11
Eq	Taux d'équipement	%	59	23
Ag	Age de réseau d'irrigation	Année	17	3,95

Source : Calculs effectués à partir de rapports financiers et budgets prévisionnels de GDA

#### 4. Analyse économétrique des coûts et simulation des contrats optimaux

##### 4.1. Analyse économétrique des coûts

##### 4.1.1. La spécification de la fonction de coût

L'estimation d'une fonction de coût nécessite la spécification d'une forme fonctionnelle. Adapté aux travaux de Bouscasse et al (2008), Boyer et Garcia (2008), Aubert et Reynaud (2005) et Garcia et Thomas (2003) appliqués à l'analyse économétrique des coûts de services d'eau potable, nous utilisons l'approximation de second ordre translog pour estimer la fonction de coût. Cette forme paramétrique autorise une grande flexibilité en terme de substituabilité entre les volumes d'eaux facturés (V<sub>f</sub>) et perdus (V<sub>p</sub>).

En utilisant un double indexage, service (i) et période (t), la fonction de coût, adapté à Garcia et Thomas (2003), peut s'écrire sous la forme suivante :

$$C(V_{f,it}, V_{p,it}, x_{it}, \theta_i) = H(V_{f,it}, V_{p,it}, x_{it}) \exp(\delta_{it} \theta_{it}) \quad (1.4)$$

où H (V<sub>f</sub>, V<sub>p</sub>)=exp (TL (V<sub>f</sub>, V<sub>p</sub>)), avec TL la forme translog de la fonction de coût, w<sub>it</sub> est le vecteur des prix de facteurs de production (L, E, A), δ<sub>i</sub> un paramètre et θ<sub>i</sub> représente le type de de GDA. Le type θ<sub>i</sub> est considéré comme un terme multiplicatif dans la fonction de coût et directement relié au rapport entre le volume d'eau qui va être effectivement consommé et le volume d'eau perdu V<sub>f</sub>/V<sub>p</sub>. De cette façon, l'efficacité de l'Agent (GDA) est essentiellement définie par sa capacité à améliorer la distribution de l'eau d'irrigation en offrant un volume d'eau suffisant aux usagers (irrigants) avec des pertes de réseau minimales.

Nous supposons que la fonction de coût satisfait les restrictions de symétrie des inputs et respecte la propriété d'homogénéité des prix des inputs. Cette propriété<sup>9</sup> est imposée avant

<sup>9</sup> Il est équivalent d'imposer un ensemble des contraintes sur les paramètres de la fonction de coût :

$$\sum_i \beta_i = 1; \sum_i \beta_{ii} = \sum_i \beta_{ii} = 0, \sum_i \beta_{iy} = 0$$

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

l'estimation de la fonction de coût en divisant la variable dépendante (le coût d'exploitation) et les prix des inputs par le prix de l'un des inputs, ici le prix du facteur A.

En respectant ces contraintes, on obtient le modèle transformé suivant :

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{CV}{WA}\right)_{it} &= \beta_0 + \beta_Y \ln(Y_{it}) + \beta_C \ln(C_{it}) + \beta_E \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} + \beta_L \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} + \frac{1}{2} \beta_{YY} [\ln(Y_{it})]^2 + \frac{1}{2} \beta_{CC} [\ln(C_{it})]^2 \\ &+ \beta_{EY} \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \ln(Y_{it}) + \beta_{EC} \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \ln(C_{it}) + \beta_{LY} \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} \ln(Y_{it}) + \beta_{LC} \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} \ln(C_{it}) \\ &+ \frac{1}{2} \beta_{YC} \ln(Y_{it}) \ln(C_{it}) + \frac{1}{2} \beta_{EL} \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} + \frac{1}{2} \beta_{EE} \left[ \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \right]^2 \\ &+ \frac{1}{2} \beta_{LL} \left[ \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} \right]^2 + \delta_{it} \theta_{it} + v_{it} ; i = 1, \dots, 7; t = 1, \dots, 10 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Nous allons réaliser plusieurs tests pour vérifier certaines propriétés de la technologie. Le test d'élasticité de substitution unitaire consistant à imposer les restrictions paramétriques  $\beta_{ii'}=0$ , quelque soit  $i$  et  $i'$  a pour objectif de regarder si les facteurs de production sont séparables. Nous testerons aussi l'hypothèse d'homothétie de la technologie (indépendance des prix des facteurs et des niveaux de production). Cela revient à imposer que les paramètres correspondant aux produits croisés entre prix des facteurs et quantités produites sont conjointement égaux à zéro :  $\beta_{ij} = 0$ , quelque soit  $i$ . De plus, nous testerons si la technologie sous-jacente du secteur ne se réduit pas à une fonction de coût Cobb-Douglas. Pour cela, il suffit de tester la significativité des paramètres correspondants aux termes quadratiques de la forme translog, ce qui revient à imposer les restrictions sur les paramètres suivantes :  $\beta_{ii'} = \beta_{yy'} = \beta_{iy} = 0$ , quelque soit  $i$  et  $i'$ .

#### 4.1.2. Mesure de l'efficacité des Acteurs Privés : Frontière de coût stochastique

Tenant compte de la spécification translog retenue pour la fonction de coût (2.6), la frontière à estimer s'écrit alors :

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{CV}{WA}\right)_{it} &= \beta_0 + \beta_Y \ln(Y_{it}) + \beta_C \ln(C_{it}) + \beta_E \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} + \beta_L \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} + \frac{1}{2} \beta_{YY} [\ln(Y_{it})]^2 + \frac{1}{2} \beta_{CC} [\ln(C_{it})]^2 \\ &+ \beta_{EY} \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \ln(Y_{it}) + \beta_{EC} \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \ln(C_{it}) + \beta_{LY} \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} \ln(Y_{it}) + \beta_{LC} \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} \ln(C_{it}) \\ &+ \frac{1}{2} \beta_{YC} \ln(Y_{it}) \ln(C_{it}) + \frac{1}{2} \beta_{EL} \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} + \frac{1}{2} \beta_{EE} \left[ \ln\left(\frac{WE}{WA}\right)_{it} \right]^2 \\ &+ \frac{1}{2} \beta_{LL} \left[ \ln\left(\frac{WL}{WA}\right)_{it} \right]^2 + v_{it} + u_{it} ; i = 1, \dots, 7; t = 1, \dots, 10; \text{ avec } u_{it} = \delta_{it} \theta_{it} \end{aligned} \quad (3.4)$$

où  $v_{it}$  représentent les termes d'erreurs aléatoires qui sont par hypothèse iid, de loi  $N(0, \sigma_v^2)$ , et indépendamment distribués par rapport aux  $u_{it}$ . Le  $u_{it}$  représente le terme d'inefficience technique. Ce terme est associé à l'inefficience du niveau des coûts d'exploitation des GDA, étant donné les niveaux d'outputs et de prix des inputs. Il est indépendant de  $v_{it}$ , par hypothèse, mais peut être spécifié en fonction de différentes distributions : gamma, exponentielle ou normale tronquée, etc.

Tenant compte des caractéristiques locales du service ( $Z$ ) données par les variables environnementales (la longueur de réseau ( $long$ ), le nombre d'abonnés ( $NB$ ) et à l'âge de réseau ( $Ag$ )), nous retenons la spécification suivante :  $u_{it} = z_{it} \delta + w_{it}$  pour l'étude de la distribution et la spécification du terme d'inefficience technique (Battese et Coelli, 1995).  $Z_{it}$



MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

est le vecteur (1 x m) de variables spécifiques aux firmes qui peut varier avec le temps,  $\delta$  est le vecteur (m x 1) de paramètres inconnus relié aux variables spécifiques aux firmes, et  $w_{it}$  est une variable aléatoire définie par la troncation au point  $-Z_{it\delta}$  de la distribution normale de moyenne 0 et d'écart type  $\sigma$ . Les  $u_{it}$  sont supposés indépendants pour tous les  $i$  et  $t$  de sorte que  $u_{it} \sim N^+(z_{it}, \delta_{it}, \sigma^2)$ . Spécifiquement, on a :

$$u_{it} = z_{it}\delta + \xi_{it} = \delta_0 + \delta_{lg} \text{long}_{it} + \delta_{nb} \text{Nb}_{it} + \delta_{Anc} \text{Ag}_{it} + \xi_{it}$$

Cette spécification peut être estimée par la méthode de maximum de vraisemblance. Les paramètres associés à  $v_{it}$  et  $u_{it}$  sont  $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$  et  $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_u^2 + \sigma_v^2)$ . Le logiciel « FRONTIER 4.1 » est servi à cette fin.

#### 4.2. Simulation des contrats optimales

À présent que les paramètres structurels et de la distribution de  $\theta$  ont été estimés, il est possible de simuler les équations du contrat optimal fictif. La procédure de simulation se déroule de la façon suivante. Dans un premier temps, nous sélectionnons les valeurs de  $\theta$  sur l'intervalle  $[\theta_{\min}; \theta_{\max}]$  issu de l'étape d'estimation de la fonction de coût. Puis nous remplaçons les paramètres de la fonction de coût par les estimations trouvées dans la première étape de notre travail et tenant compte du rapport  $F(\theta)/f(\theta)$  moyennant la fonction de répartition de type Gen-Pareto. Enfin nous lançons la procédure de simulation moyennant une méthode numérique de résolution (méthode de *Newton-Raphson*) du système de conditions de premier ordre suivant afin de trouver les solutions optimales données par les volumes facturés ( $V_f$ ), les volumes de pertes autorisés ( $V_p$ ) et les transferts monétaires Tr :

$$\begin{cases} P(V_f) = C_{V_f}(V_f, V_p, \theta) & (3.7) \end{cases}$$

$$\begin{cases} C_{V_p}(V_f, V_p, \theta) = 0 & (3.8) \end{cases}$$

$$\begin{cases} P(V_f) = C_{V_f}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) + \mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_f}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) & (3.13) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 = C_{V_p}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) + \mu \frac{F(\theta)}{f(\theta)} C_{\theta V_p}(V_f(\theta), V_p(\theta), \theta) & (3.14) \end{cases}$$

Etant donné la grille des  $\theta$  compris entre [1,04; 3,8], l'intervalle sur lequel on observe toutes les services d'eau d'irrigation de notre échantillon, nous lançons la procédure de simulation à partir de 8 valeurs équidistantes d'un pas de 0,4 tirées sur l'intervalle [1,04; 3,8] et des valeurs initiales de  $V_f$  et  $V_p$  choisies comme étant les moyennes géométriques de ces variables. Pour analyser la sensibilité de nos résultats aux préférences de la collectivité locale (critère de maximisation), nous calculons les solutions du contrat optimal avec différentes valeurs de  $\pi \in [0,5;1]$ . Notons que lorsque  $\pi = 0,5$  correspond au cas d'information complète. Nous baserons donc notre analyse sur l'intervalle [0,6; 1] à partir de 5 valeurs équidistantes d'un pas de 0,1.

Tableau 2: Résultats de simulation de contrat optimal ( $\pi = 0,60$ )

Type ( $\theta$ )	$V_f(m^3)$	$V_p(m^3)$	VE ( $m^3$ )	r (%)	T (DT)	P (DT/m <sup>3</sup> )
-------------------	------------	------------	--------------	-------	--------	------------------------

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

1,040	18774	9644	28418	66	84	0,122
1,4	17498	10777	28275	62	94	0,123
1,8	16265	12132	28397	57	104	0,125
2,2	15141	13477	28618	53	116	0,126
2,6	14270	14852	29122	49	129	0,128
3	13519	16183	29702	46	145	0,129
3,4	12884	17468	30351	42	160	0,129
3,8	12343	18706	31048	40	176	0,130

Les volumes consommés  $V_f$  et perdus  $V_p$  sont exprimés en  $m^3$ . Le taux de rendement  $r$  est défini comme  $100 * V_f / (V_f + V_p)$  (unité %). Le transfert monétaire  $Tr$  est exprimé en DT et le prix unitaire en  $DT/m^3$ . Le dommage environnemental est nul.

#### 4.2.1. Discussion des résultats

Le tableau 2 fournit les caractéristiques des contrats d'un service d'eau d'irrigation moyen pour des GDA de types ( $\theta$ ) différents et  $\pi = 0,60$ . Des valeurs plus élevées de  $\theta$  (les GDAs moins efficaces) conduisent à une diminution des volumes d'eau consommés et un accroissement des volumes d'eau perdus et extraits (figure 1).

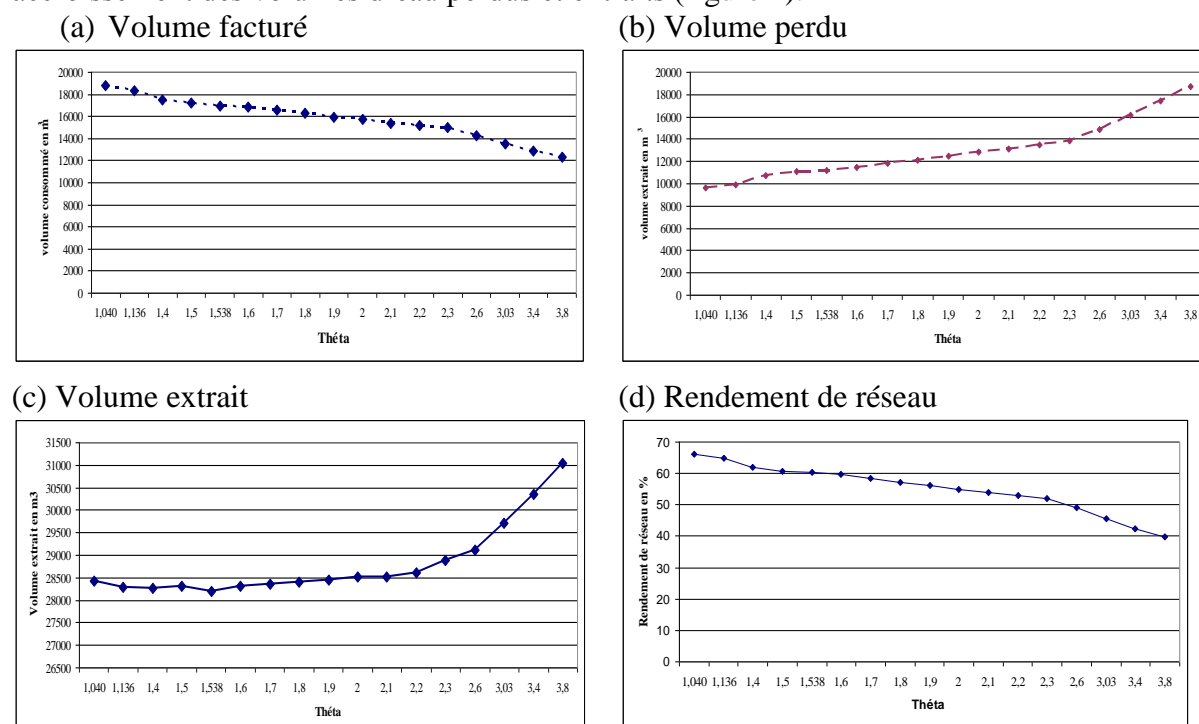


Figure 1: Volumes d'eau consommés, perdus et extraits optimaux et rendement de réseau

La figure 1 présente les niveaux de volumes d'eau extrait, facturé et perdu et le rendement du réseau d'eau par rapport à  $\theta$ . Les volumes d'eau facturés et le rendement de réseau baisse avec le niveau de l'efficacité de GDA. Concernant les volumes extraits et perdus sont croissants avec le type de GDA. Ce résultat, veut dire qu'il est plus coûteux pour les GDA inefficaces d'augmenter le volume d'eau effectivement facturé et de faire décroître le volume d'eau perdu.

Un résultat important à souligner, et qui n'est pas à première vue très intuitif, est qu'un GDA moins efficace propose un abonnement annuel plus élevé. En effet, tenant compte de l'efficacité de l'Agent (GDA), qui essentiellement définie par sa capacité à améliorer la distribution de l'eau d'irrigation en offrant un volume d'eau suffisant aux usagers (irrigants) avec des pertes de réseau minimales, la solution de contrat optimal incite ce type d'Agent à proposer un abonnement annuel plus élevé presque le double à celle proposé par un GDA efficace et un prix unitaire par m<sup>3</sup> légèrement supérieur.

#### 4.2.1.1. Analyse de sensibilité des solutions à $\pi$

Le tableau 30 présente les valeurs simulées pour  $V_f$  et  $V_p$ , les volumes d'eau facturés et perdus (en m<sup>3</sup>) pour des  $\pi$  différents et pour un GDA d'efficacité moyenne dans notre échantillon ( $\theta = 1,4$ ).

Tableau 3: Schémas de contrat optimal

$\pi$	$V_f$ (m <sup>3</sup> )	$V_p$ (m <sup>3</sup> )	VE (m <sup>3</sup> )	r (%)	P (DT/m <sup>3</sup> )	Tindv (DT)
0,5	17798	10488	28286	62,92	0,122	98
0,6	17498	10776	28274	61,89	0,122	94
0,7	17304	10959	28263	61,22	0,123	92
0,8	17178	11091	28269	60,77	0,123	90
0,9	17073	11184	28257	60,42	0,124	90
0,95	17005	11265	28270	60,15	0,124	89

Ces résultats correspondent à  $\theta = 1,4$  et un dommage nul.

La figure 2 regroupe les graphiques montrant l'évolution du niveau des volumes d'eau consommés et perdus en fonction de l'efficacité de GDA pour des  $\pi$  différents et un dommage nul. En particulier, la tendance à l'accroissement des volumes perdus et à la réduction des volumes facturés sont confirmées par rapport à la situation d'information complète ( $\pi=0,5$ ).

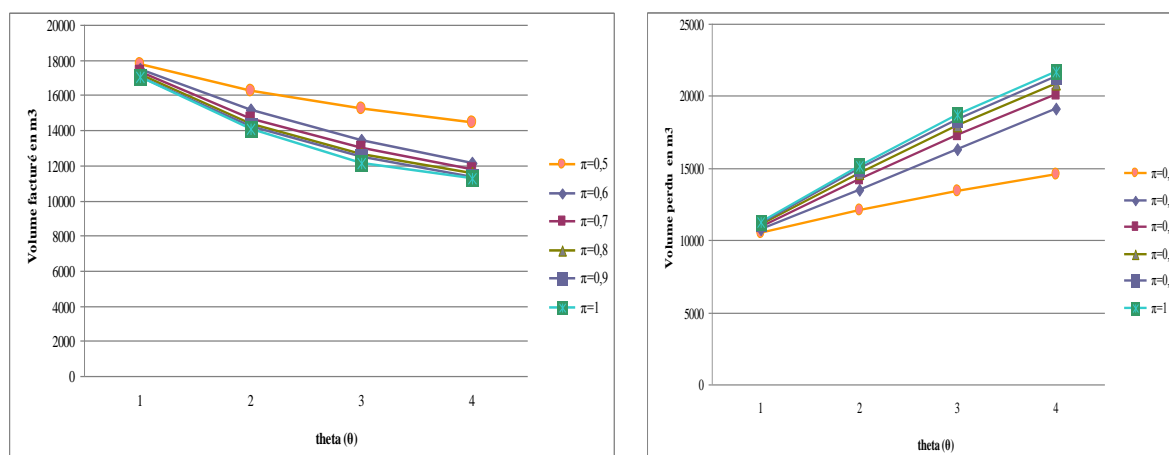


Figure 2: Volumes d'eau consommées et perdues optimales

Par rapport à la situation du premier rang (information complète,  $\pi=0,5$ ), on observe également une baisse du rendement de réseau et de la rente d'information, au fur et à mesure que le régulateur accorde plus de poids aux irrigants (c.-à-d. pour des valeurs croissantes du paramètre  $\pi$ ) (figures 3 et 4).

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

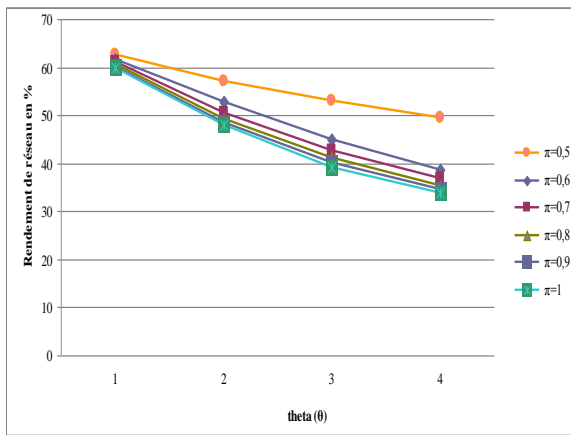


Figure 3: Taux de rendement de réseau optimal

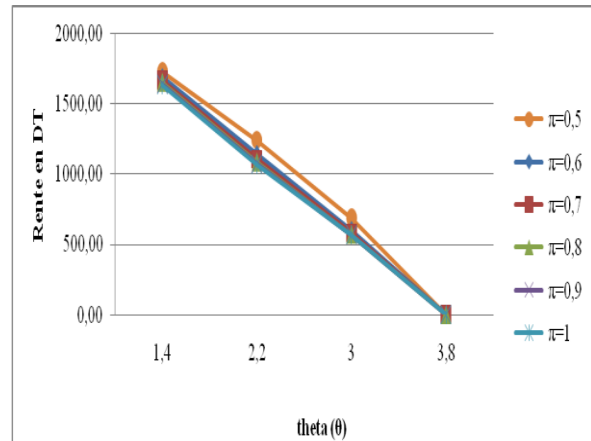


Figure 4: Rente optimale

Le fait de favoriser à outrance les irrigants au détriment des gestionnaires conduit ces derniers à investir dans des capacités plus réduites d'entretien et de maintenance de réseau et donc à engendrer plus de perte que la situation de premier rang. L'intuition de ce résultat est la suivante. En information incomplète, il faut fournir une rente d'information aux gestionnaires, afin qu'ils acceptent de contracter avec le CRDA. Mais comme cette rente est coûteuse et décroissante avec le volume perdu et avec le paramètre de préférence du régulateur, cela invite ce dernier à réduire la qualité de réseau, c'est-à-dire permettre plus de perte pour réduire les rentes et obtenir un niveau de bien être supérieur. Le tableau 31 et la figure 20 illustrent parfaitement l'arbitrage entre l'extraction de rente et l'efficacité.

On observe également une légère diminution de l'abonnement annuel lorsque  $\pi$  augmente. Néanmoins, le surplus des irrigants diminue à cause de l'accroissement du prix unitaire par m<sup>3</sup> enregistré. La figure 5 montre les tendances sur le bien-être des usagers.

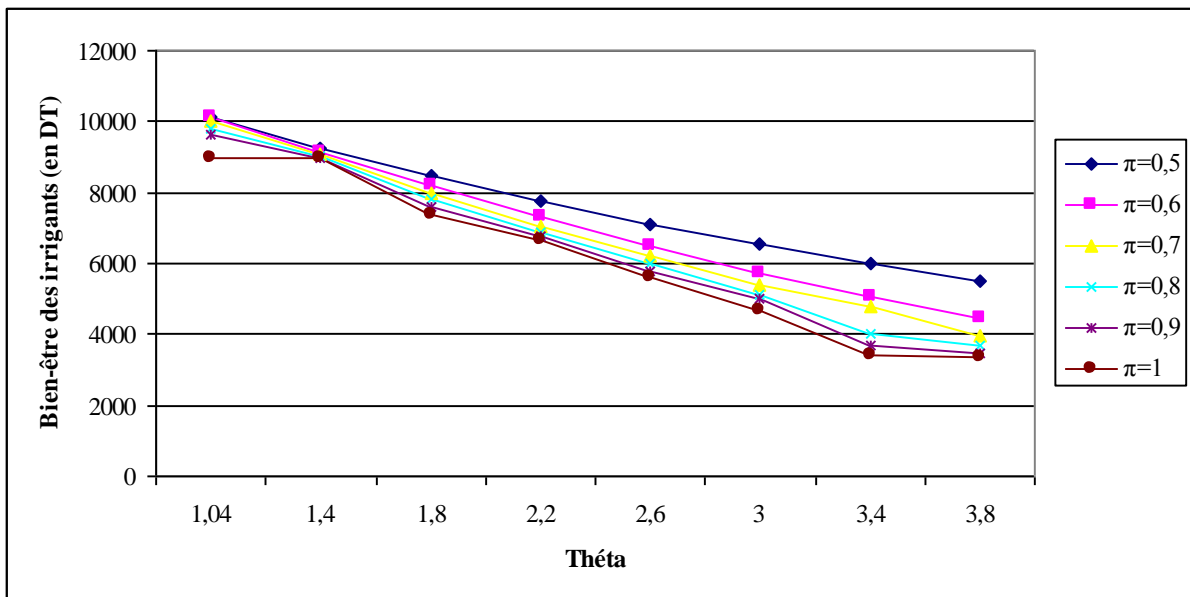


Figure 5: Bien-être des irrigants optimaux

L'autre façon de mesurer l'efficacité des différents schémas de régulation est de calculer l'écart des coûts marginaux par rapport à leur valeur à l'optimum de premier rang. Cette tâche

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

est difficile car nous avons deux critères à prendre en compte simultanément puisque qu'il y a deux variables de contrôle (volume facturé et volume perdu). Cependant, nous avons vu dans la partie modélisation, que la combinaison des deux conditions de premier ordre en information complète donnait l'égalité  $CV_p=0$  (équation 10.5). Nous pouvons donc considérer que plus le coût marginal du volume d'eau perdu s'écarte de zéro, plus le schéma de régulation n'est pas efficace.

Les résultats de simulation indiquent que des valeurs croissantes de  $\pi$  entraînent une diminution des rentes mais un accroissement de l'inefficacité car le coût marginal des pertes d'eau  $CV_p$  augmente.

Tableau 4: Arbitrage extraction de rente/efficacité

$\pi$	U	Cvp
0,5	2774,616	0,252
0,6	2657,061	0,264
0,7	2587,125	0,271
0,8	2541,101	0,276
0,9	2507,581	0,279
1,0	2482,291	0,282

$\theta= 1.4$  et dommage nul. La rente  $U$  et les coûts marginaux sont exprimés en DT

### Conclusion

Aujourd'hui, gérer la demande en eau agricole est un enjeu majeur pour assurer une sécurité alimentaire, favoriser le développement rural en zone aride et éviter le gaspillage et la surexploitation de ressource en eau souterraine. Conscient de cette menace, en Tunisie une série des réformes institutionnelles et réglementaires a été apporté au secteur irrigué en vue de maîtriser la demande en eau, d'accroître l'efficacité de l'eau d'irrigation, d'améliorer l'efficacité de l'eau à la parcelle et d'atteindre une meilleure valorisation économique de l'eau d'irrigation. Dans ce cadre la responsabilisation des usagers dans la gestion de l'eau au niveau local a été jugée nécessaire à travers la mise en place des associations d'usagers d'eau à usage agricole (AUEA) appelées groupements de développement agricole (GDA). L'appui apporté à la politique hydraulique actuelle par les GDA ne semble pas donner les résultats attendus dans un contexte d'information asymétrique entre les différents acteurs de la gestion de l'eau d'irrigation. Dans telles conditions, l'imperfection et l'incomplétude informationnelle rendent complexe le processus de régulation.

Dans cette article, nous avons parti de l'hypothèse d'existence d'une asymétrie d'information entre les différents acteurs de la gestion collectif de l'eau d'irrigation; la collectivité locale et l'entreprise privée dans la gestion déléguée d'un service public local. La relation de délégation entre le CRDA et le GDA est bien une relation d'agence avec asymétrie d'information en défaveur de la partie délégante. Dès lors, le GDA peut manifester des comportements opportunistes en utilisant cet avantage informationnel, en particulier du fait que les intérêts des parties en présence sont divergents. A partir des enseignements tirés de la théorie des incitations et des contrats, Nous avons voulu dans cet article d'étudier la régulation de l'exploitation des ressources en eau souterraine dans un contexte d'asymétrie d'information en empruntant le langage de la théorie des incitations.

Un seul schéma de régulation est retenu. Il a pour Principal, le CRDA et a pour Agents les GDAs d'irrigation. L'efficacité de l'opérateur privé repose sur sa capacité à réduire les pertes

MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>

d'eau et que c'est une information cachée. En termes de sélection adverse, cette asymétrie d'information est expliquée par l'efficacité du GDA à améliorer le transport et la distribution de l'eau d'irrigation avec moins de volumes d'eau perdue le long du réseau d'irrigation.

Pour l'analyse empirique, nous avons estimé, en premier lieu, une fonction de coût variable d'exploitation des GDA et de surplus des irrigants, ensuite à partir des données individuelles issues des différents rapports financiers et des budgets prévisionnels des GDA la performance des GDA a été estimée à partir d'une frontière de coût variable stochastique.

À partir de la maximisation du critère de bien-être de la collectivité locale (régulateur) construit comme une somme pondérée de surplus des irrigants adhérents et des profits de l'opérateur (GDA) nous avons obtenu les conditions de premier ordre correspondant au contrat optimal.

Un contrat de régulation a été simulé. Ce contrat de régulation est formé par un menu de contrats composés par un volume ( $V_f$ ) effectivement consommé par les irrigants, un volume de pertes en réseau ( $V_p$ ) autorisé et un transfert monétaire ( $T$ ) pour le premier type de contrat (CRDA-GDA), et un par un quota volume  $q$  et une tarification non linéaire  $p(q)$  pour le deuxième type de contrat (GDA-irrigants). Le contrat de régulation simulé vérifie les propriétés usuelles des contrats optimaux issues de la théorie de la régulation sur l'évolution des rentes et du bien-être des consommateurs avec l'efficacité du l'agent GDA et valident l'arbitrage entre extraction de rente et efficacité.

Les exercices de simulation que nous avons mis en œuvre et l'étude des trajectoires des volumes d'eau produits et des variables économiques du modèle vont dans le sens de ces résultats. Il a été mis en évidence que les volumes d'eau perdus augmentaient avec l'inefficacité de l'exploitant et qu'il en était de même pour les volumes consommés. Par ailleurs, on observe les mêmes tendances lorsque que le poids relatif au surplus des usagers (et donc la distorsion liée à l'information asymétrique) augmentait. Ceci a une conséquence à première vue étonnante : les GDAs inefficaces proposent des prix au  $m^3$  inférieurs à ceux des entreprises efficaces. Néanmoins, elles fixent un abonnement plus élevé. Une analyse du bien-être des usagers nous permet de vérifier que l'accroissement de la distorsion économique a un effet négatif. De plus, l'évolution du coût marginal du volume d'eau perdu indique bien un éloignement de l'optimum de premier rang.

Ces résultats sont importants puisque, d'une part, il n'existe que très peu, voire pas d'exemples qui utilisent des menus de contrats linéaires strictement inspirés de la nouvelle théorie de régulation, et d'autre part, c'est la première fois, à notre connaissance, que notre modélisation économique des contrats de gestion donne une explication claire à la présence de pertes élevées au niveau des réseaux d'irrigation et de l'inefficacité de structures associatives pour la gestion de l'eau d'irrigation.

#### Références

- Al Atiri R., 2005. WP2 de WADEMED sur les instruments économiques de la modernisation de l'agriculture irriguée. Analyse des politiques hydrauliques. Cas de la Tunisie. Sousse, Tunisie, novembre 2005.
- Baron, D.P., R. B. Myerson (1982), "Regulating a Monopolist with Unknown Costs", *Econometrica*, 50, 911-930.
- Bontems P, Rotillon G, Turpin N., 2005: Self-selecting Agri-environmental Policies with an Application to the Don Watershed. *Environmental & Resource Economics*, 31: 275-301
- Castro, D.F., 2003 : Surexploitation des ressources en régime de propriété commune, sélection adverse et exclusion, Thèse de doctorat en économie, Université de Paris X Nanterre, 265 p.



**MAHDHI Naceur<sup>1</sup>, SGHAIER Mongi<sup>1</sup>, BACHTA Mohamed Saleh<sup>2</sup>**

- Dridi C, Khanna M., 2005: Irrigation technology adoption and gains from water trading under asymmetric information. *Amer.J.Agr.Econ*, 87 (2), 289-301
- Faysse, N. (2001), "L'influence des règles collectives d'allocation de l'eau sur les choix stratégiques des agriculteurs. Des petits périmètres irrigués tunisiens aux prélèvements en rivière dans le bassin de l'Adour", Thèse de doctorat en économie, Université de Paris X Nanterre, 265 p.
- Feuillette S., 2001 : vers une gestion de la demande sur une nappe en accès libre : exploration des interactions ressource-usages par les systèmes multi-agents. Application à la nappe de Kairouan, Tunisie Centrale. Thèse de doctorat en science de l'eau, Université Montpellier II Sciences et techniques du Languedoc, 350 p.
- Goul F., 2008 : Etude de l'efficacité technique des périmètres irrigués privés du bassin versant d'Oued Smar, Gouvernorat de Médenine. Mémoire de fin étude, Ecole Supérieur d'agriculture de Mograne, 80p.
- Hamza M., 2008. État, défis majeurs et axes stratégiques du secteur de l'eau en Tunisie. Papier présenté lors de la première Semaine Africaine de l'Eau (AWW-1) - Tunis, 26-28 Mars 2008.
- Hung N.M, Poudou J.C, Thomas L., 2006: optimal resource extraction contract with adverse selection. *Resource policy*, 31, 78-85
- Kardi S., 2005 : Etude de la valorisation économique des ressources en eau souterraine dans le bassin versant de Zeuss-Koutine. Cas des Groupement d'Intérêt Collectifs (GIC). Mémoire de fin étude, Ecole Supérieur d'agriculture de Mograne, 70p.
- Laffont J.J, Tirole J, 1986 : Une théorie normative des contrats Etat-entreprises. *Annales d'économie et de statistiques*, 1, 107-132.
- Laffont, J.-J. and Martimort, D. : 2001, *The Theory of Incentives. The Principal-Agent Model*, Princeton University Press.
- Majdoub T., 2008 : les ressources en eau dans la région de Zeuss-Koutine. Maîtrise de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Sfax, Tunisie, 56p.
- Osmuden P., 2002: Regulation of common property resources under private information about resource externalities. *Resources and Energy Economics*, 24, 349-366
- Romagny B, Guillaume H, Ben Oueddou H, Palluault S., 2004 : Ressources en eau, usages et concurrences dans la Jeffera Tunisienne, Série *Usages, appropriation, gestion des écosystèmes*, Documents de recherche n° 1, Laboratoire Population – Environnement – Développement, Unité Mixte de Recherche IRD – Université de Provence 151.
- Salanié, B., 1994 : Théorie des contrats, *Economie et Statistiques Avancées, Economica*.
- Smith R.B.W, Tsur Y., 1997: Asymétric information and the pricing of natural resources: the case of unmetred water. *Land Economics*, 73(3), 392-403
- Soltani L., 2002. Gestion de la demande d'eau souterraine : cas de la nappe de Grombalia, tunisie. Diplôme d'Etudes Approfondies, Faculté de Sciences Economiques et de Gestion de Tunis. 120 p.
- Turpin, N., Bontems P., Rotillon G., 2004 : Lutte contre la pollution diffuse sur un bassin d'élevage: comparaison d'instruments de régulation en présence d'asymétrie d'information. *Cahiers d'économie et sociologie rurales*, n° 72, 6-28
- Wolak F.A., 1994: An econometric analysis of the asymmetric information, regulator-utility interaction. *Annales d'Economie et de Statistique*, 34, 13-68
- MA/Direction Générale des Ressources en Eau, 2005 : Situation de l'exploitation des nappes phréatiques, 261 p.
- Yahyaoui, H. 1998. Fluctuations piézométriques des principales nappes dans le Gouvernorat de Médenine. Rapport technique, 30 p.
- Yahyaoui, H. 2001a. Nappe des Grès du Trias du Sahel El Ababssa. Aspects hydrogéologiques et mobilisation des ressources. Rapport technique
- Yahyaoui, H. 2001b. Nappes profondes de la Jeffara de Médenine. Caractéristiques et évolutions. Rapport technique

## **Exploitation de l'eau pour l'abreuvement du cheptel des petits ruminants dans les régions arides Tunisiennes**

*Amor GADDOUR, Mouldi ABDENNEBI et Sghaier NAJARI*

*Laboratoire d'élevage et de la Faune sauvage,  
Institut des Régions Arides de Médenine Tunisie 4119  
[gaddour.omar@yahoo.fr](mailto:gaddour.omar@yahoo.fr)*

### **Résumé**

L'aridité est essentiellement définie par le manque et l'irrégularité des ressources hydriques, l'eau reste le premier élément d'importance dans les régions arides tunisiennes. Si le manque et la régression des autres ressources provoquent les difficultés et la misère, la rareté et les restrictions hydriques sont synonymes de l'hécatombe et de la disparition de vie et de toutes activités animales et même humaine.

Même si les populations locales ont pu s'adapter à la rareté d'eau pour sauvegarder leur vie et celles de leurs troupeaux, il est très difficile de considérer possible une adaptation à un manque prolongée d'eau. Il est ainsi, que la conduite de l'élevage traditionnelle considère l'eau comme le premier facteur affectant les autres ressources du secteur ; la stratégie de production est programmée en fonction des précipitations qui sont à l'origine, essentiellement, de la production des parcours et des ressources d'abreuvement.

Au niveau des différentes parties antérieures, parcours, transhumance, conduite ..., le rôle de la disponibilité des eaux des précipitations et souterraines a été constamment évoqué à travers ses retombés sur la gestion des autres ressources et sur les pratiques pastorales et sur la planification de la conduite des troupeaux. C'est pourquoi, nous allons restreindre la discussion à ce niveau, à mettre l'accent surtout sur l'exploitation de l'eau pour l'abreuvement du cheptel, et les modes et la variation de cette exploitation, durant l'année et les aspects quantitatives et qualitatives de cette ressource, souvent rare.

**Mots clés :** Eau, exploitation, sécheresse, abreuvement, petits ruminants.

### **I. Introduction**

Sur le plan physiologique, l'eau joue un important rôle au niveau des différents stades d'évolution et de production des animaux. Selon Niamir (1996), l'eau est sans doute l'élément de conduite le plus important dans un lieu aride. L'eau est indispensable pour la croissance des animaux et l'entretien de leurs tissus corporels, la reproduction et la lactation (Nasr et al.,

2000). Les animaux perdent de l'eau corporelle par l'expiration d'air, dans le lait, dans l'urine et dans les matières fécales ainsi que par évaporation cutanée (Aganga et al., 2002). Les animaux, dont l'ingestion d'eau est restreinte à cause de sources limitées d'approvisionnement ou de la mauvaise qualité de l'eau auront tendance à manger moins, à croître moins rapidement et à être moins productifs (Morand-Fehr et Doreau, 2001). La quantité d'eau ingérée par un animal varie selon :

- l'espèce, la race ou la population,
- les conditions physiologiques (notamment le poids, l'âge, la lactation, la gestation...),
- des facteurs d'ordre environnemental comme la température, l'humidité, le niveau d'activité et la teneur en eau des aliments.

## II. Abreuvement

### 1. Stress hydrique

En vertu de la présence importante des caprins dans les zones chaudes, la déprivation des caprins d'eau a été sujette de plusieurs études en zones chaudes (Najari, 2005). L'impact de cette pratique sur les performances des chèvres et leur résistance à la chaleur ont été vérifiés. Les hautes températures viennent accroître les besoins naturels des animaux en eau, nécessaires pour leurs différents processus physiologiques (Le Gal et Planchenault, 1993 ; Morand-Fehr et Doreau, 2001). Les résultats de Adogla-Bessa et Aganga (2000) corroborent avec celles de Aganga (1992) qui montrent une chute du gain moyen du poids lorsque l'abreuvement est peu fréquent. Quant à la digestibilité, Adogla-Bessa et Aganga (2000) n'ont pas identifié une relation significative entre la déprivation en eau et l'ingestion des chèvres. Toutefois, ils ont observé une réduction du volume des urines pour garder un taux presque fixe (qté urine/ qté d'eau bue) en accord avec les résultats d'Aganga et al., (2002). L'eau perdue dans les fèces a également diminué. La déprivation hydrique a provoqué une concentration des composants biochimiques du sang.

Au niveau de la conduite traditionnelle, les animaux ne sont pas abreuvés toute la période hivernale de la verdure, soit durant 3 à quatre mois (Nasr et al., 2000). La diminution des quantités d'eau bues en hiver tend à augmenter l'ingestion des chèvres en matières sèches et gagnent, ainsi, plus de poids qu'en été sont envisageables par les animaux (Adolga-Bessa, 2000). Les risques de déprivation sont évidemment plus graves en été. La tolérance des races et populations locales s'explique par leurs capacités à diminuer les pertes hydriques dans les

urines et les fèces. Selon Aganga (1992), la première réponse de l'animal envers une restriction hydrique est la diminution de l'ingestion.

Sous les conditions d'aridité, les chèvres affichent des besoins hydriques inférieures à celles des ovins (Aganga, 1992). En outre, les pertes des eaux sous formes d'urines et de fèces sont supérieures chez les brebis. D'où s'explique la capacité des caprins à tolérer le stress hydrique par le biais d'un mécanisme de conservation des eaux ingérés.

Certaines études ont montré la capacité des caprins de résister à une déprivation hydrique pendant une période limitée. Les populations caprines rustiques pourraient adapter leur physiologie à un stress hydrique (Adolga-Bessa et Aganga, 2000). Les risques d'une sévère déshydratation n'ont pas été observés même à un rythme d'abreuvement de 72 heures. Les effets sont plus marqués durant l'été. La tolérance des races locales au stress hydrique pourrait être expliquée par une capacité de réduction des excréments hydriques dans les urines et les fèces.

Pour la chèvre de la race Maradi, Aganaga Bessa (2000) a trouvé que l'ingestion journalière de l'eau est de 16,95 ml/kg<sup>(0,75)</sup>, l'eau métabolique est de 9,34% de l'eau totale ingérée. Et 69,95% de cette eau ingérée est utilisée pour l'évapotranspiration lorsque la température n'excède pas 40°C. L'eau représente entre 66% et 78% du poids vif des caprins adultes.

Les besoins en eau varient avec la qualité de la ration et la quantité ingérée en matière sèche, et avec le rapport concentré/fourrage selon une relation linéaire, et c'est surtout la concentration en azote qui est à l'origine de l'augmentation de l'eau ingérée. Les chèvres ingèrent plus d'eau que les boucs (différence non significative) et ce surtout pour leurs besoins dues à la lactation. La gestation augmente, également les besoins hydriques des chèvres (Le Gal et Planchenault, 1993).

Etant donné que les chèvres manifestent constamment leurs besoins en eau, le rythme discontinu de l'ingestion de l'eau devrait coïncider le plus possible avec les besoins. Plus la date entre les prises successives d'eau est longue, plus le stress hydrique est marqué. C'est ainsi qu'Adolga-Bessa et Aganga (2000), ont trouvé des croissances supérieures pour les chevreaux abreuvés journalièrement par rapport à ceux soumis à d'autres rythmes d'abreuvement durant la saison sèche. Un rythme assez lent, pourrait engendrer des pertes des poids adultes (Najari, 2005), surtout lorsque ce rythme est prolongé. Le stress hydrique aboutit à une concentration des constituants du sang et augmente le rythme respiratoire et celui de la rumination (Morand-Fehr et Doreau, 2001). Lorsque le rythme d'abreuvement été porté à 72 heures, la croissance et la production laitière ont été, sérieusement, réduits à

environ la moitié des performances normalement enregistrées. Toutefois, le lait est plus concentré et sa composition chimique est plus importante.

Quant aux performances de la reproduction, le stress hydrique tend à augmenter le taux d'avortement et les mortalités embryonnaires ; les poids à la naissance sont également affectés (Najari, 2005).

Selon (Le Gal et Planchenault, 1993), en Inde, la teneur en eau de l'organisme des caprins varie de 60 à 80 % suivant leur âge et leur état d'engraissement ; mais il semble que les animaux à fort potentiel laitier vivant en milieu tempéré aient une teneur en eau plus faible 71-73 % que certaines races comme les chèvres Bédouine vivant en milieu aride (77-85%).

Généralement, le niveau d'ingestion et les besoins des caprins en eau sont sensiblement plus faibles (de l'ordre de 10 à 25 %) que ceux des ovins. Il semble que cette caractéristique des caprins soit liée à un taux de renouvellement d'eau plus lent que chez les ovins comme l'ont montré au Nigeria Aganga et al. (2002) ; cela tend à économiser l'eau corporelle. En réalité, les chèvres, bien adaptées au milieu aride, ont une fonction rénale qui permet une réabsorption d'eau maximale lorsque l'animal est en déficit. L'économie d'eau chez les caprins est aussi liée à une émission de fèces relativement pauvres en eau, à une faible proportion de l'eau évaporée par perspiration ou transpiration (Najari, 2005), et enfin au rôle du rumen en tant que réservoir d'eau (Najari, 2005).

Toutes les races locales ont, selon Le Gal et Planchenault (1993), des caractères d'adaptation intéressants en ce qui concerne le comportement alimentaire et le recyclage de l'urée pour utiliser la végétation de parcours qui ont été mis en évidence en Europe ou en Amérique du Nord.

La manque d'eau, et aussi des bergers capables d'assurer l'opération d'abreuvement qui nécessite un effort spécial et des connaissances nécessaires pour la séparation des ovins et des caprins ainsi que la subdivision des animaux soifs en groupes pour l'abreuvement, représentent les principaux handicaps de l'élevage pastoral (Najari, 2005).

En Tunisie aride, les paysans utilisent de systèmes divers de récupération de l'eau pour l'abreuvement, irrigation, reconstitution des nappes souterraines et pour créer des réservoirs (Najari, 2005). Le stockage de l'eau dans des citernes souterraines et le transport de l'eau par tracteur permettent aux éleveurs de s'éloigner davantage des puits, ce qui a pour résultat de distribuer la pression sur les pâturages et de permettre l'utilisation de zones plus éloignées. Dans les régions les plus arides, la disponibilité en eau pose de graves problèmes pendant la saison estivale sèche. Durant cette saison, les troupeaux ont tendance à augmenter leurs

effectifs par l'association des femelles reproductrice envie de la lutte. Les besoins des animaux durant cette période de lutte, sont considérables (Gaddour, 2010).

## 2. Rythme d'abreuvement

Le rythme d'abreuvement varie considérablement avec la saison et l'état des parcours. En fonction de l'intensité de ce rythme, on pourrait aisément distinguer deux périodes. Une première lorsque le climat est froid à modéré et les parcours sont en bonne état ; et une deuxième durant la période estivale et les saisons sèches. Durant la deuxième période, lorsque la végétation est rare et sèche, les animaux affichent les besoins hydriques les plus importantes. Dans ce cas, l'abreuvement des troupeaux s'impose périodiquement et l'espace pâturable est réduite aux alentours des points d'eaux ; c'est la période restrictive de la production et au pâturage libre.

Si la première période est centrée par l'hiver, la deuxième est observée en été ; toutefois, la durée de chaque période dépend de l'année et de la nature des ressources pastorales et des conditions thermiques. Ainsi, l'automne et le printemps, et parfois l'hiver, peuvent se classer dans la période d'abreuvement.

En été, les troupeaux se dirigent autour des points d'eau et sont abreuvés selon un rythme de 1 jour sur 2 (soit dans 80% des cas pour les élevages désertiques, et 73% pour les élevages des Dhahars et d'El Ouara). Durant cette période, les déplacements des troupeaux sont réduits et les petits ruminants ne s'éloignent que d'environ 4 à 5 Km des points d'eau, et de 10 km au plus (Najari, 2005).

Les résultats de l'enquête montrent que seulement 11% des troupeaux s'éloignent d'une distance supérieure à 10 Km des points d'eau. Ceci implique un surpâturage des espaces limités tout en laissant d'autres ressources pastorales non exploitées. La charge animale, et les risques de dégradation, sur les parcours autour des points d'eau deviennent ainsi considérables. « Des troupeaux nombreux sont amenés à converger, pendant la saison sèche, vers un petit nombre de points d'eau, ce qui provoque une dégradation "en auréole" autour des sites d'abreuvement (Najari, 2005). »

Le rythme d'abreuvement dépend également de la composition du troupeau ; les caprins résistent plus à la soif et peuvent augmenter le rayon de pâturage. Il s'agit d'une caractéristique qui met en cause le rôle de la chèvre au niveau de la dégradation (Gaddour n 2010).



En automne, en hiver et au printemps, et aussi pour les éleveurs possédant des tracteurs et des citernes, les troupeaux sont conduits sur les parcours les plus éloignés d'El-Ouara et du Dahar pour exploiter les pâturages lointains des points d'eau. L'abreuvement devient moins fréquent.

Les animaux utilisent pour l'abreuvement les puits publics et les citernes souterraines. Certains éleveurs confectionnent des abreuvoirs au sol et transportent l'eau par des citernes tractées. Les problèmes majeurs évoqués par les éleveurs sont le coût et la disponibilité de l'eau. Même pour les périodes de chaleur les animaux ne sont pas abreuvés à un rythme journalier. Généralement, l'abreuvement se fait une journée sur deux ou sur trois en fonction du dessèchement du couvert végétal (Tableau 1).

Le jour de l'abreuvement, les animaux, mal nourris et fatigués par la longue marche sur les pâturages de plus en plus éloignés du point d'eau, ne peuvent s'abreuver en une seule prise. Ils doivent fractionner leur prise d'eau. Le premier abreuvement doit être suivi par un repos de quelques heures, avant un retour au puits. Certains animaux peuvent ainsi revenir deux ou trois fois, ce qui provoque un encombrement des abords des points d'eau. Les troupeaux ne libèrent jamais immédiatement les lieux, après avoir bu, mais vont à l'écart trouver un endroit pour se reposer.

Lors de cette saison, la tâche des bergers est écrasante en vertu de la lourdeur des tâches, sous la chaleur estivale des régions arides alors qu'ils ne disposent que de peu de lait pour se nourrir. C'est l'époque où la fatigue et l'énervement provoquent bien des disputes autour des points d'eau : les conflits éclatent entre bergers lorsqu'un troupeau refuse d'attendre son tour, ou que l'on néglige les préséances et les égards (Najari, 2005).

Lorsque le troupeau se rapproche de quelques dizaines de mètres du puit, les éleveurs opèrent à une séparation soigneuse et spectaculaire des ovins et des caprins, tous soifs. C'est l'une des scènes qui illustrent bien la technicité des bergers ; on effectue, on ne servant uniquement que des cris et des gestes avec le bâton, le berger sépare les centaines des brebis et des chèvres sans aucune erreur. Les brebis sont toujours abreuvées les premières et les chèvres, reconnues patientes, doivent attendre. Durant l'été, période normale de la lutte, le stationnement des troupeaux autour des puits le jour d'abreuvement permet aux boucs des différents troupeaux de se déplacer pour chercher les femelles en chaleur sans se restreindre à celles du troupeau. Ceci revient à une sorte d'échange des reproducteurs mâles et la diminution des effets néfastes de la consanguinité.

L'eau est rare et certains en font commerce, vendant l'eau de leurs citernes de ruissellement enterrées ou faisant venir des citernes tractées. L'achat de l'eau représente alors une dépense énorme pour l'éleveur qui souvent est amené à vendre une partie de son cheptel pour couvrir ces charges.

Tableau 1. Distances du point d'eau par rapport au pâturage, et rythme d'abreuvement.

	DISTANCE			RYTHME				
	0 à 1Km	<5Km	5Km et +	Chaque jour	1 jour / 2	Après 2 jours	Après 3 jours	Après 4 jours
<b>KEBELI</b>	29	6	6	0	1	32	6	2
<b>MEDENINE</b>	33	6	0	1	29	8	1	0
<b>TATAOUINE</b>	21	0	1	4	10	6	2	0
<b>GABES</b>	41	7	4	0	3	35	14	0
<b>TOTAL</b>	124	19	11	5	43	81	23	2

### 3. Points d'eau, aménagement et dégradation des parcours

L'élevage des régions arides comporte de multiples risques qui obligent les pasteurs à recourir à des stratégies complexes. Parmi ces stratégies, la gestion de l'eau constitue l'une des pièces maîtresses de l'économie pastorale. Selon Najari (2005), la gestion des ressources hydriques repose sur certains principes de base.

La première porte sur le lien indissociable qui existe entre l'eau et les pâturages. Sans pâturages alentour, un point d'eau n'est pas utilisé. A l'inverse, sans point d'eau à proximité, un pâturage est difficilement accessible aux animaux. C'est en saison sèche que ce lien est le plus contraignant, car les besoins en eau des animaux y sont élevés. En général, mais surtout pendant la saison sèche, l'espace pastoral s'organise donc autour de points d'abreuvement dont l'existence même conditionne l'exploitation des pâturages (Gaddour, 2010).

La relation directe entre la capacité d'abreuvement d'un puits et le rythme de consommation du pâturage environnant, représente le second principe : ce pâturage disparaît d'autant plus vite que le point d'eau permet d'abreuver un plus grand nombre d'animaux. En effet, la concentration des troupeaux autour des puits, limite le territoire de pâturages auquel ils ont accès. Là encore, la saison sèche est la plus critique, car la qualité du pâturage y est moins bonne. En conséquence, le débit du puits détermine directement le nombre d'animaux (la

«charge animale») pouvant être abreuvés chaque jour, et donc le rythme de consommation du pâturage environnant (Najari, 2005).

Le troisième principe fait intervenir l'homme et son travail car, en définitive, « la seule eau qui est importante, ce n'est pas celle qui est au fond du puits, mais bien celle qui arrive à la bouche de l'animal »

Les stratégies modernes pour lutter contre les pénuries d'eau dans les zones sèches reposent sur deux principes :

\* Augmenter la densité spatiale des points d'eau, afin de réduire les dépenses d'énergie liées à la marche, et utiliser les espèces, races et types d'animaux, choisis sur la base de leur productivité et non en fonction de leur résistance à la soif.

\* S'appuyer sur la densité des points d'eau, sur leur localisation et sur leurs périodes d'ouverture et de fermeture, pour contrôler l'intensité, l'uniformité spatiale, et le moment du pâturage, en vue d'optimiser la production des parcours.

### Conclusion

La création de points d'eau moins abondants, mais plus nombreux, aurait assuré une couverture plus satisfaisante de la zone aride ; un réseau hydraulique dense permet en saison sèche une meilleure répartition spatiale de la charge pastorale et une utilisation plus longue et plus complète de tous les pâturages.

L'un des plus importants rôles des ouvrages hydrauliques est d'assurer la communication entre les bergers et les éleveurs; le jour d'abreuvement, les bergers discutent sur les différents aspects de l'élevage et s'échangent les informations sur l'état des parcours. Egalement, la complémentation des animaux est généralement faite au niveau des puits.

### Références bibliographiques

-Adolga-Bessa T. and A.A.Aganga 2000. Responses of Tswana goats to various lengths of water deprivation. South African Journal of Animal Science. 2000, 30 (1): 87-91.

-Aganga A.A. 1992. Water utilization by sheep and goats in Northern Nigeria. World Animal Review. FAO (73): 9-14.

-Aganga A.A. 1998. Browse in the nutrition of goats in Botswana. An Overview. In: Enhancing sheep and goat production in Botswana. (Eds) Aganga, A.A., R.G. Chabo, M. Kgosimore, M. Letso and U.J. Omphile. Proceeding of the sheep and Goat Workshop.

Botswana. 321-330.

-Aganga A.A. 2002. Indigenous browses as feed resource for grazing herbivores in Botswana. African Journal of Science and Technology. Science and Engineering Series. Vol.(3), 14-19.

-Gaddour A., 2010. Diversité et amélioration génétique des la chèvre locale dans les régions arides du sud tunisiennes. Thèse de doctorat Faculté des Sciences de Tunisie, 180p.

-Le Gal O. et D. Planchenault 1993. Utilisation des races caprines dans les zones chaudes. Contraintes et intérêts. UCARDEC CTA. Editions CIRAD. 260p

- Morand-Fehr P. et M. Doreau, 2001. Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. Productions Animales (INRA). Prod. Anim., (14), 15-27.

-Najari S., 2005. Caractérisation morphologique et génétique de la population caprine locale, INATunisie, 250p

-Nasr N., M. Ben Salem, Y. Lalaoui Rachidi, J. Benisad, et Y. Medouni, 2000. Mutation des systèmes d'élevage et de gestion des parcours collectifs en zones arides. El-Ouara de Tataouine (Tunisie). Science et changements planétaires/Sécheresse, 11, (2). 93-100.

-Niamir M 1996. Foresterie communautaire-L'éleveur et ses décisions dans la gestion des ressources naturelles des régions arides et semi-arides d'Afrique. FAO Rome 1996. 177 p.

**ETUDE DE DÉVERSOIR PIANO KEY WEIR (PK-Weir) NOYÉS PAR L'AVAL**

<sup>1</sup>Laboratoire Aménagements Hydrauliques et Environnement. Université de Biskra. PB 145 RP  
Biskra7000 Algérie.

E-mail adresse: aouamane@yahoo.fr/ faris.belaabed@yahoo.fr.

---

**RESUME.** Les barrages réservoirs sont confrontés à deux problèmes fondamentaux. Le premier est la maîtrise des inondations et le deuxième problème est lié à la perte de la capacité de stockage due à l'envasement du barrage. Une de solutions possibles pour ces problèmes est le niveau augmentant le seuil du déversoir existant, par sa rénovation dans le PK-Weir.

Le PK-Weir est construit à travers les fleuves et dans les réservoirs des barrages quand la limitation d'un débit ou d'un niveau d'eau doit être assurée en états d'écoulement libre ou noyé. Les diverses études et recherche effectuée sur le PK-Weir se sont focalisées seulement sur les conditions d'écoulement libre. Le travail actuel présente une étude de l'effet de la noyade par aval sur la performance des déversoirs en touche de piano (PK-Weir).

Cette étude est basée principalement sur l'expérimentation sur modèles physiques complétée par une analyse des résultats.

**MOS CLES:** Déversoir, PK-Weir, Ecoulement noyé, Ecoulement dénoyé.

---

**ABSTRACT.** Dam reservoirs are confronted with two fundamental problems. The first is the mastery of floods and the second problem is related to the loss of the storage capacity due to the silting of the dam. One of possible solutions for these problems is the raising level of the sill of the existing weir by its renovation in PK-Weir.

The PK-Weir is built across the rivers and in the reservoirs of dams when the limitation of a discharge or water level must be assured in normal or submerged flow conditions. Various studies and researches carried out on the PK-Weir have focused only in the normal flow conditions. The present paper presents a study on the effect of the downstream level on the performance of the PK-Weir.

This study will be based primarily on physical model experiments and completed by by an analysis of the results.

**KEY WORDS:** Weir, PK-Weir, Free flow, Submerged flow.

---

## ملخص

إن السدود تواجه مشكلتين أساسيتين. الأولى تتمثل في احتواء الفيضانات والثانية مرطبة بضياع سعة التخزين بسبب الطمي. أحد الحلول لهذه المشاكل هي زيادة في علو الهدارات الحالية وذلك بالاستعانة بالهدار ذو شكل مفاتيح البيانو (PK-Weir).

الهدار PK-Weir يوضع على الأنهار وفي السدود وذلك من أجل تحديد كمية التفريغ الزائدة وهذا لضمان جريان العادي أو المغمور. هناك عدة دراسات مطبقة على الهدار PK-Weir قد أجريت إلا في إطار الجريان العادي. وعلى هذا الأساس قدم هذا العمل لدراسة تأثير الجريان المغمور على مردودية الهدار PK-Weir.

هذه الدراسة اعتمدت أساساً على تجارب النماذج المخبرية واكتملت بتحليل النتائج.

**الكلمات الدالة:** الهدار، الهدار ذو شكل مفاتيح البيانو، جريان العادي، جريان المغمور.

## 1 INTRODUCTION

Les grands barrages d'une hauteur minimum de 15m, ont été réalisés partout dans le monde, plus de tiers de ces barrages sont affectés à l'irrigation, le reste joue un rôle principal dans l'approvisionnement en eau potable, la production en hydroélectrique et dans l'atténuation des inondations.

Actuellement plus de 50% de ces barrages dépassant largement les 50 ans de service, en tenant compte des changements climatiques et des connaissances actuelles, cela nécessitent une réévaluation des critères de sécurité de ces ouvrages.

Les études contemporaines montrent une augmentation de l'intensité des débits des crues maximales ; donc la sécurité de ces ouvrages reste une question primordiale pour les gestionnaires ; la réévaluation des débits des crues maximales conduit à la réhabilitation d'un nombre très important de ces ouvrages existants , ainsi la recherche de nouvelles solutions pour améliorer les types de déversoir pour ces cas la forme de déversoir PK-Weir offre une solution efficace.

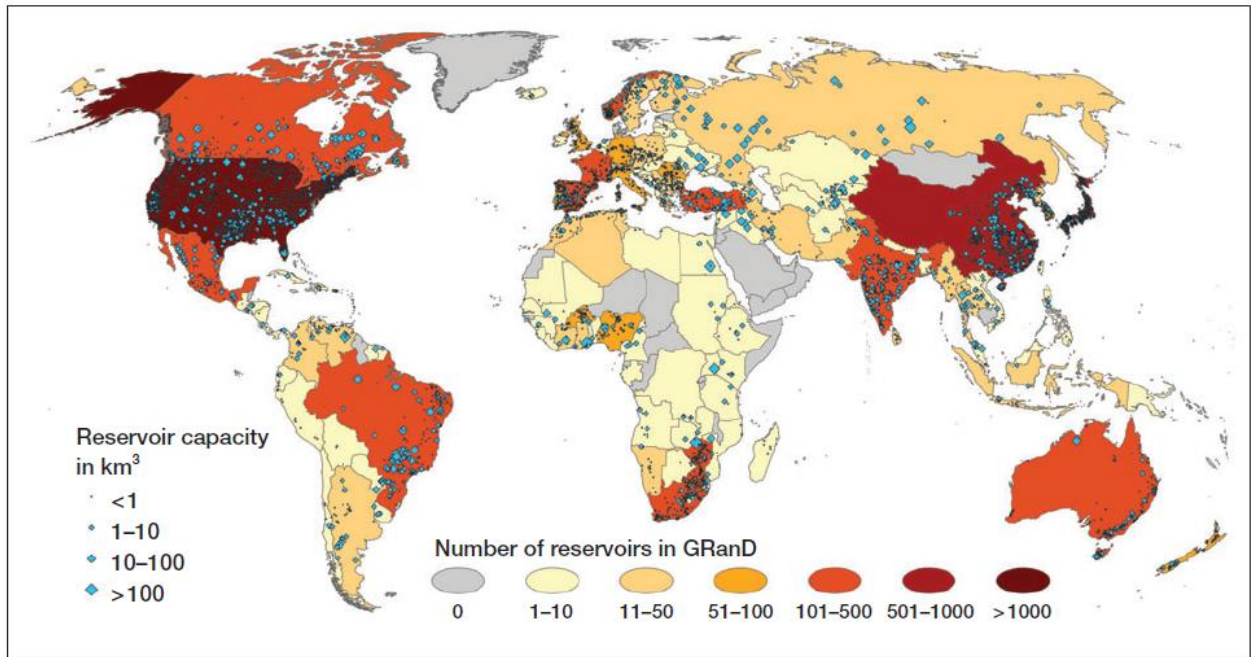




Figure 1. Répartition géographique des barrages (par pays)

Généralement, les déversoirs sont conçus pour fonctionner dans des conditions d'écoulement libre, ceci signifie que la surface du niveau d'eau aval est inférieure à la hauteur du déversoir et le niveau aval n'influe pas sur l'écoulement à l'amont. Cependant, lorsque le niveau d'eau aval influe sur le niveau d'eau amont, le déversoir n'est plus dans des conditions d'écoulement libre mais plutôt noyées.

Dans le cas d'un déversoir installé dans un canal d'irrigation ou à travers un cours d'eau naturel, qui fonctionne dans des conditions d'écoulement noyé, une plus haute charge amont est exigée pour faire passer un débit égal au débit évacué dans des conditions d'écoulement libre. Dans le cas où la partie en amont du déversoir est suffisamment large par rapport à la largeur du déversoir ce qui engendre la formation d'un réservoir de stockage amont, la noyade aval causera une diminution du débit déversé.

L'effet de la noyade sur l'écoulement des déversoirs en labyrinthe et PK-Weir a été étudié par Tullis (2006) et (2012) qui a déterminé expérimentalement l'effet de noyade sur l'écoulement de ces deux types de déversoirs. La comparaison des résultats obtenus sur les deux types de déversoirs a fait apparaître que le PK-Weir semble être relativement plus efficace que le labyrinthe pour les faibles niveaux de submersion ( $S < 0.75$ ). Cependant, ceci est inversé pour les plus hauts niveaux de submersion. Tullis (2012) a fait remarquer que pour le PK-Weir le module de submersion augmente au fur et à mesure que le rapport  $H_0/P$  augmente. Le travail qui a été réalisé par Ho Ta Khang (2012) a montré que de point de vue hydraulique, les différences entre le déversoir en labyrinthe rectangulaire et les PK-Weir de types A et D ne sont pas très importants, avec toutefois un léger avantage pour le PK-Weir de type D pour les fortes crues.

En 2013, Cicero et al. ont présenté une étude expérimentale sur trois modèles des PK-Weirs de types A, B et C pour déterminer la performance de ces trois types de PK-Weir dans les mêmes conditions de submersion ( $H_u$  et  $H_d$ ). Cette étude a montré que le type C était moins efficace que le type A pour  $0 < H_d < 0.9H_u$ , tandis que le type B était plus efficace que le type A pour  $H_d < 0.5H_u$ , et le type B était plus efficace que le type C pour  $H_d < 0.8H_u$ .

L'objectif de la présente recherche est d'évaluer l'effet de la noyade sur le fonctionnement du PK-Weir par une manière expérimentale. L'évaluation est liée à plusieurs cas :

- L'encombrement dans les alvéoles de sortie.
- L'importance du débit évacué.
- Le type d'obstacle en aval du déversoir (Vanne ou Seuil libre).
- Le ratio  $L/W$  du déversoir et la contraction latérale.

## 2 PROGRAMME EXPERIMENTAL

Dans le but de déterminer l'influence de l'effet de la noyade sur l'écoulement amont du PK-Weir, les essais sur modèle réduit ont été réalisés au Laboratoire d'Aménagements Hydrauliques et Environnement de l'Université de Biskra.

### 2.1 DEFINITION DE MODELE EXPERIMENTE

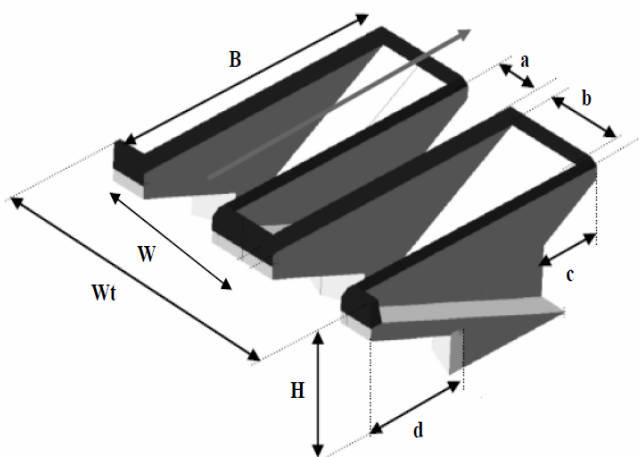
L'étude expérimentale a été réalisée sur un modèle de déversoir PK-Weir type A2m, confectionné en plaques de tôles métalliques  $e = 3\text{mm}$ . Les caractéristiques géométriques de ce modèle sont mentionnées dans le tableau 1.



Figure 2. Modèle expérimenté (PK-Weir type A2m)

Tableau 1. Caractéristiques géométriques de modèle expérimenté

Model de PK-Weir	$n_0$	$n$	Wt	W	a	b	B	$B_0$	d	c	$H_0=H_i$
	-	-	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
PK-Weir model A	A2m	3	105	35	18	15	56.9	20	15	21.9	20



- H : Hauteur maximale du PK-Weir
- c : Longueur du porte-à-faux amont
- B : Longueur d'une paroi latérale
- d : Longueur du porte-à-faux aval
- a : Largeur de l'alvéole amont
- W: Largeur d'un cycle du déversoir
- b : Largeur de l'alvéole aval
- Wt : Largeur total du déversoir

Figure 3. Schéma d'un élément du déversoir en clefs de Piano (PK-Weir)

## 2.2 DESCRIPTION DE LA STATION D'EXPERIMENTATION

L'étude expérimentale effectuée sur le modèle de PK-Weir a été réalisée dans deux cas de conditions d'approche amont (avec et sans contraction latérale). Ainsi, les essais ont été réalisés dans une station d'expérimentation des modèles réduits hydraulique constitué de trois canaux de sections différentes. Un canal amont de largeur 01 mètre qui simule l'écoulement dans un cours d'eau, suivi d'un canal central de largeur 04 mètres qui joue le rôle d'une retenue et en fin un canal de largeur 02 mètres qui simule le cours d'eau à l'aval d'une retenue. Le modèle de PK-Weir à expérimenté est installé à la sortie du canal central, dont les eaux sont déversées dans le canal aval (Figure 4).

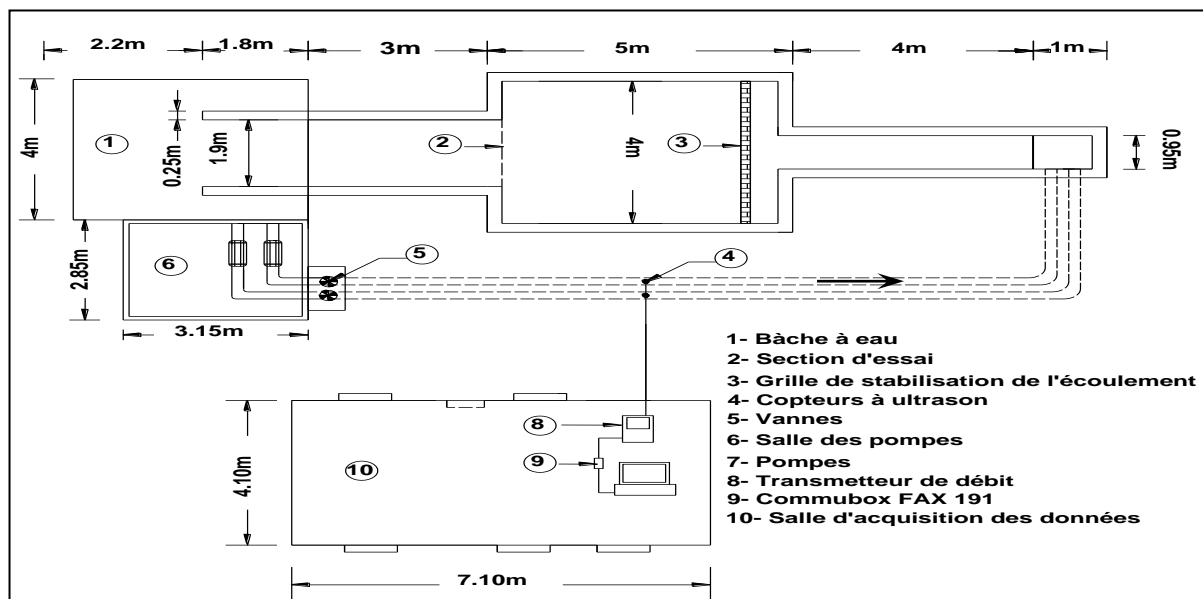


Figure 4. Schéma de station d'expérimentation. (Vue en plan)

La procédure expérimentale a été comme suit :

Après avoir fixé le débit qui transite par les canaux, on mesure le niveau d'eau amont dans les conditions d'écoulement libre. Tout en maintenant le débit constant, on fait augmenter le niveau d'eau à l'aval du PK-Weir par l'installation d'un seuil ou la fermeture d'une vanne qui se situe à l'extrémité aval du canal de réception. Après stabilisation de l'écoulement on prend les mesures des profondeurs d'eau en amont et à l'aval du modèle expérimenté. Une fois cet opération est réalisée on fait augmenté une autre fois la hauteur du seuil ou on ferme d'avantage la vanne aval pour faire augmenter le niveau aval et on opère de la même manière que précédemment.

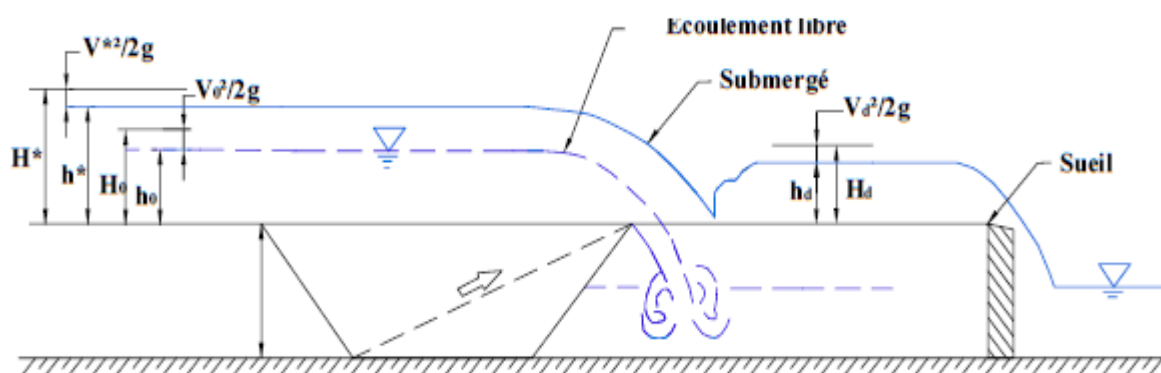


Figure 5. Définition des paramètres et nomenclature du déversoir à écoulement libre et submergé  
\*condition d'écoulement noyé

- $H^*$  : la charge total amont
- $h^*$  : la charge piézométrique amont
- $H_d$  : la charge total aval
- $h_d$  : charge piézométrique aval

\* conditions d'écoulement libre

- $H_0$  : la charge total amont
- $h_0$  : la charge piézométrique amont

### 3 RESULTATS EXPERIMENTAUX

L'expérimentation sur modèle réduit est sanctionnée par des résultats qui nécessitent une interprétation des essais effectués sur le modèle testé. Ces résultats sont exprimé soit par le débit ( $Q$ ) en fonction la charge total amont ( $H^*$ ) ou par la charge relative amont ( $H^*/H_0$ ) en fonction de la charge relative aval ( $H_d/H_0$ ).

#### 3.1 CAS D'ECOULEMENT LIBRE

##### 3.1.1 COMPARAISON LE DEBIT ENTRE LE MODELE DE PK-WEIR ET LE DEVERSOIR RECTILIGNE

La comparaison entre le modèle de PK-Weir et le déversoir rectiligne qui fonctionnent dans des conditions d'écoulement libre selon la figure 7 qui indique que l'écart entre les deux courbes de débit est presque constant pour une gamme de charges inférieures à la hauteur du déversoir ( $P=0.20m$ ). L'accroissement de débit de PK-Weir par rapport au déversoir rectiligne de même largeur est de l'ordre de 2,0 fois pour les charges inférieures à la hauteur du déversoir. Ceci montre que le PK-Weir peut être une solution plus efficace que le déversoir rectiligne.



a)- Déversoir rectiligne

b)- PK-Weir type A2m

Figure 6. Ecoulement libre sur le déversoir

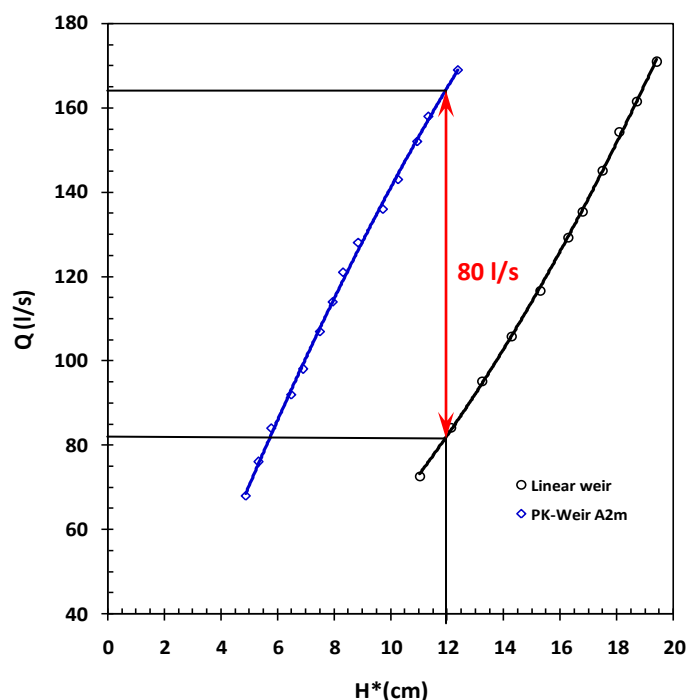


Figure 7. Comparaison le débit entre le PK-Weir type A2m et le déversoir rectiligne

### 3.1.2 EFFET DE LA FORME D'ENTREE AU PIED DU DEVERSOIR

La géométrie de l'entrée au dessous du déversoir peut prendre plusieurs formes. Pour vérifier l'incidence de ce paramètre, trois configurations de parement ont été testées :

- Socles à parement amont arrondi ;
- Socles à parement amont incliné ;
- Socles à parement amont vertical.

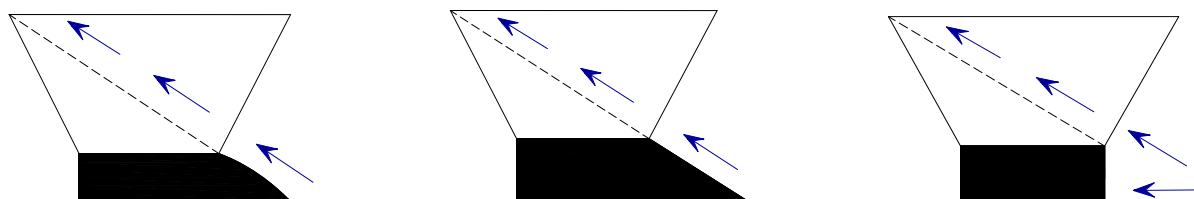


Figure 8. a- Socle à parement arrondi  
parement vertical

b- Socle à parement incliné

c- Socle à

Les résultats expérimentaux obtenus sur ces trois modèles montrent que les différentes courbes (dont chacune correspond à une forme d'entrée au pied amont du déversoir) sont presque les mêmes (figure 8), un faible écart est constaté entre la courbe qui correspond au socle à parement amont

incliné et les deux autres forme de parement. Ainsi on peut dire que la forme d'entrée au pied amont du déversoir n'influe que faiblement sur la performance du PK-Weir.

De point de vue pratique il est donc recommandé d'utiliser une forme d'entrée vertical au pied amont du déversoir, puisque cette forme est plus économique est sa performance n'est réduite que faiblement.

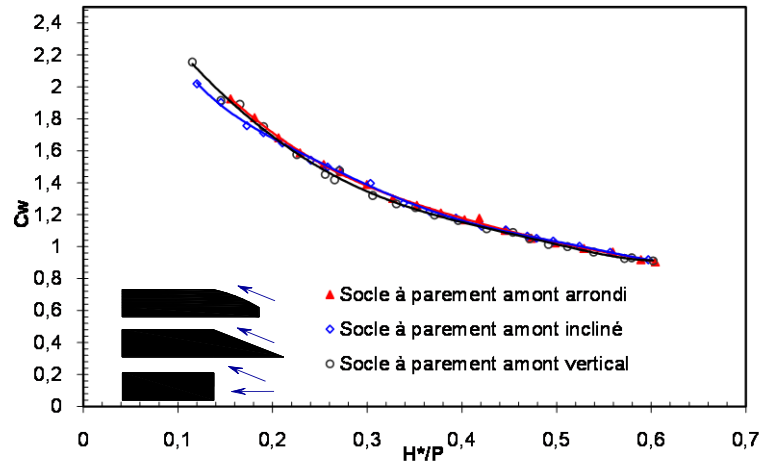


Figure 9. Coefficients de débit en fonction de la forme amont du Socle

### 3.2 CAS D'ÉCOULEMENT NOYÉ

#### 3.2.1 SELON LA FORME DU RADIER AVAL (ENCOMBREMENT AVAL)

Les essais effectués pour trois taux de remplissage aval différents montrent que l'effet de noyade est indépendant de l'encombrement aval des sorties. Ainsi les résultats obtenus (Figure 10) montre que quelque soit la disposition des alvéoles aval l'évolution de la charge amont par rapport à la charge aval est la même.



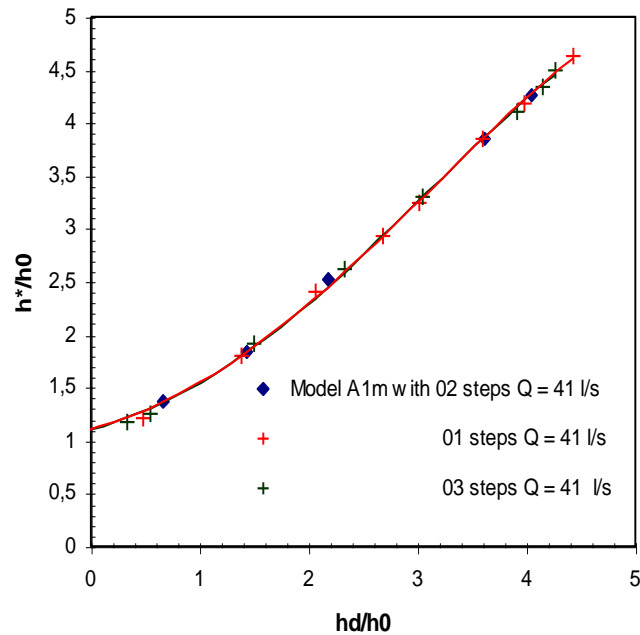


Figure 10. Courbes de la charge relative amont en fonction de la charge relative aval

### 3.2.2 SELON LE DEBIT DE TRANSITE

Afin de vérifier l'effet de la submersion en fonction du débit de transite, les essais ont été réalisés pour trois valeurs de débit ( $Q=41$  l/s,  $65$  l/s et  $83$  l/s). Les résultats obtenus ont fait remarquer que la variation du niveau amont par rapport au niveau aval se fait d'une manière proportionnelle et constante pour les trois débits choisis, ainsi on peut dire que la variation de la charge relative aval par rapport à la charge relative amont est indépendante du débit de transite sur le PK-Weir (Figure 11).

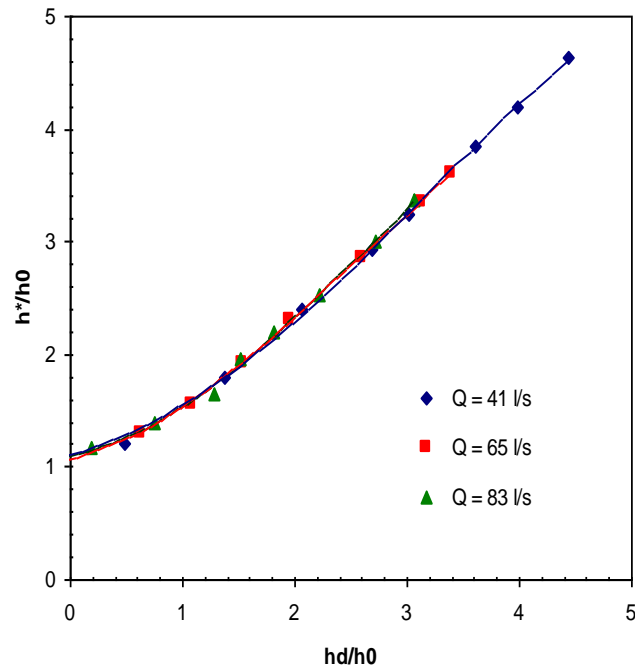


Figure 11. Courbes de la charge relative amont en fonction de la charge relative aval

### 3.2.3 SELON LE TYPE D'OBSTACLE EN AVAL DU DEVERSOIR

La surélévation du plan d'eau aval peut avoir lieu en cas de présence d'obstacle en aval du déversoir, ainsi, deux cas peuvent être considérés par leur type d'écoulement, le premier concerne l'écoulement par le fond (écoulement sous une vanne) et le second correspond à un écoulement à surface libre (sur un seuil).

Les résultats obtenus ont fait montrer que l'écoulement sur seuil aval ou sous une vanne a le même effet sur l'influence de l'aval sur l'amont. La Figure 12 montre que pour un même débit de transit, les deux courbes adimensionnelles qui représentent la charge relative amont en fonction de la charge relative aval pour les deux cas d'écoulement aval sont semblable selon la courbe unique obtenue.

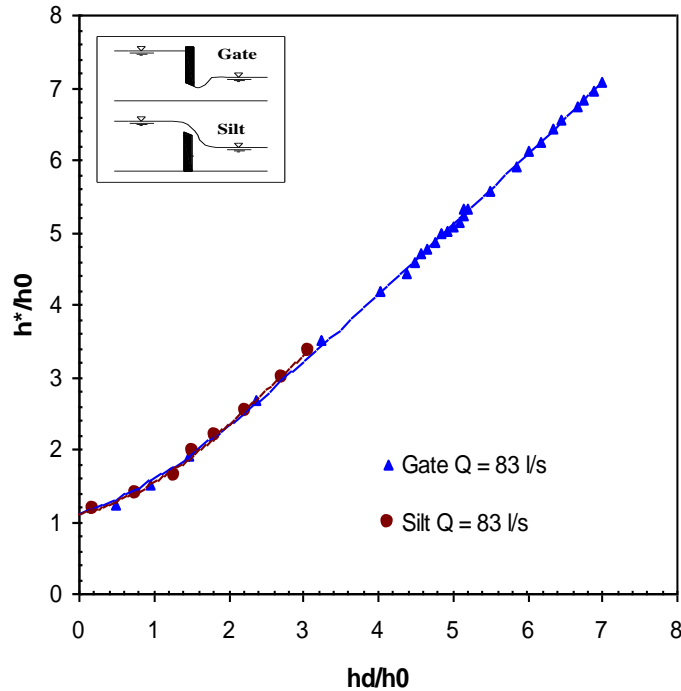


Figure 12. Courbes de la charge relative amont en fonction de la charge relative aval

### 3.2.4 EFFET DE LA CONTRACTION LATÉRALE

La vérification de l'effet de la contraction sur l'écoulement noyé a demandé des essais qui ont été réalisés sur deux modèles avec est sans contraction latérale, le premier type de disposition expérimental correspond à une largeur du canal d'amenée égale à la largeur du PK-Weir  $W=W_c$  et la seconde disposition correspond à une largeur du canal d'amenée égal à quatre fois la largeur du déversoir  $W_c=4W$ .

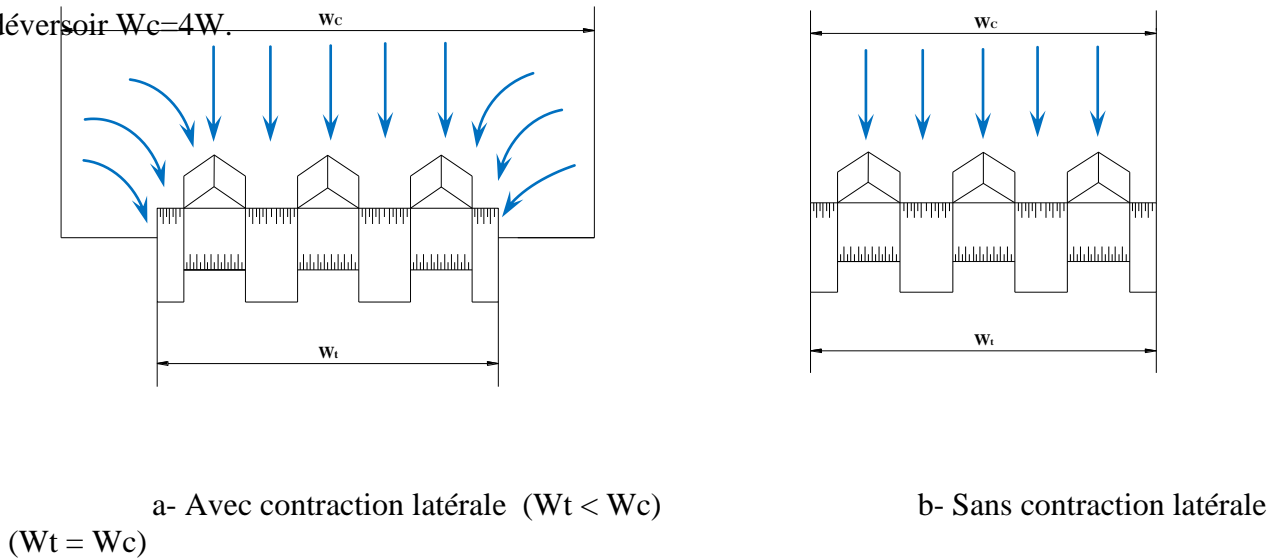


Figure 13. Modèles de déversoir avec et sans contraction latérale

L'expérimentation réalisée sur ces deux types de disposition (avec contraction et sans contraction latérale) a montré que l'évolution du niveau d'eau amont en fonction du niveau aval est indépendante de la contraction latérale du déversoir en PK-Weir pour les deux cas étudiés.

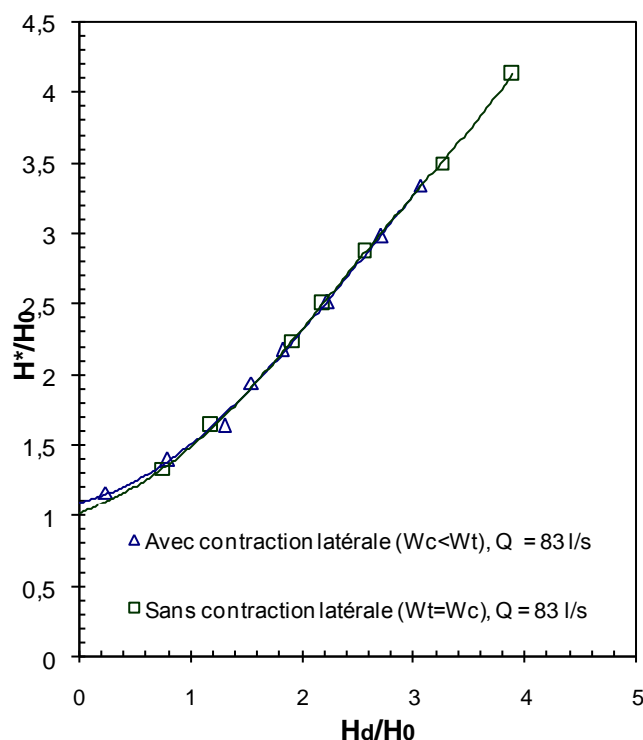


Figure 14. Courbes de la charge relative amont en fonction de la charge relative aval

Le graphique 14 montre clairement que pour les deux types de contraction et pour un débit donné l'évolution de la charge amont par rapport à la charge aval est la même, ceci se justifie par l'obtention d'une seule courbe pour les deux cas de la contraction latérale.

#### 4 CONCLUSION

Le test de type de déversoir PK-Weir A2m dans laboratoire à l'Université de Biskra permet d'étudier le fonctionnement de déversoir dans des conditions d'écoulement libre et les conditions d'écoulement noyé.

Les résultats des essais de modélisation physique avec modèle de déversoir ont montré que :

Dans des conditions d'écoulement libre

- Le PK-Weir peut être une solution plus efficace que le déversoir rectiligne.
- L'étude de la forme d'entrée au pied amont du déversoir a montrée que cette dernière n'influe que faiblement sur la performance du PK-Weir. Ainsi, de point de vue pratique il est donc recommandé d'utiliser une forme d'entrée vertical au pied amont du déversoir.

Dans des conditions d'écoulement noyé

- Les essais effectués sur le modèle de PK-Weir ont montré que les conditions aval peuvent influencer l'écoulement à l'amont du PK-Weir et par conséquent affecter la performance de ce type de déversoir. Cette influence a été démontrée qu'elle est caractérisée par une variation proportionnelle entre amont et l'aval et ne dépend pas de la forme du radier aval (encombrement aval). Il a été constaté aussi que la variation du niveau amont par rapport au niveau aval se fait d'une manière proportionnelle constante pour les différents débits, ainsi on peut dire que cette variation est indépendante du débit de transit. Les essais réalisés pour deux types d'obstacles à l'aval ont fait remarquer que pour un même débit de transit donné, les deux courbes qui représentent la charge relative amont en fonction de la charge relative aval pour les deux cas d'écoulement aval sont semblables et donnent la même proportionnalité entre la charge amont et celle de l'aval. L'expérimentation réalisée sur deux types de disposition (avec contraction latérale et sans contraction latérale) a montré que l'effet de noyade est indépendant de la contraction latérale du déversoir en PK-Weir.

## 5 REFERENCES

- Belaabed, F. and Ouamane, A. (2011), "Contribution to the study of the Piano Key Weirs submerged by the downstream level", Labyrinth and Piano Key Weirs- PKW 2011, London: CRC Press, pp. 89-95.
- Cicero, G.M. and Delisle, J.R. (2013), "Discharge characteristics of Piano Key weirs under submerged flow", Labyrinth and Piano Key Weirs II PKW 2013, London: CRC Press, pp. 101-108.
- Lopes, R., Matos, J. and Melo, J.F. (2009), "Discharge capacity for free flow and submerged labyrinth weirs", Proc. 33rd IAHR congress, Vancouver, Canada.
- Dabbling, M.R. and Tullis, B.P. (2012), "Piano Key Weir Submergence in Channel Applications", International Workshop on Piano Key Weir for In-Stream Storage and Dam Safety (PKWISD-2012), New Delhi, India.
- Tullis, B.P. (2006), "Predicting submergence effects for labyrinth weirs", International Symposium on Dams in the Societies of the XXI Century, Barcelona, Spain.
- Belaabed, F. and Ouamane, A. (2013), "Submerged Flow Regimes of Piano Key Weir", Labyrinth and Piano Key Weirs II PKW 2013, London: CRC Press, pp. 85-92.
- Ouamane, A. and Lempérière, F. (2010), "Study of various alternatives of shape of piano key weirs", HYDRO 2010 - Meeting Demands in a Changing World, Congress Centre, Lisbon, Portugal.
- Ho Ta Khanh, M. (2012), "Utilization of Piano Key Weirs for low barrages", Hydro 2012 Bilbao, Spain. <http://www.gwsp.org/85.html>. (2012), Global Water System Project.



**Union Euro Arab  
of Geomatics**



**2** **EDITION**  
**OF International Symposium for Water  
Management ; Desertification  
Agricultural Techniques &**

**Turkey /Istanbul**

**24- 26th October 2015**

**Web : [www.unioneag.org](http://www.unioneag.org)**



استعمال الهرمونات النباتية لمواجهة الملوحة عند استنبات الذرة الصفراء  
Using of plant hormones to face salinity at germination  
of Corn ( *Zea mays* )

ميلاد محمد الصل قسم النبات – كلية العلوم – جامعة مصراتة – ليبيا  
سارة علي لاغا قسم النبات – كلية العلوم – جامعة مصراتة – ليبيا

الملخص

Summary

أجريت الدراسة لمعرفة تأثير الهرمونات النباتية وخاصة هرموني الجبريلينيك  $GA_3$  والكينتين Kin. على استنبات الذرة الصفراء *Zea mays* تحت تراكيز مختلفة من الملوحة وهي : -3 ، -7 ، -10 ، -13 ، -15 بار . حيث تم استنبات حبوب الذرة الصفراء بعد نقعها في محلول من هرمون الجبريلينيك بتركيز 150 ppm وكذلك محلول هرمون الكينتين بتركيز 15 ppm لمدة 8 ساعات ، وتم الاستنبات في المحاليل الملحية المذكورة إلى جانب الشاهد (الاستنبات في الماء المقطر) .

أخذت القراءات لمدة عشرة أيام حيث تم تحديد النسبة المئوية للإنبات ومتوسط أطوال الرويشات والجذيرات والنسبة المئوية للمحتوى المائي وكذلك محتوى السكريات والبروتينات والأحماض الأمينية لبادرات الذرة كما تم قياس وحمض البرولين كمؤشر لتأثير الملوحة على استنبات حبوب الذرة وتبين من هذه الدراسة النتائج التالية :-  
نقص عالي المعنوية في نسبة الانبات عند التراكيز (-7 ، -10 ، -13 ، -15 بار) وعند النقع بهرمون الجبريلينيك  $GA_3$  كان النقص عالي المعنوية عند التراكيز (-10 ، -13 ، -15 بار) فقط ، وكذلك كانت النتيجة عند استعمال هرمون الكينتين Kin.

أما بالنسبة لأطوال الرويشات والجذيرات فقد سجلت نقصاً عالي المعنوية عند جميع التراكيز الملحية المدروسة وأظهر النقع بهرمون الجبريلينيك  $GA_3$  زيادة عالية المعنوية عند التركيز ( $GA_3+0$ ) ونقصاً عالي المعنوية عند جميع التراكيز الملحية ما عدا ( $GA_3+3-$ ) في حين كان النقص عالي المعنوية عند النقع بهرمون الكينتين Kin لجميع التراكيز الملحية المدروسة  
نتائج النسبة المئوية للمحتوى المائي لم يكن للهرمونات أي تأثير يذكر باستثناء ( $GA_3+0$ ) ، ( $GA_3+3-$ ) ، ( $Kin+0$ ) .

أوضحت النتائج الخاصة بمحتوى السكريات زيادة معنوية جداً عند النقع بهرمون الجبريلينيك  $GA_3$  عند التركيزين ( $GA_3+3-$  ،  $GA_3+10-$ ) . أما بالنسبة لمحتوى البروتينات فقد كان النقص عالي المعنوية عند التركيزين ( $GA_3+10-$  ،  $GA_3+7-$ ) ، أما الأحماض الأمينية فقد كانت الزيادة عالية المعنوية في جميع التراكيز ، ولم توضح النتائج أي فروق معنوية تذكر بالنسبة لحمض البرولين ، وعند استعمال هرمون Kin أظهرت النتائج نقصاً عالي المعنوية في محتوى البروتينات عند التراكيز ( $Kin+0$  ،  $Kin+13-$  ،  $Kin+15-$ ) . أما بالنسبة للأحماض الأمينية فقد أدى استعمال هرمون Kin إلى زيادة معنوية جداً عند جميع التراكيز المدروسة ، في حين أوضحت النتائج نقصاً معنوياً في محتوى حمض البرولين عند جميع التراكيز المدروسة .

Abstract

This study was done to know the effect of two plant hormones  $GA_3$  and Kin. on germination of *Zea mays* plant under different concentration of salinity solutions (-3 , -7, -10, -13, and -15 bar).

*Zea mays* seeds were soaked in  $GA_3$  and Kin. concentrated 150 and 15 ppm respectively for 8 hours before germinated in different solutions mentioned above, Also control seeds were germinated in distilled water .

After ten days of germination the following results were recorded :  
High significant decrease of germination percentage with using of  $GA_3$  and Kin. hormones at germination of high salinity levels of solution.

Radicle and plumule elongation increased by using of GA3 . while using of Kin. had no effect.

Results of water content percentage there is no effect of GA3 and Kin. hormones except at concentrations of (GA3+0 , GA3+3- and Kin+0).

Results of sugars content were increased highly significant when seeds were soaked in GA3 hormone specially at concentrations of (GA3+7- and GA3+10-) while highly significant decrease in proteins content at same concentrations.

The content of amino acids were highly significant increased in case of all concentrations of salinity levels by using of GA3 hormone.

High significant decrease in content of proteins at concentrations of (Kin+15- , Kin+13- and Kin+0) ,while significantly increase in content of amino acids. and results were clearly decreasing of proline acid in case of all studied concentrations.

## المقدمة

### Introduction

تعتبر ملوحة التربة العامل الرئيسي المحدد للمردود الإنتاجي في المناطق الجافة وشبه الجافة على اعتبار أنها مسؤولة بنسبة 50% عن ضعف الإنتاج في منطقة البحر المتوسط ( Grignac , 1981 ) .

تقع جميع الأراضي الزراعية في ليبيا ضمن حدود المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتميز بقلّة أمطارها وارتفاع درجة الحرارة على مدار العام ماعدا أشهر الشتاء التي تنخفض فيها درجة الحرارة وقد تهطل كمية من الأمطار لا تكفي لسد الحاجة للمياه المطلوبة للزراعة وبقية الأنشطة البشرية الأخرى . حيث أن 78% من الأراضي القابلة للزراعة تقع ضمن مفهوم الزراعة الجافة أو البعلية اعتماداً على الأمطار الطبيعية و 22% يمثل مفهوم الزراعة المروية اعتماداً على الري الدائم بالغمر أو بالرش أو بالتنقيط ( الصغير وقاسم ، 1983 ) .

أوضحت الأبحاث والدراسات بأن الجهد المائي لمحلول التربة في المناطق الرطبة القريبة من البحر (الشريط الساحلي) قد يصل من 17- إلى 20- بار . ويحدث هذا عندما تكون التربة قريبة من سعتها الحقلية وخاصة في فصل النمو . أما في المناطق الداخلية في وسط ليبيا وجنوبها وفي أي مكان نستخدم فيه المياه الجوفية للري فهي معرضة أيضاً لمشاكل الملوحة وخصوصاً عندما يكون البخر عالياً تحت تأثير الحرارة الشديدة في هذه المناطق وتراكم الأملاح الذائبة في المياه الجوفية على سطح التربة.

تحت الظروف السابق ذكرها تصبح التربة السطحية أكثر ملوحة من التربة التحتية بسبب البخر وتساعد المياه الجوفية بالخاصية الشعرية إلى السطح . وهذه الطبقة السطحية هي التي تحضن البذور ويتم فيها عملية الإنبات والنمو .

نظراً لما يشكله ارتفاع الملوحة أو نقص الجهد الأسموزي من خطر على إنبات الحبوب ونموها . فقد توجه الباحثون في السنوات الأخيرة نحو تحسين نوعية المحاصيل الزراعية لكثير من النباتات لغرض زيادة الإنتاج . وذلك بعدة طرق من بينها معاملة البذور بالهرمونات النباتية الصناعية ( منظمات النمو ) قبل زراعتها . ولقد تحصل الباحثون على نتائج طيبة في هذا المجال حيث استخدم كل من ( El-Sharkawi & Sprinhle , 1979 ) هرمون أندول حامض الخليك IAA . كما استخدم هرمون حامض الجبريلليك GA3 كل من ( Stoy & Sundin , 1976 ) وكذلك ( Ekram & Moussa , 1981 ) . كما استخدم هرمون الكينتين Kin بواسطة العالمين ( Haber & Tolbert , 1957 ) وكذلك قام ( Salama et al., 2000 ; اقلوص ، 2001 ; الصل واقلوص ، 2002 ; الصل والمصرية ، 2005 ) باستخدام هرموني الجبريلليك والكينتين في مقاومة ضرر الملوحة على إنبات أصناف مختلفة من المحاصيل . ولقد دلت هذه البحوث وغيرها على أن المعاملة بالهرمونات النباتية ترفع نسبة الإنبات وتحسن من صفات المحصول وتزيد من إنتاجيته .

ولقد تم اختيار نبات الذرة الصفراء Zea mays من الفصيلة النجيلية Poaceae لهذه الدراسة وذلك لاعتماد الكثير من سكان العالم على هذا المحصول إما كغذاء مباشر أو كعلف للحيوانات أو في بعض الصناعات المختلفة الأخرى . حيث يعد من المحاصيل الحقلية الهامة فالذرة الصفراء تأتي في المرتبة الثانية بعد القمح من حيث الأهمية الاقتصادية وفي المرتبة الثالثة من حيث المساحة الإجمالية العالمية المزروعة بعد القمح والأرز ( شلقم وشويلية ، 2001 ) .

### المواد وطرق البحث

## Materials and Methods

خضعت لهذه الدراسة حبوب نبات الذرة الصفراء *Zea mays* صنف محلي من العائلة النجيلية *Poaceae*. في بداية التجربة أجريت عدة اختبارات لمعرفة مدى حيوية حبوب الذرة الصفراء وتحديد نسبة الإنبات، ولقد تم الحصول على نسبة عالية للإنبات 98%، بعدها تم تجهيز المحاليل الملحية بتركيزها المختلفة وكذلك المحاليل الهرمونية لكل من حمضي الجبريلليك ( $GA_3$ )، والكينتين ( $Kin.$ ) على النحو التالي:

### أولاً: المحاليل الملحية المستعملة في الدراسة:

حضرت المحاليل الملحية طبقاً لما وصفه الباحثان (Lagerwerff & Eagle, 1961) حيث أستخدم خليط من كلوريد الكالسيوم وكلوريد الصوديوم في تحضير هذه المحاليل عند نسبة إدمصاص صوديومي ( $SAR$ ) ثابتة وهي 12.5% لكي تبطل سمية تأثير أيون الصوديوم وتكون الجهود الأسموزية للمحاليل أكثر دقة.

حضرت لهذه الدراسة خمسة محاليل ذات جهود أسموزية ( $\Psi_s$ ) مختلفة وهي: -3، -7، -10، -13، -15 بار زيادة عن الشاهد.

### ثانياً: المحاليل الهرمونية المستعملة في الدراسة:

أختير لهذه الدراسة نوعان من منظمات النمو هما: حمض الجبريلليك ( $GA_3$ ) والكينتين ( $Kin.$ ) وقد دلت التجارب الأولية كما أشارت بعض البحوث السابقة على أن أفضل تركيز لهرمون الجبريلليك (150 ppm) والكينتين هو (15 ppm) وذلك بعد الاطلاع على الكثير من البحوث فيما يتعلق بهذا الجانب وخصوصاً المحاصيل النجيلية.

نقعت حبوب الذرة الصفراء المعقمة في المحاليل الهرمونية كل محلول على حده لمدة 8 ساعات ثم وضعت فوق ورقة ترشيش نظيفة وتركت لتجف هوائياً لمدة 48 ساعة وأجريت الخطوات نفسها على حبوب أخرى نقعت في ماء مقطر فقط لتكون شاهداً للمقارنة مع تلك المعاملة بالمحاليل الهرمونية.

### ثالثاً: تجهيز الحبوب للدراسة:

جهزت حبوب الذرة الصفراء الخاضعة لإجراء التجارب طبقاً لما وصفه الباحثان (Salama & Ahmed, 1987) فقد غسلت الحبوب جيداً بالماء وغمرت في محلول فوق أكسيد الهيدروجين تركيز 20% لمدة 20 دقيقة لتعقيم سطحها ولمنع نمو الفطريات والبكتيريا أثناء مدة الإنبات، بعد التعقيم غسلت الحبوب جيداً بالماء المقطر المعقم عدة مرات وأخذ جزء منها للإنبات مباشرة في الأطباق بدون معاملة (للمقارنة) في حين عومل الباقي بالهرمونات كما ذكر في الخطوة السابقة.

استخدمت أطباق بتري (قطر 9 سم) تحتوي على ورقتي ترشيش معقمة لإجراء تجارب الإنبات بحيث يحتوي كل طبق على 10 حبات ذرة الصفراء وقد روعي أن تظل ورقة الترشيش (التي تمثل الوسط الذي تنمو فيه الحبوب) دائماً مبللة خلال مدة التجربة.

دلت التجارب الأولية على أن 10 مل من الماء المقطر أو المحاليل الملحية أو المحاليل الملحية الهرمونية كافية لحفظ ورق الترشيش مبلل طول مدة التجربة حيث أن عمق المحلول أو الماء لا يزيد عن واحد ملليمتر لضمان تهوية كافية للحبوب أثناء الإنبات وبهذا لا يتعرض الجنين للاختناق ولا الجفاف. وقد مُثلت كل معاملة بأربعة أطباق (مكررات). أعيدت التجارب كلها أكثر من مرة للتأكد من صحة النتائج. الحبوب المستنبته في الماء المقطر استخدمت للمقارنة بالحبوب التي نقعت بالهرمونات ورويت بالمحاليل الملحية.

دلت التجارب الأولية على أن مدة عشرة أيام كافية جداً لتغطية أي تأخير في الإنبات راجع لتأثير الملوحة خصوصاً المعاملات ذات الجهد الأسموزي المرتفع أجريت التجارب في درجة حرارة الغرفة ( $25 \pm 2^\circ C$ ) طول مدة التجربة. طبقاً لما ذكره (Bernstein & Hayward, 1958) أن بروز الجذير أو الرويشة دليل كاف على حدوث الإنبات، وقد تم عد البذور المستنبته يومياً بدءاً من اليوم الأول (بعد 24 ساعة من بداية التجربة) وحتى نهاية اليوم العاشر حسب النسبة المئوية لإنبات الحبوب يومياً تحت المعاملات المختلفة.

بعد عشرة أيام تم قياس أطوال الجذير والرويشة لكل البادرات في كل طبق ثم حسبت متوسطات أطوال الجذيرات والرويشات في كل طبق. غُسلت البادرات في الأطباق الأربعة (كل طبق على حده) بالماء المقطر وجففت بورق الترشيش بسرعة وبخفة وتم تعيين الوزن الرطب للبادرات في كل طبق ثم استخلصت البادرات في 10 مل من الماء المقطر المتلج وذلك بتقطيعها قطعاً صغيرة وطحنها في مصحان (مهراس) لاستخلاصها ثم نقل الخليط إلى جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة عند 4000 دورة في الدقيقة وأخذ المحلول الرائق الذي يمثل المستخلص وحفظ في المبرد لحين إجراء التحاليل وضعت أربعة أطباق أخرى في التجربة نفسها (تحت نفس الظروف) لتعيين نسبة المحتوى المائي للبادرات وتركيز حمض البرولين في المعاملات المختلفة. غسلت محتويات كل طبق على حده بالماء المقطر ثم جففت بخفة وبسرعة

باستعمال ورق الترشيح ثم عُين الوزن الرطب للبادرات . وبعدها نقلت إلى أكياس مثقبة من الورق للتخلص من الرطوبة ووضعت في الفرن عند درجة 80° م لمدة 48 ساعة لتجفيفها والحصول على الوزن الجاف وذلك لتعيين نسبة المحتوى المائي للبادرات ثم طحنها والحصول على مسحوق البادرات لغرض التحليل وتقدير كمية حمض البرولين .  
**رابعاً : تحديد تراكيز المواد الأيضية الهامة ذات التأثير الأسموزي :**

قدرت تراكيز بعض المواد الأيضية ذات التأثير الأسموزي في مستخلص البادرات وقد شملت التحاليل تحديد كمية السكريات الذائبة ، وتحديد كمية البروتينات الذائبة والأحماض الأمينية الحرة الكلية وتحديد تركيز حمض البرولين في كل معاملة . وقدرت تراكيز السكريات الذائبة والبروتينات والأحماض الأمينية بالملليجرام لكل جرام وزن رطب أما حمض البرولين فقد قدر تركيزه بالملليجرام لكل جرام وزن جاف ، وتم تقدير تراكيز المواد المذكورة على النحو التالي :

**أ- تقدير كمية السكريات الذائبة :**

قدرت السكريات الذائبة في مستخلص البادرات بالطريقة التي وصفها ( Dubois et al., 1956 ) .  
**ب- تقدير كمية البروتينات الذائبة :**

قدرت كمية البروتينات في المستخلص النباتي بطريقة كاشف فولين Folin indicator كما وصفها ( Lawry ) et al., 1951 .

**ج- تقدير كمية الأحماض الأمينية الحرة الكلية :**

قدرت كمية الأحماض الأمينية الحرة الكلية بطريقة النايدهيدرين التي وصفها ( Lee & Takahashi , 1966 ) .

**1. تقدير تركيز حمض البرولين :**

قدر تركيز حمض البرولين في مسحوق البادرات بطريقة محلول النايدهيدرين الحامضي طبقاً لما وصفه ( Bates et al., 1973 ) .  
**خامساً : التحليل الإحصائي :**

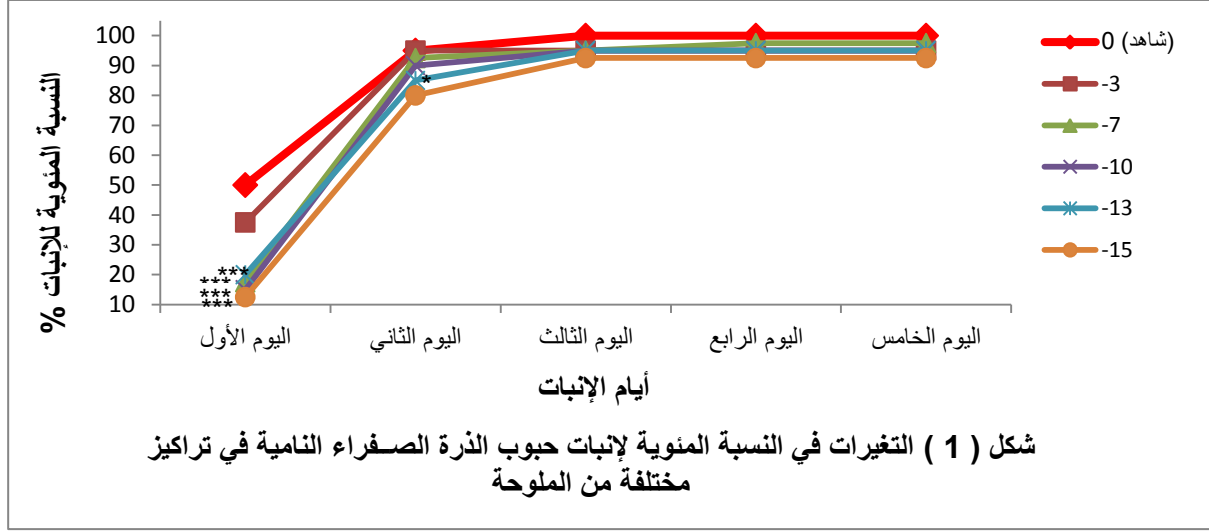
الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير الهرمونات النباتية ( الجبريلليك GA3 و الكينتين Kin ) على استنبات الذرة الصفراء Zea mays فقد عينت معنوية تأثير كل عامل على حدة باستخدام طريقة تحليل التباين ANOVA .

## النتائج

### Experimental Results

**أولاً : النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء :**

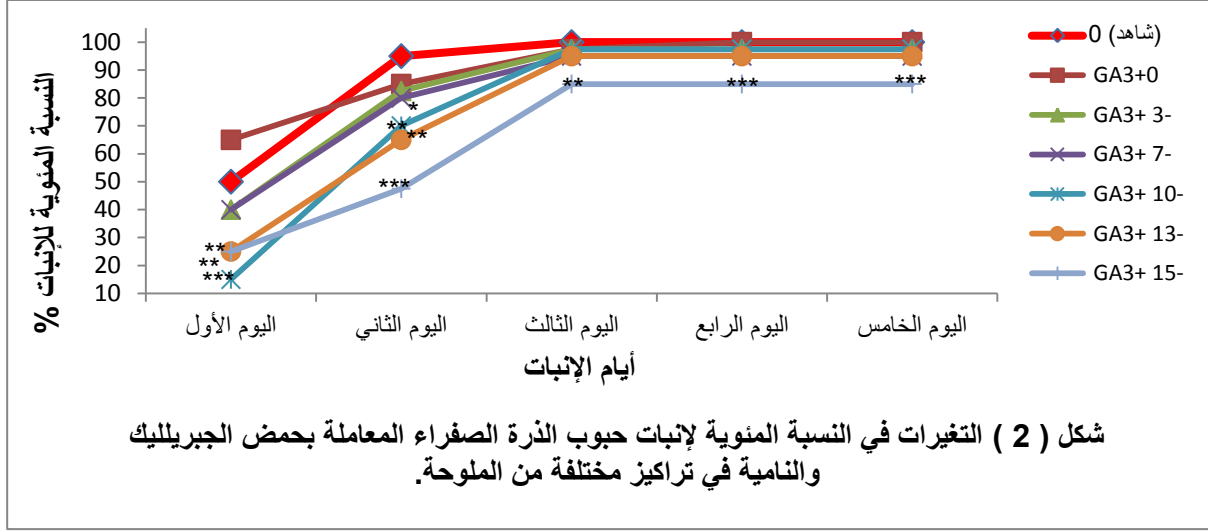
يبين شكل ( 1 ) التغيرات في النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء ( بدون معاملة هرمونية ) النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. تشير نتائج النسبة المئوية للإنبات في اليوم الأول المبينة في الشكل ( 1 ) إلى وجود نقص عالي المعنوية عند التراكيز ( 7- ، 10- ، 13- ، 15- بار ) مقارنة بالشاهد ، بينما في اليوم الثاني أظهرت نتائج النسبة المئوية للإنبات نقصاً معنوياً فقط عند تركيز ( 15- بار ) ولم تُظهر باقي التراكيز أي فروق معنوية مقارنة بالشاهد ، أما في اليومين الثالث والرابع فلم تُظهر نتائج النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء أي فروق معنوية مقارنة بالشاهد ، وفي الأيام من الخامس إلى العاشر فقد توقف الإنبات بشكل تام .



جدول ( 1 ) : تحليل التباين للتغيرات في النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة لمدة 10 أيام.

تحليل التباين	اليوم الأول	اليوم الثاني	اليوم الثالث	اليوم الرابع	اليوم الخامس	اليوم السادس	اليوم السابع	اليوم الثامن	اليوم التاسع	اليوم العاشر
قيمة F	8.361	1.887	0.405	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457	0.457
قيمة P	0.000	0.147	0.839	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803	0.803

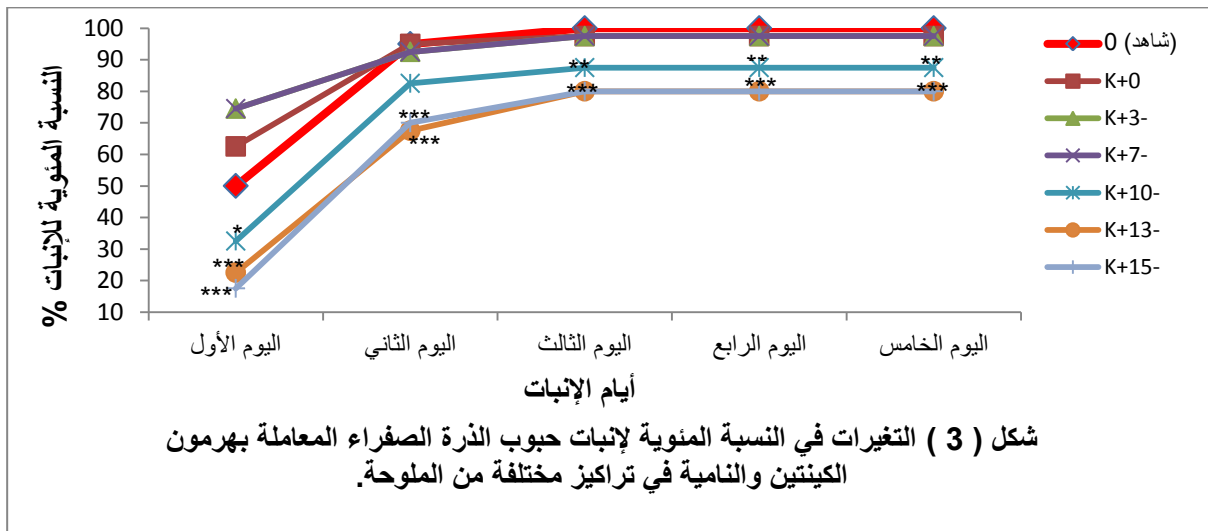
يبين شكل ( 2 ) التغيرات في النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء المعاملة بحمض الجبريلليك GA3 (نقياً) والنامية في تركيز مختلفة من الملوحة. أظهرت نتائج النسبة المئوية للإنبات في اليوم الأول والمبينة في شكل ( 2 ) نقصاً عالي المعنوية عند تركيز ( GA3+10- ) ونقصاً معنوياً جداً عند التركيزين ( GA3+13- , GA3+15- ) مقارنة بالشاهد ، بينما في اليوم الثاني فقد أظهرت النسبة المئوية للإنبات نقصاً معنوياً فقط عند تركيز ( GA3+7- ) ونقصاً معنوياً جداً عند التركيزين ( GA3+13- , GA3+10- ) ونقصاً عالي المعنوية عند تركيز ( GA3+15- ) مقارنة بالشاهد ، أما في اليوم الثالث فلم تُظهر النتائج أي فروق معنوية باستثناء التركيز ( GA3+15- ) الذي أظهر نقصاً معنوياً جداً مقارنة بالشاهد ، كذلك اليوم الرابع لم تُظهر النتائج أي فروق معنوية باستثناء التركيز ( GA3+15- ) الذي أظهر عالي المعنوية جداً مقارنة بالشاهد ، أما في الأيام الخامس إلى العاشر فقد توقف الإنبات بشكل تام .



جدول ( 2 ) : تحليل التباين للتغيرات في النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء المعاملة بحمض الجبريلليك والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة لمدة 10 أيام.

تحليل التباين	اليوم الأول	اليوم الثاني	اليوم الثالث	اليوم الرابع	اليوم الخامس	اليوم السادس	اليوم السابع	اليوم الثامن	اليوم التاسع	اليوم العاشر
قيمة F	10.167	9.988	2.759	3.423	3.423	3.423	3.423	3.423	3.423	3.423
قيمة P	0.000	0.000	0.039	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016

يبين شكل ( 3 ) التغيرات في النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء المعاملة بهرمون الكينتين Kin. (نقياً) والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. أظهرت نتائج النسبة المئوية للإنبات في اليوم الأول المبينة في شكل ( 3 ) نقصاً معنوياً فقط عند تركيز ( Kin+10- ) ونقصاً عالي المعنوية عند التركيزين ( Kin+13- ، Kin+15- ) مقارنة بالشاهد ، بينما في اليوم الثاني أظهرت نتائج النسبة المئوية للإنبات نقصاً عالي المعنوية عند التركيزين ( Kin+13- ، Kin+15- ) مقارنة بالشاهد ، أما في اليوم الثالث أظهرت نتائج النسبة المئوية للإنبات نقصاً معنوياً جداً عند تركيز ( Kin+10- ) ونقصاً عالي المعنوية عند التركيزين ( Kin+13- ، Kin+15- ) مقارنة بالشاهد ، بينما في الأيام الرابع إلى العاشر فقد توقف الإنبات بشكل كامل.

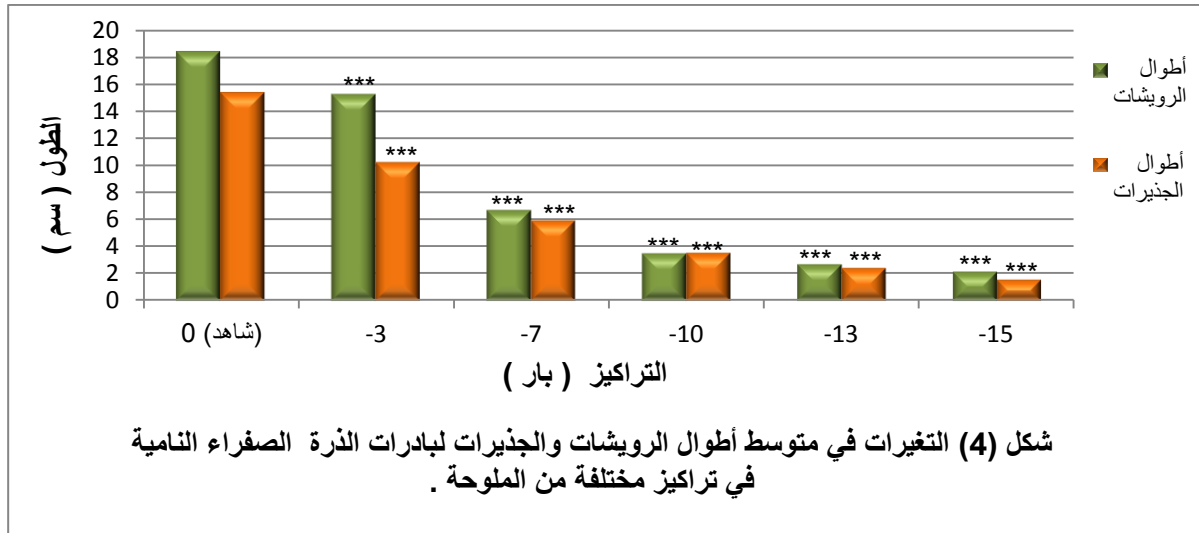




جدول ( 3 ) : تحليل التباين للتغيرات في النسبة المئوية لإنبات حبوب الذرة الصفراء المعاملة بهرمون الكينتين والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة لمدة 10 أيام.

تحليل التباين	اليوم الأول	اليوم الثاني	اليوم الثالث	اليوم الرابع	اليوم الخامس	اليوم السادس	اليوم السابع	اليوم الثامن	اليوم التاسع	اليوم العاشر
قيمة F	10.841	6.263	9.214	9.214	9.214	9.214	9.214	9.214	9.214	9.214
قيمة P	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ثانياً : متوسط أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء :  
يبين شكل ( 4 ) التغيرات في متوسط أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء ( بدون معاملة هرمونية ) النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. سجلت نتائج متوسط أطوال الرويشات والجذيرات نقصاً عالي المعنوية في جميع التراكيز الملحية مقارنة بالشاهد.

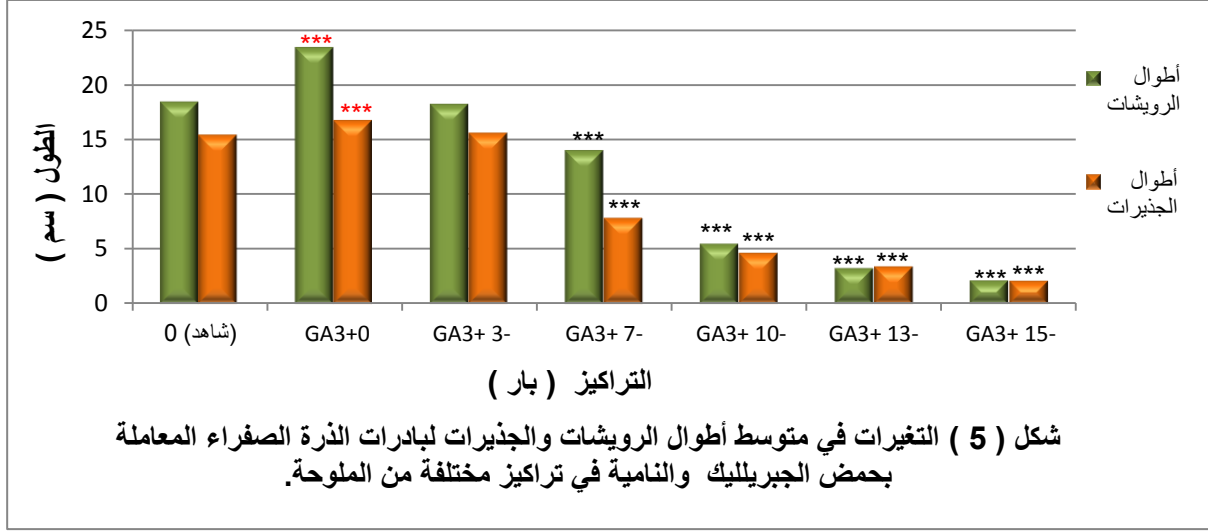


شكل (4) التغيرات في متوسط أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة .

جدول ( 4 ) تحليل التباين للتغيرات في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

أطوال الجذيرات	أطوال الرويشات	تحليل التباين
1334.49	3183.69	قيمة F
0.000	0.000	قيمة P

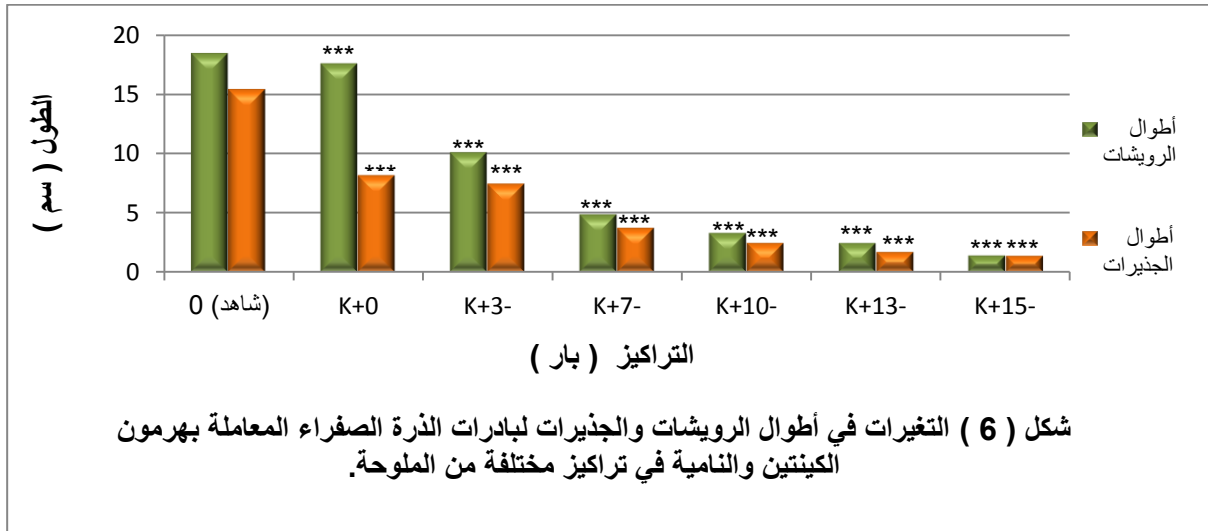
يبين شكل ( 5 ) التغيرات في متوسط أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء المعاملة بحمض الجبريلليك (نقياً) والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. أظهرت نتائج متوسط أطوال الرويشات والجذيرات زيادة عالية المعنوية عند تركيز ( GA<sub>3</sub>+0 ) ونقصاً عالي المعنوية في التراكيز ( GA<sub>3</sub>+7- , GA<sub>3</sub>+13- , GA<sub>3</sub>+10- , GA<sub>3</sub>+15- ) في حين لم يسجل التركيز ( GA<sub>3</sub>+3- ) أي فرق معنوي مقارنة بالشاهد.



جدول (5) : تحليل التباين للتغيرات في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الشعير المعاملة بحمض الجبريليك والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

أطول الجذيرات	أطول الرويشات	تحليل التباين
2825.12	1262.27	قيمة F
0.000	0.000	قيمة P

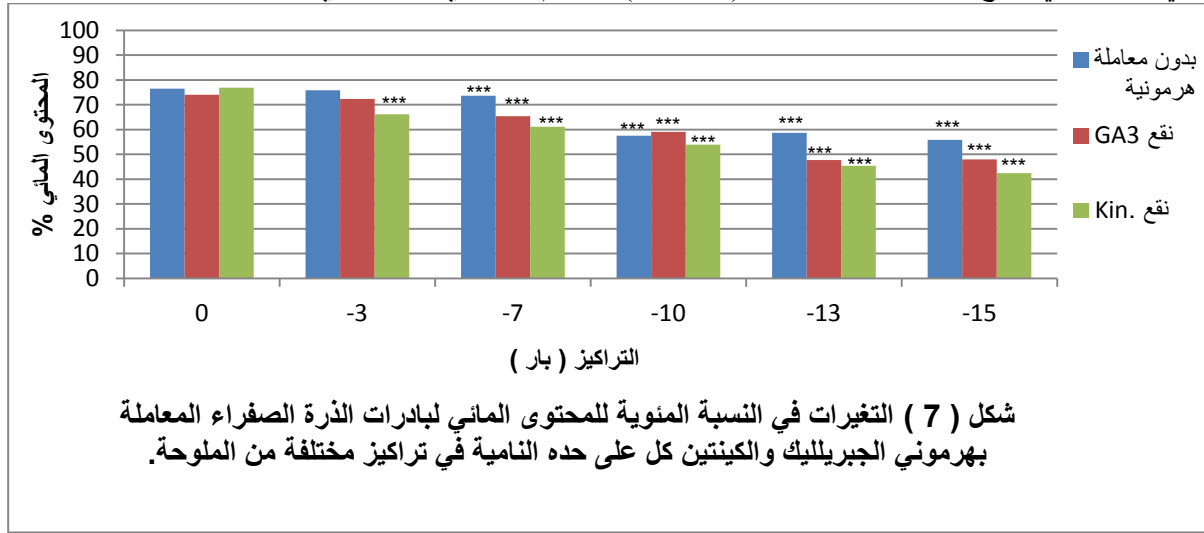
يبين شكل (6) التغيرات في متوسط أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء المعاملة بهرمون الكينتين (نقياً) والنامية في تركيز مختلفة من الملوحة. أظهرت النتائج نقصاً عالي المعنوية في أطوال الرويشات والجذيرات لجميع التراكيز مقارنة بالشاهد.



جدول (6) : تحليل التباين للتغيرات في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الشعير المعاملة بهرمون الكينتين والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

أطوال الجذيرات	أطوال الرويشات	تحليل التباين
429.940	3424.94	قيمة F
0.000	0.000	قيمة P

ثالثاً : النسبة المئوية للمحتوى المائي لبادرات الذرة الصفراء :  
يبين شكل ( 7 ) التغيرات في النسبة المئوية للمحتوى المائي لبادرات الذرة الصفراء المعاملة بهرموني الجبريليك والكينتين كل على حده والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. أظهرت نتائج النسبة المئوية للمحتوى المائي كما بالشكل نقصاً عالي المعنوية عند التراكيز ( -10 ، -13 ، -15 بار ) في حين لم تظهر أي فروق معنوية عند التراكيز ( -3 ، -7 بار ) مقارنة بالشاهد . وعند معاملة الحبوب بهرمون الجبريليك أظهرت النتائج نقصاً عالي المعنوية في جميع التراكيز باستثناء التراكيز (  $GA_3+0$  ،  $GA_3+3-$  ) مقارنة بالشاهد . أما عند معاملتها بهرمون الكينتين أظهرت النتائج نقصاً عالي المعنوية في جميع التراكيز ماعدا التراكيز (  $Kin+0$  ) حيث لم يظهر أي فرق معنوي مقارنة بالشاهد .

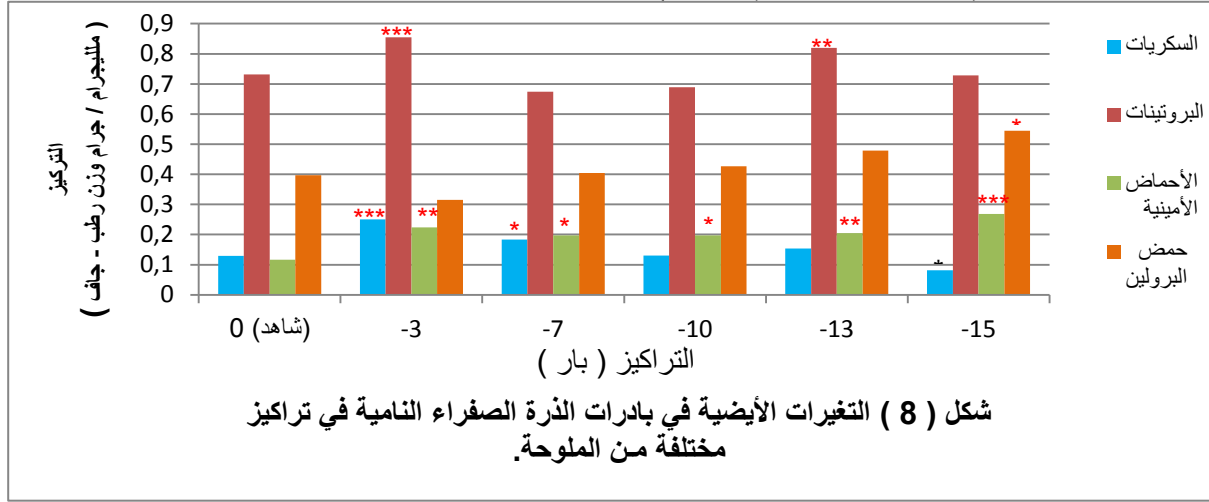


جدول ( 7 ) : تحليل التباين للتغيرات في النسبة المئوية للمحتوى المائي لبادرات الذرة الصفراء النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

تحليل التباين	قيمة F	قيمة P
بدون معاملة هرمونية	38.53	0.000
نقع $GA_3$	42.27	0.000
نقع Kin.	119.29	0.000

رابعاً : التغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء :  
يبين شكل ( 8 ) التغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء ( بدون معاملة هرمونية ) النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. أظهرت نتائج محتوى السكريات في بادرات الذرة الصفراء كما في شكل (8) زيادة عالية المعنوية عند تركيز ( -3 بار ) وزيادة معنوية فقط عند تركيز ( -7 بار ) بينما أظهر التركيز ( -15 بار ) نقصاً معنوياً فقط مقارنة بالشاهد ، وأظهرت نتائج محتوى البروتينات في البادرات زيادة عالية المعنوية عند تركيز ( -3 بار ) وزيادة معنوية جداً عند تركيز ( -13 بار ) مقارنة بالشاهد ، في حين أظهرت نتائج محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية في البادرات زيادة معنوية جداً عند التراكيز ( -3 ، -13 بار ) وزيادة معنوية فقط عند التراكيز ( -7 ، -10 بار ) بينما أظهر التركيز ( -15 بار ) زيادة عالية المعنوية مقارنة بالشاهد ، أما نتائج تركيز حمض البيروولين في بادرات الذرة الصفراء لم تُظهر أي فروق معنوية

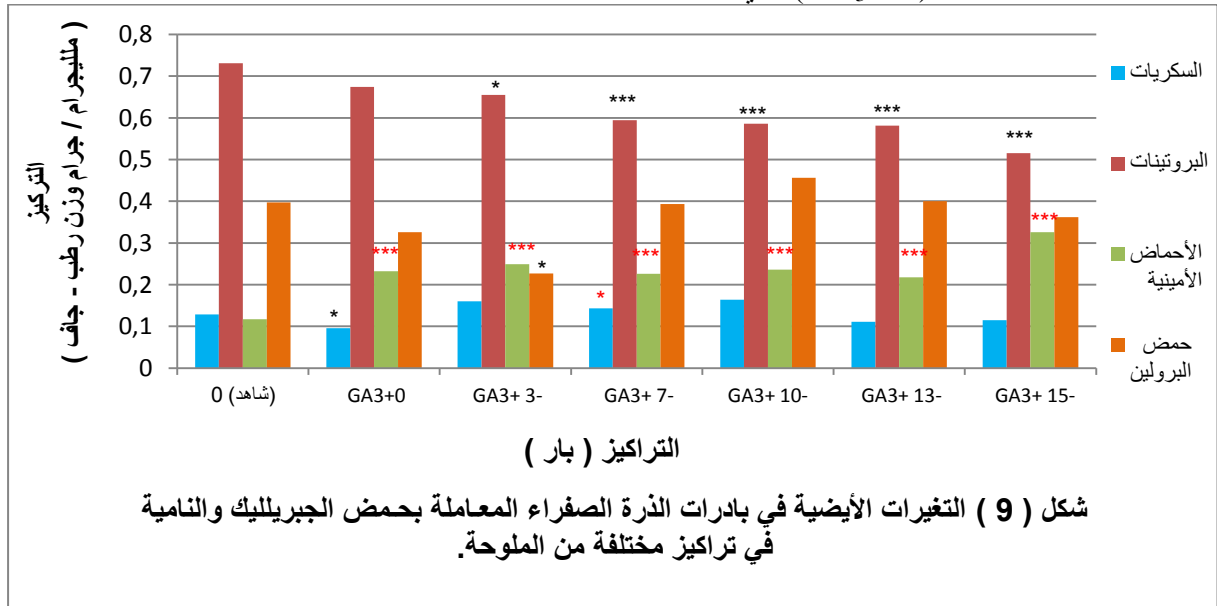
باستثناء تركيز ( -15 بار ) الذي أظهر زيادة عالية المعنوية مقارنة بالشاهد.



جدول ( 8 ) تحليل التباين للتغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء النامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

تحليل التباين	السكريات	البروتينات	الأحماض الأمينية	حمض البرولين
قيمة F	16.64	13.01	5.22	3.45
قيمة P	0.000	0.000	0.009	0.037

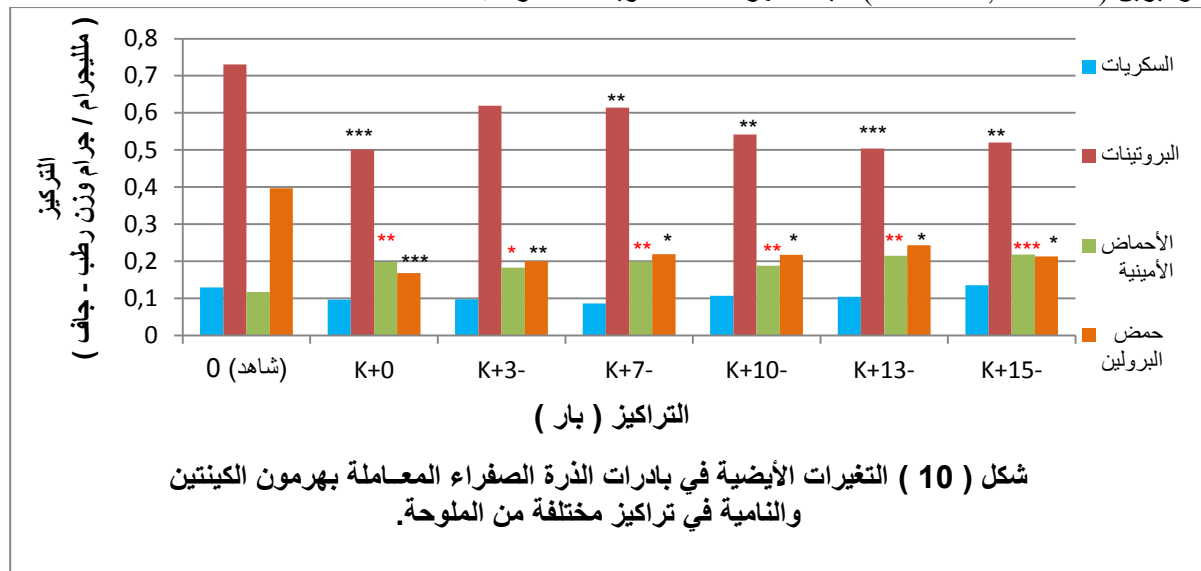
يبين شكل ( 9 ) التغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء المعاملة بحمض الجبريليك ( نغماً ) والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. أظهرت نتائج محتوى السكريات في بادرات الذرة الصفراء كما في شكل ( 9 ) نقصاً معنوياً فقط عند تركيز (  $GA_3+0$  ) وزيادة معنوية جداً عند التركيزين (  $GA_3+3-$  ,  $GA_3+10-$  ) مقارنة بالشاهد ، وأظهرت نتائج محتوى البروتينات في بادرات الذرة الصفراء نقصاً معنوياً فقط عند تركيز (  $GA_3+3-$  ) ونقصاً عالي المعنوية عند التراكيز (  $GA_3+7-$  ,  $GA_3+10-$  ) مقارنة بالشاهد ، وأظهرت نتائج محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية في البادرات زيادة عالية المعنوية في جميع التراكيز مقارنة بالشاهد ، أما في تركيز حمض البرولين فلم تُظهر النتائج أي فروق معنوية باستثناء تركيز (  $GA_3+3-$  ) الذي أظهر نقصاً معنوياً فقط مقارنة بالشاهد.



جدول ( 9 ) : تحليل التباين للتغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء المعاملة بحمض الجبريلليك والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

تحليل التباين	السكريات	البروتينات	الأحماض الأمينية	حمض البرولين
قيمة F	8.16	11.57	11.45	2.79
قيمة P	0.001	0.000	0.000	0.054

يبين شكل ( 10 ) التغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء المعاملة بهرمون الكينتين (نقياً) والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة. لم تُظهر نتائج محتوى السكريات في بادرات الذرة الصفراء كما في شكل ( 10 ) أي فرق معنوي في جميع التراكيز مقارنة بالشاهد ، وأظهرت نتائج محتوى البروتينات في بادرات الذرة الصفراء نقصاً عالي المعنوية عند التراكيز ( Kin+0 ، Kin+13- ، Kin+15- ) ونقصاً معنوياً جداً عند التراكيز ( Kin+7- ، Kin+10- ) مقارنة بالشاهد ، وأظهرت نتائج محتوى الأحماض الأمينية الحرة الكلية في البادرات زيادة معنوية جداً عند التراكيز ( Kin+0 ، Kin+7- ، Kin+10- ، Kin+13- ) ، أما التراكيز ( Kin+3- ، Kin+15- ) فقد أظهرت زيادة معنوية فقط وعالية المعنوية على التوالي مقارنة بالشاهد ، وأظهرت نتائج تركيز حمض البرولين نقصاً معنوياً فقط في جميع التراكيز باستثناء التراكيز ( Kin+0- ، Kin+3- ) حيث أظهرت نقصاً معنوياً جداً مقارنة بالشاهد.



جدول ( 10 ) : تحليل التباين للتغيرات الأيضية في بادرات الذرة الصفراء المعاملة بهرمون الكينتين والنامية في تراكيز مختلفة من الملوحة.

تحليل التباين	السكريات	البروتينات	الأحماض الأمينية	حمض البرولين
قيمة F	0.94	4.87	3.55	2.47
قيمة P	0.496	0.007	0.024	0.076

### المناقشة

### Discussion

النتائج المتحصلة عليها في هذا البحث توضح أثر الهرمونات النباتية المدروسة ( الجبريلليك والكينتين ، Kin. ، GA<sub>3</sub> ) في مقاومة ضرر الملوحة على إنبات حبوب والذرة الصفراء *Zea mays* ، واتضح هذا التأثير من خلال النتائج المتحصلة عليها لبعض مقاييس النمو وبعض التغيرات الأيضية الناتجة عن التراكيز المختلفة للمحاليل الملحية . أوضحت نتائج هذا البحث أن هناك دوراً واضحاً لتأثير الإجهاد المائي على إنبات حبوب الذرة الصفراء في أنه كلما زاد الإجهاد المائي كلما قلت النسبة المئوية للإنبات حبوب الذرة الصفراء حيث كان تأثير الإجهاد المائي على حبوب الذرة

الصفراء عالي المعنوية في اليوم الأول وغير معنوي في بقية أيام الإنبات مقارنة بالشاهد ( جدول 1 ) . فمن المعلوم أن الإجهاد المائي يقلل من قدرة الحبوب على الإنبات نتيجة لعرقلة امتصاص الماء وكذلك تثبيط نشاط العديد من الإنزيمات ( Radi et al., 1988 ) .

المعاملة بهرمون الجبريلليك ( نقعاً ) زادت من النسبة المئوية لإنبات الذرة الصفراء زيادة غير معنوية عند التركيز ( GA<sub>3</sub>+0 ) فكلما زادت الملوحة أدى ذلك إلى نقص تراوح بين المعنوي جداً وعالي المعنوية في النسبة المئوية للإنبات حيث كان تأثير الإجهاد المائي على حبوب الذرة الصفراء عالي المعنوية في اليومين الأول والثاني ومعنوي فقط في بقية أيام الإنبات المدروسة مقارنة بالشاهد (جدول2) .

أثبتت النتائج أن هرمون الجبريلليك له القدرة على تشجيع وسرعة إنبات حبوب النجيليات ( أبوزيد ، 1990 ) كما توصل العالم ( Kabar , 1990 ) إلى نفس النتيجة حيث أوضح أن نفع حبوب القمح في هرمون الجبريلليك قبل زراعتها وتعرضها للظروف الملحية قد زاد من نسبة الإنبات وتتفق هذه النتيجة مع نتائج ( الصل والمصراية ، 2005 ) على نبات القمح صنف 105 ، 208 .

معاملة حبوب الذرة الصفراء بهرمون الكينتين ( نقعاً ) أدت إلى زيادة غير معنوية في التراكيز المنخفضة أما في التراكيز العالية فقد ساد عامل الملوحة مما أدى إلى خفض النسبة المئوية للإنبات اختلف هذا النقص من معنوي فقط ومعنوي جداً إلى عالي المعنوية على مدى فترة الإنبات المدروسة حيث كان تأثير الإجهاد المائي على إنبات حبوب الذرة الصفراء فقد كان عالي المعنوية في جميع أيام الإنبات المدروسة مقارنة بالشاهد ( جدول 3 ) . وهذا يتفق مع ( Nayyar & Malik , 1993 ) عند استخدام بذور نبات البازلاء ، ( Golakiya , 1992 ) مع بذور الفول السوداني . وذلك نتيجة لتغلب هرمون الكينتين على عامل الملوحة المنخفضة ، أما في حالة الملوحة العالية فقد ساد عامل الملوحة مما أدى إلى نقص في النسبة المئوية للإنبات .

زيادة الإجهاد المائي ( الملوحة ) أدت إلى نقص عالي المعنوية في نمو بادرات الذرة الصفراء وتدل النتائج على أن النقص في النمو تتناسب طردياً مع الزيادة في مستويات الإجهاد المائي المدروسة ويتفق هذا مع نتائج ( Francios et al., 1984 ) بأن للملوحة تأثيرات هامة منها تثبيط عملية النمو ، كذلك تتفق النتيجة أيضاً مع ما ذكره ( Aparicio et al., 1981 ) بأن نقص الجهد المائي سواء بكلوريد الصوديوم أو بمادة PEG يسبب نقصاً في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات البرسيم الحجازي *Medicago sativa* . وكذلك تتفق نتيجة هذا البحث مع نتائج ( Golakiya , 1992 ) .

المعاملة بهرمون الجبريلليك ( نقعاً ) أدت إلى زيادة عالية المعنوية في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء عند التركيز ( GA<sub>3</sub>+0 ) أما باقي التراكيز فقد أظهرت نقصاً عالي المعنوية في أطوال الرويشات والجذيرات ، من النتائج السابقة يتضح أن سبب عدم استجابة الذرة الصفراء عند معظم التراكيز المدروسة لهرمون الجبريلليك بالنسبة لأطوال الرويشات والجذيرات إلى أن الهرمون قد تراكم في الأنسجة بتركيزات عالية تؤدي إلى تثبيط النمو . كما أشار إلى ذلك ( Moursi et al., 1976 ) عن أبوزيد ، ( 1990 ) .

أدت المعاملة بهرمون الكينتين ( نقعاً ) إلى نقص عالي المعنوية في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات الذرة الصفراء في جميع التراكيز الملحية المدروسة ، يتضح من النتائج السابقة أن النقص في أطوال الرويشات والجذيرات لبادرات كلا النباتين المعاملة بهرمون الكينتين عند التراكيز الملحية المختلفة يتفق مع ما توصلت إليه الباحثين ( Salama et al., 2000 ) حيث أوضحوا بأن المعاملة بهرمون الكينتين أعاققت نمو البازلاء والحلبة نتيجة لسيادة عامل الإجهاد المائي وكذلك يتفق مع نتائج ( اقلوص ، 2001 ; الصل واقلوص ، 2002 ) .

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن الإجهاد المائي الناتج عن ارتفاع تركيز نسبة الأملاح في الوسط المائي سبب نقصاً عالي المعنوية في بادرات الذرة الصفراء عند معظم التراكيز الملحية المدروسة وتتفق هذه النتيجة مع ما ذكره ( اقلوص ، 2001 ; الصل واقلوص ، 2002 ; الصل والمصراية ، 2005 ) حيث أوضحوا بأن الملوحة سببت نقصاً في المحتوى المائي لنبات القمح والجزر والبنجر وكذلك نباتات الشعير والفول . كما تتفق أيضاً مع نتائج كل من ( Heikal et al., 2000 ; Radi et al., 1988 ; Salama et al., 1982 ) .

أظهرت النتائج أن المعاملة بهرمون الجبريلليك ( نقعاً ) نقصاً عالي المعنوية في النسبة المئوية للمحتوى المائي في بادرات الذرة الصفراء ، هذه النتائج لا تتفق مع ما توصل إليه كل من الباحثين ( Heikal et al., 1982 ) قد يعزى ذلك إلى سيادة عامل الملوحة مما يؤدي إلى إعاقة امتصاص الماء فتؤدي إلى نقص في المحتوى المائي لنبات الذرة الصفراء . أدت المعاملة بهرمون الكينتين ( نقعاً ) إلى حدوث نقصاً عالي المعنوية في النسبة المئوية للمحتوى المائي في بادرات الذرة الصفراء . النتائج السابقة أوضحت أن هرمون الكينتين لم يخفف ضرر الملوحة على بادرات الذرة الصفراء ربما



يرجع ذلك إلى عامل التداخل بين الملوحة والهرمونات وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه ( اقلوص ، 2001 ؛ الصل و اقلوص ، 2002 ؛ الصل والمصراية ، 2005 ) .

بينت نتائج هذه الدراسة أن المعاملة بالملوحة أدت إلى زيادة في محتوى السكريات الذائبة لبادرات الذرة الصفراء في جميع التراكيز الملحية باستثناء التركيز ( -15 بار ) الذي سجل نقصاً معنوياً . وتتفق هذه النتيجة مع ما وجدته ( Sheoran et al., 1979 ) بأن الإجهاد المائي ينتج عنه زيادة في محتوى السكريات الذائبة لتمكن البادرات من امتصاص الماء من المحاليل ذات الجهد الاسموزي المنخفض وذلك بخفض الجهد الاسموزي للعصير الخلوي في خلايا الجذيرات . هذا كما أوضح الباحثان ( Gorham & Wyn-Jones , 1981 ) بأن وفرة السكريات الذائبة تمكن الجنين وسائر الأعضاء الأخرى من التنفس بصورة طبيعية وهي معرضة للجهد المائي . كما يمكن أن ترجع هذه الزيادة إلى أن الملوحة تؤدي إلى انخفاض في نسبة السكريات الثنائية وزيادة السكريات الأحادية لنباتات نوات الفلقة والفلقتين وقد ترجع الزيادة في محتوى السكريات الذائبة أيضاً إلى أن البادرات تستخدم كأحد وسائل الدفاع ضد الإجهاد المائي . فالتنشا لا يغير من الجهد الاسموزي أما السكريات الذائبة فإنها تقلل من الجهد الاسموزي للنبات ( أي تجعله أكثر سلباً ) وبذلك تزيد من قوة امتصاص الماء . ويتفق ذلك مع نتائج الباحث ( Levitt , 1972 ) كما أن تحلل النشا إلى سكريات نتيجة لتأثير الشد المائي في فعالية الإنزيمات الهاضمة يزيد من فعالية انزيم الاميليز . وتتفق هذه النتيجة مع نتائج الباحثين ( Sheoran et al., 1979 ) . كما أن المعاملة بالملوحة أدت أيضاً إلى حدوث نقص في محتوى السكريات الذائبة عند التركيز الأخير (-15 بار) في بادرات الذرة الصفراء وهذا يتفق مع ما وجدته ( Salama & Ahmed , 1987 ) وأوضح ( El-Shahaby , 1978 ) أن السكريات تقل عند التراكيز الملحية العالية ويتبع ذلك نقص في محتوى الكربوهيدرات الكلي . وعلل الباحثون هذه التغيرات المتضاربة في السكريات الذائبة والمختزلة على أنها ترجع إلى التغيرات في النشاط الإنزيمي تحت هذه الظروف . وتتفق هذه النتيجة في نقص السكريات الذائبة عند التركيز الملحي العالي مع ما توصل إليه ( Salama & Awadalla , 1989 )

أظهرت المعاملة بهرمون الجبريلليك ( نغماً ) تأثيراً غير معنوي في محتوى السكريات الذائبة في بادرات الذرة الصفراء باستثناء التركيزين ( GA<sub>3</sub>+0 ، GA<sub>3</sub>+7- ) حيث أظهرنا نقص وزيادة معنوية فقط على التوالي مقارنة بالشاهد .

أدت المعاملة بهرمون الكينتين ( نغماً ) إلى نقص في محتوى السكريات الذائبة في بادرات الذرة الصفراء في جميع التراكيز الملحية مقارنة بالشاهد ، وقد يعزى النقص في محتوى البادرات من السكريات الذائبة إلى عدم استجابة انزيم α اميليز إلى هرمون الكينتين عند بعض التراكيز الملحية المدروسة وتتفق هذه النتائج مع ما وجدته ( Berridj & Ralph , 1971 ) حيث وجد الباحثان أن معاملة بذور الكرنب بهرمون الكينتين أدى إلى نقص معنوي في محتوى السكريات الذائبة في البادرات النامية تحت ظروف الجهد المائي وقد يعزى أيضاً إلى أن الهرمون استطاع أن يعكس تأثير الملوحة وهذا ما ذكره ( Salama et al., 2000 ؛ اقلوص ، 2001 ؛ الصل و اقلوص ، 2002 ؛ الصل والمصراية ، 2005 ) ويمكن تفسير هذا النقص إلى أن عامل الهرمون كان له السيادة عن بقية العوامل الأخرى .

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن معاملة حبوب الذرة الصفراء بتركيز مختلفة من الملوحة إلى زيادة معنوية في محتوى البروتينات الذائبة عند التركيزين ( -3 ، -13 بار ) أيضاً زيادة معنوية في محتوى الأحماض الأمينية الكلية الحرة ونقص غير معنوي في محتوى حمض البرولين في جميع التراكيز الملحية باستثناء التركيز ( -15 بار ) حيث أظهر زيادة معنوية مقارنة بالشاهد . فمن المعروف أنه في الظروف العادية يزداد محتوى البروتينات الذائبة والأحماض الأمينية الكلية الحرة ويؤدي هذا إلى زيادة الإنبات ونمو محاور الجنين ، أما التعرض لظروف نقص الإجهاد المائي فيؤدي إلى نقص في محتوى البروتينات الذائبة و الأحماض الأمينية الكلية الحرة والنسبة المئوية للمحتوى المائي مما يؤدي إلى نقص في النسبة المئوية للإنبات وتتفق هذه النتائج مع ما وجدته ( Ashwani & Nardev , 1974 ) لقد أوضح أن الزيادة في محتوى الأحماض الأمينية الكلية الحرة في بادرات الذرة الصفراء خاصة عند التركيز ( -15 بار ) حيث سجل زيادة عالية المعنوية ، هذه الزيادة ربما تعتبر نوع من ميكانيكية تأقلم دفاعي ضد الملوحة حيث أشارت النتائج الواردة في جدول ( 8 ) إلى تأثير عالي المعنوية في تركيز حمض البرولين وتتفق هذه النتيجة مع ( Singh et al., 1973 ) .

المعاملة بهرمون الجبريلليك ( نغماً ) أدت نتائج الدراسة إلى نقص معنوي في محتوى البروتينات الذائبة وزيادة معنوية في محتوى الأحماض الأمينية الكلية الحرة ونقص غير معنوي في محتوى حمض البرولين . حيث لم تتمكن الهرمونات من تخفيف أثر الإجهاد المائي وقد يعزى ذلك إلى عامل التداخل بين الهرمون والملوحة وهذا يتفق مع ( Sharma &

( Grewal, 1990 ) . وعموماً فإن الزيادة أو النقص في محتوى البروتينات الذائبة والأحماض الأمينية مرتبطة بقدرة الأنواع على مقاومة الاجهاد المائي ( Uma et al., 1995 ) .

معاملة حبوب الذرة الصفراء بهرمون الكينتين ( نقعاً ) أدت إلى نقص معنوي في محتوى البروتينات الذائبة و محتوى حمض البرولين وزيادة معنوية في محتوى الأحماض الأمينية . يمكن تحليل الزيادة في محتوى الأحماض الأمينية إلى ما يقابلها من نقص في محتوى البادرات من البروتينات وخاصة عند التراكيز الملحية العالية . وهذا يتفق مع نتائج ( اقلوص ، 2001 ؛ الصل و اقلوص ، 2002 ؛ الصل والمصراية ، 2005 ) حيث أوضحوا أن المعاملة بالمحاليل الهرمونية ينتج عنها نقص في محتوى البروتينات الذائبة وزيادة في محتوى الأحماض الأمينية في نبات القمح . أما النقص في محتوى حمض البرولين في بادرات الذرة الصفراء جاء عكس النتيجة التي توصل إليها الباحثين السابق ذكرهم ، وقد يعزى هذا النقص إلى عدم استجابة البادرات للهرمون في مقاومة الملوحة وتخفيف ضررها .

### التوصيات

#### Recommends

1. استعمال الهرمونات النباتية في مواجهة بعض الضغوط البيئية مثل الملوحة يؤدي إلى نتائج إيجابية في مقاومة بعض المحاصيل لعامل الملوحة.
2. زيادة الدراسات في هذا المجال لمعرفة التراكيز الأنسب للهرمونات وكذلك الحدود الملحية للترب التي يمكن استغلالها للزراعة.
3. التوسع في دراسة المحاصيل الزراعية لمعرفة مدى استجابتها لهذه الهرمونات.
4. تطبيق النتائج المتحصل عليها على الزراعة الحقلية لتحديد مطابقتها للظروف البيئية الحقلية.

### المراجع العربية

- 1- أبوزيد ، الشحات نصر ( 1990 ) : الهرمونات النباتية والتطبيقات الزراعية .
- 2- اقلوص ، نجاة محمد ( 2001 ) : أهمية منظمات النمو في مواجهة أثر الملوحة على استنبات حبوب صنفين من القمح ، رسالة ماجستير ، قسم النبات ، كلية الآداب والعلوم ، جامعة مصراتة .
- 3- الصغير ، خيرى وقاسم ، السيد سعد ( 1983 ) : أسس إنتاج المحاصيل ، قسم المحاصيل ، كلية الزراعة ، منشورات جامعة الفاتح .
- 4- الصل ، ميلاد محمد و اقلوص ، نجاة محمد ( 2002 ) : أهمية منظمات النمو في مواجهة أثر الملوحة على استنبات حبوب صنفين من القمح ، المؤتمر الثاني للاتحاد العربي للبيئة ، تحت اشراف الجمعية السودانية لحماية البيئة ، السودان .
- 5- الصل ، ميلاد محمد والمصراية ، خديجة محمد ( 2005 ) : أثر استعمال الهرمونات النباتية على استنبات القمح تحت ظروف الملوحة ، رسالة ماجستير ، قسم النبات ، كلية العلوم ، جامعة 7 أكتوبر .
- 6- شلغم ، مفتاح وشويبية ، عباس حسن ( 2001 ) : الحبوب والبقول الغذائية ، منشورات جامعة سبها ، ليبيا .

### المراجع الأجنبية

#### References

- 1- Aparicio, T.P. ; M. Sanchez-Diaz , J. Pena and M.Becana (1981): Effects of temperature, salinity and water deficit on germination and ethylene production by seeds *Medicago sativa* and *Trifolium brachycaycinum*. Pastos.11:2,313-326.
- 2- Ashwani, K. Srivastva and Nardev K. Kooner (1974): Effect of osmotic potential on the mobilization of nitrogenous substances in the germinating seeds of *Phaseolus aureus* Roxb. Indian J. Exp. Biol. 12 : 278-281.
- 3- Bates,L.S.; R.P.Waldren and I.D.Teart (1973): Rapid determination of proline for water stress studies short communication. Plant and soil 39:205-207 .
- 4- Bernstein, L. and H. E. Hayward (1958): Physiology of salt tolerance. Ann. Rev of Plant Physiol. 9 : 25-45 .
- 5- Berridj, M.V. and R.K. Ralph (1971): Kinetin and carbohydrate metabolism in chinese cabbage. Plant Physiol. 47: 562-567.
- 6- Dubois, M.; K. A. Gilles ; J. K. Hamilton, P. A. Rabers and F. Smith (1956): Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. Analyt. Chem.28:350-356.
- 7- Ekram, Z. K. and A. M. Moussa (1981): Influence of exogenously applied IAA and coumarin endogenous hormones during germination of cotton seed. Egypt. J. Bot. 24(3) : 203-218.

- 8- **El-Shahaby, O. A. (1978)**: Metabolic changes in response to water stress in cotton seedlings. M. Sc. Thesis, University of Mansoura, Egypt.
- 9- **EL-Sharkawi, H.M. and I.V. Springle (1979)**: Effect of IAA on the germination of seed under reduced water potential seed Sci. Technol.7:209-223 .
- 10- **Francios, L.E-Donovan, and E. V. Mass-Octo (1984)**: Salinity effect on seed yield, growth and quality, vegetative growth and germination of Triticale. J. 80 : 642-646.
- 11- **Golakiya, B.A. (1992)**: Drought response of groundnut VI. Hormonal treatment and seed pelleting to combat the drought. Plant. Sci. 5 : 2,511-514.
- 12- **Gorham, L. I. H. and Wyn-Jones, R. G. (1981)**: Low molecular weight carbohydrate in some salt stressed plant. Plant. Physiol.53: 27-33.
- 13- **Grignac, P., (1981)**: Rendement et compos antes de rendement du ble d. hirer dans environment Mediterranean. Semin. Rapport intermediaries' de production du ble. Bari Italy : 185-195.
- 14- **Haber, A.H. and N.E. Tolbert (1957)**: Interactions of kinetin and adenine in the germination of lettuce seed. Plant physiol.32x/IX.
- 15- **Heikal, M.M. ; M.A. Shaddad and A.M. Ahmed (1982)**: Effect of water stress and gibberellic acid on germination of flax, sesame and onion seeds. Biology plantarum (Praha), 24(2) : 124-129.
- 16- **Kabar, K. (1990)**: Comparison of kinetin and gibberellic acid effects on seed germination under saline conditions Phytion-Horn. 30 : 2,291-298.
- 17- **Lagerwerff, J. V. and H. F. Eagle. (1961)**: Osmotic and specific effects of excess salts on beans. Plant Physiol. 36: 472-477.
- 18- **Lawry,C.H. Rosebrough ; N. T. A. Farr and H.J. Bandall (1951)**: Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem.193:265-275.
- 19- **Lee,Y.P. and T.Takahashi (1966)**: An improved colorimetric determination of amino acid with the use of ninhydrin Anal. Biochem. 14 : 71-77.
- 20- **Levitt, J. (1972)**: "Response of plants to environmental stresses" Acad. Press, N. Y.
- 21- **Moursi, M. et al. (1976)**: Egypt. J. Agron 1(1) 233. Plant hormones. Abou-Zeid, 1990.
- 22- **Nayyar, H. and C. P. Malik ( 1993 )**: Alleviation of drought stress in pigeonpea with mitalol seed priming Agr. Sci. Dig. Carnal. 13 : 1, 27-30.
- 23- **Radi, A.F., M.M. Heikal. , A.M. Abdel-Rahman and B.A.A. El-Deep (1988)**: Interactive effects of salinity and phytohormones on growth and plant water relationship parameters in maize and safflower plants. Revue-Roumaine-de-Biology. 33,1.
- 24- **Salama, F. M. and A. A. Awadalla (1989)**: Effect of kinetin and salinity on osmotic pressure and carbohydrate contents in two crop plants. Acta. Agronomica-Hungarica.38:1-2,67-76.
- 25- **Salama, F. M. and S. A. Ahmed (1987)**: Germination, water content growth and soluble carbohydrate of wheat and kidney bean seedling as affected by salinity and phytohormones. Assiut. Journal of Agricultural Sciences. 18 : 2,347-363.
- 26- **Salama, F.M.; M.M. El-Soul and H.Sh. El-Kobbyi (2000)**: Germination, water content and growth parameters of three glycophytic plant seedlings as affected by the interaction of water stress and growth regulators. Bull. FAC. SCI. Assiut. Univ.,29: 141-150.
- 27- **Sharma, R. and M. K. Grewal (1990)**: Effect of seed priming with cycocle on germination and early seedling growth of soybean under polyethylene glycol induced water. Envir. Ecol.8:2, 737-740.
- 28- **Sheoran, L. S. ; S. Babber and M. I. Khan (1979)**: water stress and starch accumulation in germination guar (*Cyamopsis tetragonaloba* L.) Plant Science let. 15 : 159-163.
- 29- **Stoy, V. and K. Sundin (1976)**: Effects of growth regulating substances in cereal seed germination. Res. Commun. 4, 157-168.
- 30- **Uma, L.B. (1985)**: Changes in the phosphorus content of capsicum annum leaves during water stress. J. Plant physiol. Vol. 121pp. 429-439.

## المياه البديلة في منطقة مصراتة وا استخداماتها الزراعية

الباحث أ: علي مصطفى سليم/عضو هيئة تدريس بجامعة مصراتة / ليبيا

[ama7753@yahoo.com](mailto:ama7753@yahoo.com)

جامعة مصراتة / قسم الجغرافية / كلية التربية

### الملخص:

المياه البديلة من الموارد المائية المهمة في أية دولة، وتزداد أهميتها في المناطق الجافة وشبه الجافة، وخاصة في ظل ظروف التغيرات المناخية التي يشهدها العالم، وما يرافقها من تناقص للأمطار في مناطق مختلفة، ولسد العجز المائي التي تواجه ليبيا، ونقص مواردها المتجددة تزامنا مع الزيادة السكانية وللاستغلال الأمثل للموارد اهتمت خطط التنمية الزراعية بإنشاء مشاريع اقتصادية زراعية في منطقة مصراتة تعتمد على المياه البديلة (مياه الصرف الصحي، ومياه المزلة الملوحة)، وخاصة زراعة الأعلاف والخضروات، حيث مياه الصرف الصحي توفر نحو 0.07 من إجمالي موارد المياه في ليبيا، واستخدامها يوفر جزءا من الأمن الغذائي، ويقلل الضغط على خزانات المياه الجوفية، ويوفر حماية البيئة بالمنطقة.

**الكلمات الدالة:** المياه البديلة، مياه الصرف الصحي، مياه مزلة الملوحة، الاستخدامات الزراعية.

### المقدمة:

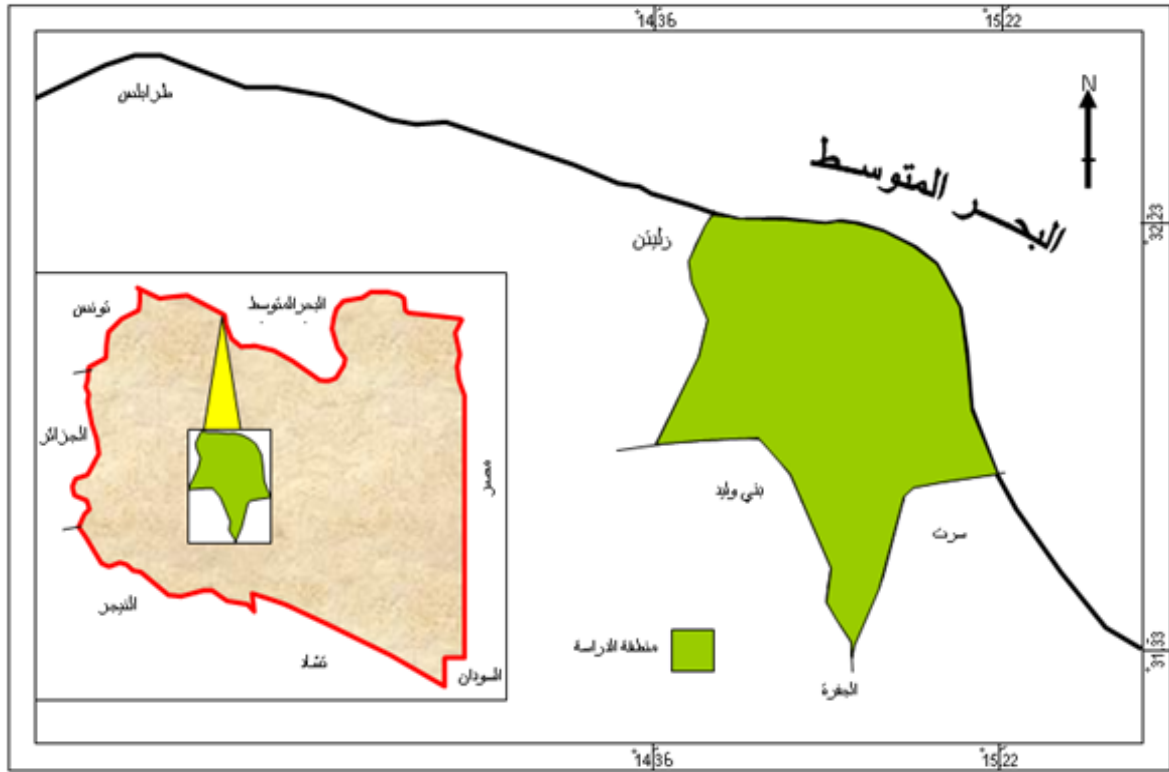
تعاني ليبيا من محدودية مواردها المائية، وتدهور نوعيتها، وتلوثها، وازدياد الطلب عليها تلبية للزيادة السكانية ولتطلبات التنمية المختلفة، الأمر الذي يحتم البحث عن مصادر بديلة للمياه يمكن استغلالها والاستفادة منها لتقليل الضغط المتزايد على مصادر المياه الطبيعية فيها (بيت المال، 2007)، لذلك وضعت خطط التنمية العديد من البرامج لاستغلال مصادر المياه غير التقليدية أو البديلة في المجال الزراعي في ليبيا.

نظرا للنمو التي تشهده مدينة مصراتة زراعيًا وصناعيًا وعمريًا وسكانيًا مع عدم توفر مصدر دائم للمياه حيث تشهد المنطقة تذبذب في كميات الأمطار وعدم انتظامها، بالإضافة لاعتماد مشاريع التنمية في مصراتة على المياه الجوفية بصورة كبيرة الأمر الذي أدى إلى الإفراط في استغلالها لدرجة حدوث هبوط في منسوبها في مختلف الخزانات الجوفية بالمنطقة (عيبيلو، 2010) وتداخل مياه البحر في مصراتة مع المياه الجوفية، وارتفاع ملوحتها إلى أكثر من 20 ألف جزء في المليون (الجديدي، 2008)، ومن هنا كان لزاما على خطط التنمية

الزراعية البحث عن بدائل لتوفير الاحتياجات المائية للمشاريع الزراعية لتخفيف الضغط على المياه الجوفية ولتطوير بنيتها التحتية والاستغلال الأمثل للمياه في ظل ظروف التغير المناخي وتأثيراته على المنطقة.

### الموقع الجغرافي لمنطقة مصراتة وظروفها المناخية:

تقع منطقة مصراتة عند الأطراف الشمالية الغربية لخليج سرت، وإلى الشرق من مدينة طرابلس بحوالي 210 كم، في شمال غرب ليبيا يحدها البحر المتوسط من جهتي الشمال والشرق، ومن الغرب منطقة زليتن ومن الجنوب الغربي بن وليد، ومن الجنوب الشرقي منطقة سرت، وتقع فلكياً بين دائرتي عرض 31.33 ° و 32.23 ° شمالاً، وبين خطي طول 14.36 ° و 15.22 ° (شكل 1) ممتدة على مساحة 3635.8 كم<sup>2</sup>، ويسكنها حوالي نسمة 297114 حسب تعداد 2006 (عنية، 2010، الهيئة العامة للمعلومات، 2006). ويصل المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في منطقة مصراتة 20.26 درجة مئوية، إلا إن درجات الحرارة تتباين من فصل لآخر، حيث تميل للارتفاع في فصل الصيف الجاف، وتتجه نحو الانخفاض



المصدر: (علي، 2005)

### الشكل (1) الموقع الجغرافي لمنطقة مصراتة

في فصل الشتاء البارد الممطر لتسجل 13.37 درجة مئوية (عنية، 2010)، وتتأثر المنطقة بأنواع من الكتل الهوائية المختلفة الخصائص، بالإضافة إلى المنخفضات الجوية التي تغزو المنطقة في فصل الشتاء مسببة

سقوط الأمطار، حيث تهب على منطقة مصراتة الرياح الشمالية الغربية والرياح الغربية والرياح الجنوبية الشرقية، بالاتجاه جنوبا بالابتعاد عن البحر تنخفض الرطوبة والأمطار، ويزداد الجفاف خصوصا مع هبوب رياح القبلي في أواخر الربيع وأوائل الصيف نتيجة تأثر المنطقة بالمناخ الصحراوي، وبصفة عامة تقع منطقة مصراتة ضمن المناخ شبه الجاف حسب معامل الجفاف لدي مارثون ( القيمة الفعلية للمطر) (الصول،2007).

#### أهمية الدراسة:

تتبع أهمية هذه الدراسة في كون منطقة مصراتة منطقة ساحلية ذات تركيز سكاني وزراعي وصناعي، كما أنها تقع ضمن النظم البيئية الهشة الذي سيكون لتأثير التغير المناخي عليها تأثيرات كارثة خاصة الإنتاج الزراعي (الزراعة البعلية) التي تقدر مساحتها بنحو 75199 هكتار، وبذلك تشكل ضعف مساحة الأراضي المروية بالمنطقة، إضافة إلى المشاكل التي يعانها الوضع المائي بالمنطقة من أهمها تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية وانخفاض منسوبها وتلوثها، وتذبذب الأمطار الأمر الذي ترتب عليه تباين المساحات المزروعة والإنتاج والإنتاجية بالمنطقة (سليم،2010). تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على الموارد المائية البديلة، واستخداماتها الزراعية ، مع عرض أهم الموارد المائية في منطقة مصراتة .

#### منهجية البحث:

##### أ. البيانات المستخدمة:

1. البيانات الخاصة بمجموع الأمطار السنوي في محطة مصراتة المناخية خلال الفترة من 1981-2010.
2. بيانات مصلحة المياه، والصرف الصحي مصراتة.
- 3- بيانات محطة المعالجة الرئيسية لمياه الصرف الصحي مصراتة.
- 4- بيانات المشاريع الزراعية ( مشروع زراعة الأعلاف على مياه الصرف الصحي، ومشروع الصوبات الزراعية مصراتة).

##### ب- مصادر البيانات:

1. البيانات المنشورة والمتوفرة عن المجموع السنوي للأمطار في محطة مصراتة المناخية.
- 2- البيانات المنشورة والمتوفرة عن محطة المعالجة الرئيسية لمياه الصرف الصحي مصراتة.
- 3- البيانات غير المنشورة والمتوفرة عن المشاريع الزراعية ( مشروع زراعة الأعلاف على مياه الصرف الصحي، ومشروع الصوبات الزراعية مصراتة) الصادرة من وزارة الزراعة.



4- البيانات غير المنشورة والمتوفرة عن مشروع الصوبات الزراعية مصراتة الصادرة إدارة المشروع.

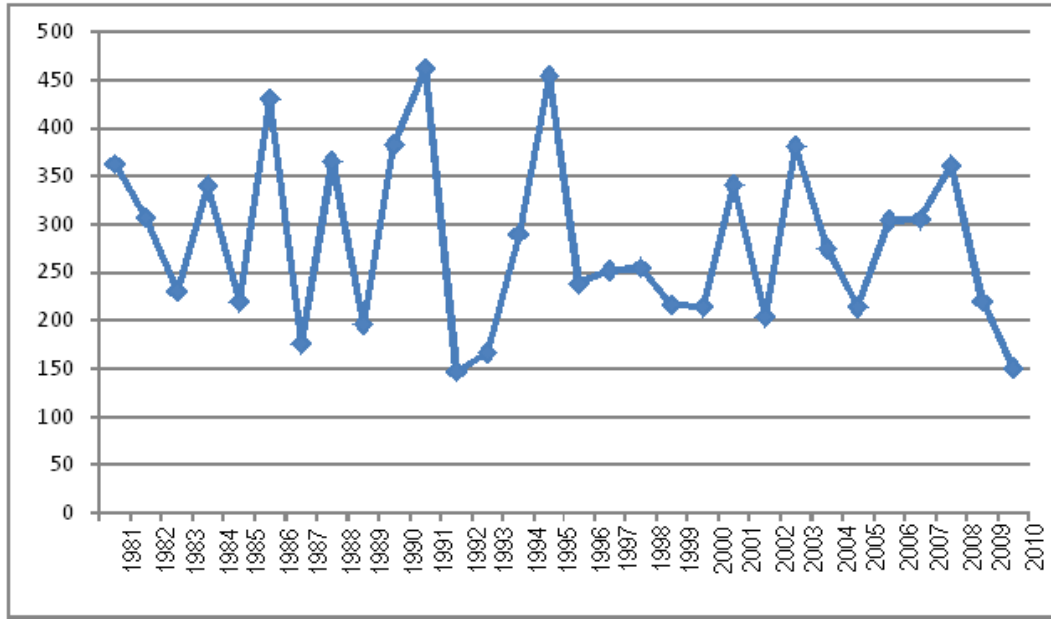
#### الموارد المائية في منطقة مصراتة:

تتنوع مصادر المياه المستغلة في منطقة مصراتة، ولعل أهمها:

اولا: الموارد المائية الطبيعية هي:

#### 1- مياه الأمطار:

أمطار مصراتة عموما هي أمطار إعصارية، شتوية الهطول ناتجة عن المنخفضات الجوية المتكونة على البحر المتوسط، أو القادمة من المحيط الأطلسي (عنيفة، 2010) متباينة في كمياتها ومواسم سقوطها غالبا ما تبدأ في سبتمبر، حيث يمثل شهر يناير قممها حتى شهر أبريل بصورة منقطعة غير منتظمة يسقط أغلبها في فصل الشتاء، حيث يبلغ المتوسط السنوي للأمطار في منطقة مصراتة نحو 281 ملم، وتعتبر الأمطار أهم العناصر المناخية التي تؤثر في توزيع السكان، والنشاطات الزراعية وتحدد أنواع النباتات الطبيعية بالمنطقة.



الشكل (2) المجموع السنوي للأمطار ملم في مصراتة للفترة من 1981 - 2010

من خلال دراسة الشكل (2) نلاحظ أن كمية الأمطار الهاطلة على منطقة الدراسة تتراوح بين (146) ملم / سنوياً، وأعلى معدل لهطول الأمطار بلغ (462) ملم / سنوياً، وقد بدأت في الاتجاه نحو التناقص خلال

منتصف التسعينيات يغلب عليها التذبذب من سنة لأخر بشكل واضح، في حين تتراوح عدد الأيام الماطرة في مصراتة ما بين 37 و 68 يوماً خلال الفترة من 1981 – 2010 .

ويمكن تقسيم منطقة مصراتة إلى إقاليم مطرية حسب الكميات الهائلة عليها إلى:

1. منطقة تهطل عليها كميات أمطار ما بين (200-250) ملم/سنوياً، تشهد تركيز سكاني واقتصادي(زراعي، وصناعي، وتجاري) كبير.
  2. منطقة تهطل عليها كميات أمطار ما بين (150-200) ملم/سنوياً، وتنتشر فيها زراعة الشعير، والقمح، ويسكنها عدد قليل من سكان المنطقة.
  3. منطقة تتراوح كميات الأمطار الهائلة عليها ما بين (100-150) ملم/سنوياً، وتشغلها المراعي بشكل واضح، ونادرة السكان.
  4. منطقة أمطارها أقل من (100) ملم/سنوياً، وهي تقع في الأطراف الجنوبية من مصراتة، يسودها المناخ الصحراوي، وخالية من السكان.
- كما تتناقص الأمطار في كمياتها كلما اتجهنا جنوباً وشرقاً، لسيادة المناخ الصحراوي، وقلة تأثير الرياح الشمالية المحملة بالأمطار(الصول،2007).

## 2. المياه الجوفية:

تتواجد المياه الجوفية في منطقة مصراتة في خزانات جوفية منها ما هو متجدد من تسرب مياه الأمطار، ويعرف بالخزان السطحي أو الخزان الحر، يعتبر من أهم الخزانات بالمنطقة يتكون طبقات من حجر جيري إلى حجر جيري مارلي مع تدخلات من الطين يتراوح سمكها بين 30-100م، في حين يصل مستوى الماء الساكن بين 20-100م، يبلغ متوسط إنتاجية الخزان نحو 20م<sup>3</sup>/ساعة (عيلو،2010)، وقد تعرض لاستغلال مفرط خلال العقود الثلاثة الماضية لتغطية متطلبات المنطقة من المياه وخاصة للأغراض الزراعية مما ترتب عليه ظهور العديد من المشاكل من هبوط في منسوب المياه من 2-20م، وهبوط حاد في بعض مناطق مصراتة تراوحت من 15-40م كما هو الحال في منطقة السكت الدافنية، بالإضافة لارتفاع مجموع الأملاح الكلية الذائبة نتيجة تداخل مياه البحر من 2000-3000 جزء/المليون. أما المياه الجوفية المحفوظة في خزانات عميقة (الخزان العميق) تمثل الجزء غير المتجدد من المياه الجوفية يتكون من حجر رملي خشن إلى ناعم يستغل من خلال عدد من الآبار على عمق 1400م لأغراض الشرب، يصل مستوى الماء الساكن بين 25-35م، و متوسط الإنتاجية بلغ 150 م<sup>3</sup>/الساعة، في حين تتراوح مجموع الأملاح الذائبة بين 1.7-1.9 جرام/لتر(الهيئة العامة للمياه،2006)، سجل هذا الخزان هبوط في منسوب المياه ما بين 50-60 متر(عيلو،2010).

## 3. مياه العيون:

تعتبر عين تاورغاء المخرج الطبيعي لمياه خزانات الطباشيري ( الأوسط والعميق)، والتي تقدر إنتاجيتها بنحو 56 مليون م<sup>3</sup>/السنة (الهيئة العامة للمياه، 2006)، ترتفع فيها الأملاح الذائبة حيث بلغت 2600 جزء في المليون، أنظر الشكل(3). حيث استغلت في مشروع زراعي منذ عام 1970 على مساحة 3000 هكتار(سليم، 2010) تتوزع هذه المساحة على النحو المبين بالجدول1، فمن خلاله نلاحظ أن أشجار النخيل احتلت أكبر مساحة في المشروع بنسبة 29 %، حيث بلغ عدد الأشجار بها نحو 19.3 ألف شجرة شكلت 1.1% من إجمالي الأشجار في المشروع، وجاءت المحاصيل الحقلية بنسبة 25% و 24% من المساحة للمنشآت والطرق والملحقات الأخرى بالمشروع كالأسيجة و 20% من إجمالي الأشجار البالغ عددها 1.7 مليون شجرة وبنسبة 98,6% من إجمالي الأشجار، وأخيراً 2% من المساحة لأشجار التين .

الجدول1: المساحة في مشروع تاورغاء الزراعي

نوع الاستثمار	المساحة (%)	المساحة (هـ)
أشجار نخيل	29	874
أشجار تين	2	56
أشجار أخرى	20	605
محاصيل حقلية	25	749
منشآت وطرق	24	717
المجموع	100	3000

المصدر: وزارة الزراعة .

يوجد بالمشروع ثلاثة محطات ضخ مزودة بمضخات بقدرة تصريفية تبلغ 900 لتر/ الثانية لرفع مياه العين وتوزيعها على أراضي المشروع عبر قنوات ري خرسانية مفتوحة بلغ طولها 235579 متر (وزارة الزراعة، 2005)



المصدر : عدسة الباحث ، زيارة ميدانية لموقع عين تاورغاء ، مصراتة 2004 .

### الشكل 3: عين تاورغاء

#### 2- المياه الساخنة:

تعرف محليا بالفوارات وهي عبارة عن آبار ارتوازية ذات إنتاجية عالية تتراوح أعماقها من 550 – 1460 متر تقع ضمن حقول مائية تضم عدد من الآبار ذات مياه متباينة من مياه صالحة للاستخدام المباشر إلى مياه ترتفع فيها نسبة الأملاح إلى 1700 جزء في المليون كما هو الحال في حقل آبار تاورغاء حيث أقيمت محطة لإزالة الملوحة وأخيرا مياه كبريتية تستخدم للأغراض الطبية كما هو الحال في آبار القوشي والسكريات والرويسات بالإضافة إلى بعض الاستخدامات الزراعية التي تقتصر على زراعة الزيتون والبرسيم وبشكل محدود، وتنتقل المياه عبر قنوات رئيسية موزعة على أراضي المزارعين عبر قنوات فرعية لكل مزرعة، وتعاني الفوارات عموما من إهمال كبير وتدهور تربة الأراضي الزراعية وتملحها . أنظر الشكل (4).



قناة الري الرئيسية بالفوار

المصدر: عدسة الباحث، ٢٠١٤

المياه الحارة (فوار السكريات)

## الشكل4: المياه الحارة (فوار السكيرات وقناة الري الرئيسية) مصراتة

## 3- المياه السطحية:

نظرا للظروف الهيدرولوجية السائدة في ليبيا فإن وديانها موسمية الجريان تمتد فترة الأمطار من شهر سبتمبر إلى مايو، ويتباين المعدل السنوي لسقوط الأمطار بين مناطقها شمالا وجنوبا ومن الغرب إلى الشرق، كما يختلف توزيع الأمطار في السنة من فصل لأخر. حيث تقدر كمية مياه الجريان السطحي في ليبيا نحو 4.5% من الكمية الإجمالية للأمطار، وأقيمت العديد من السدود للاستفادة من المياه لأغراض مختلفة والتي تقدر 110 مليون م<sup>2</sup>/السنة أي ما يعادل 2% من كميات المياه المتاحة في ليبيا (الهيئة القومية للبحث العلمي، 1996) أما عن الأودية في مصراتة فهي تقع في الأجزاء الجنوبية الغربية، والجنوبية أهمها وادي ساسو الذي يمتد داخل مصراتة بـ 35 كم في حين تقع منابعه خارج المنطقة تغذية مجموعة من الروافد أهمها وادي أم الجرفان، وشعبة الطريق وغيرها (عنيبة، 2010) بالإضافة إلى مجموعة أخرى من الأودية أهمها وادي سوف الجين تغذية الروافد المنحدرة من جبل نفوسة مارا بمنطقة بني وليد ليصب في سبخة تاورغاء في اتجاه عام من الغرب إلى الشرق، ووادي ميمون يقع إلى الجنوب من وادي ساسو، ويعتبر من الروافد الرئيسية لوادي سوف الجين الذي يصب في سبخة تاورغاء، ووادي غواط، ووادي زرزور، وغيرها، تستغل أراضي الأودية كمراعي ومزارع بعلية لزراعة القمح والشعير حسب الموسم المطري. وللاستغلال الأمثل أنشئت العديد من السدود التعويقية على أودية منطقة مصراتة بلغت نحو 350 سداً (عيلو، 2010) وتتبع المنقطة حصادا مائيا تقليديا قديما لتجميع مياه الأمطار في خزانات أرضية (صهاريج) مقللة أو مفتوحة ذات سعة تخزينية متباينة توفر مياه للحيوانات في المراعي لمدة تزيد عن أربعة أشهر.

## المياه البديلة واستخداماتها الزراعية في منطقة مصراتة:

أدى النمو السكاني والعمري والزراعي إلى استنزاف المياه الجوفية وتدهور نوعيتها وهبوط منسوبها في معظم المدن الليبية وخاصة المناطق الساحلية التي تعاني إضافة لما ذكر إلى تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية لسد العجز المائي التي تواجه ليبيا، ونقص مواردها المتجددة تزامنا مع الزيادة السكانية وللاستغلال الأمثل للموارد اهتمت خطط التنمية بدراسة مصادر أخرى للمياه البديلة لسد العجز التي تعانيه تلك المناطق (أبومدينة، 2005)، ويمكن تعريفها بأنها المياه الطبيعية والمستعملة والتي تحتاج لتكلفة مادية كبيرة لنقلها أو لإعادة استعمالها (التنقية والمعالجة، إزالة الأملاح) وتعرف بالمياه غير التقليدية التي توفر حلول للعجز المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة، وأهم تلك المصادر هي:

## 1- المياه المنقولة:

تتمثل بمشروع النهر الصناعي الذي من خلاله يتم نقل كميات كبيرة من المياه الجوفية عبر أنابيب في جنوب ليبيا من منطقتي السرير وتازربو في الشرق ، ومن جبل الحساونة في الغرب إلى المناطق الساحلية بواقع 6.55 ملايين متر مكعب من المياه يوميا حيث يتركز السكان ونشاطاتهم مع عدم توفر المياه اللازمة للاستهلاك المضطرد، وسيخصص 75% منها للأغراض الزراعية (المهدوي، 1990، والجديدي، 2008) حيث تم ربط مدينة مصراتة بمنظومة النهر الصناعي عبر مركز توزيع المياه بالسكت سنة 1999 بكمية قدرها 70000م<sup>3</sup> يوميا وهذا يمثل نحو 90% من إجمالي الإمداد المائي للمدينة (بيت المال، 2007) من خلال فتحتي تغذية: الأولى لتزويد المدينة وضواحيها بمياه الشرب عبر مجموعة من خطوط التغذية بأقطار مختلفة لتصل الخزانات العلوية. والثانية فتحة زراعية بقطر 600 ملم لتغذية بعض المناطق الزراعية بالمنطقة وبالتحديد طمينة والكراريم وكرزاز، وبدأ العمل بها عام 2010 (عيلو، 2010)، ولا توجد خطة لاستغلال مياه النهر الصناعي لتغذية المشاريع الزراعية بالمنطقة، أما يقتصر الاستخدام الزراعي لها على زراعة بعض محاصيل الخضروات وبشكل محدود جدا للاكتفاء الذاتي داخل المدينة وضواحيها في حدائق المنازل.

## 2- المياه المزالة الملوحة:

أظهرت الدراسات العديدة التي قامت بها شركات وهيئات محلية ودولية كدراسة شركة جيفلي الفرنسية سنة 1976، ودراسة الهيئة العامة للمياه 2006 عن الموارد المائية في ليبيا وخاصة المناطق الساحلية ذات الكثافة السكانية المرتفعة أنها تعاني من هبوط منسوبها وتسرب مياه البحر إلى خزانات المياه الجوفية السطحية لذلك كان من الضروري البحث عن مصدر مائي إضافي لسد حاجيات مدينة مصراتة في ظل ما تشهده من نمو سكاني، وتطور حضاري (توسع عمراني، وزراعي، وصناعي)، من هنا أقيمت العديد من محطات إزالة ملوحة المياه في منطقة مصراتة كونها أحد البائل المهمة لتوفير مياه الشرب خاصة في ظل الظروف المائية الصعبة التي تزامنت مع التغيرات المناخية وانعكاساتها البيئة على المنطقة، كما يمكن الاعتماد عليها كبديل احتياطي لتواكب الطلب المتزايد على المياه في حالة عجز المصادر المائية التقليدية عن توفير متطلبات التنمية والاستعمالات المختلفة في المدينة وتعرف محليا بمحطات تحلية المياه. عملية التحلية (إزالة ملوحة المياه) عملية هندسية تعني تخليص المياه من الأملاح المختلفة الذائبة، وتحويلها إلى مياه صالحة للاستعمالات المختلفة المنزلية والزراعية والصناعية وغيرها (الجديدي، 2008). وتنقسم محطات إزالة ملوحة المياه إلى قسمين تبعا لمصدر المياه المقامة عليها المحطة، وهما:

### 1- محطات لإزالة ملوحة المياه الجوفية.

أنشئت في منطقة مصراتة عدد من محطات إزالة عسر المياه من الآبار التي ترتفع فيها الأملاح الذائبة في مناطق مختلفة في المنطقة أهمها:



## أ- محطة إزالة الملوحة بتاورغاء.

أقيمت هذه المحطة لإزالة عسر المياه من الآبار العميقة التي يتراوح عمقها بين 1250-1450م سنة 1988 بسعة تصل إلى 60000 م<sup>3</sup>/يومياً من خلال إزالة عسر عدد 8 آبار متوسط ملوحتها بلغ 1500 جزء في المليون، وتنتقل المياه المعالجة بخطيين أنابيب متوازيين بطول 45 كم إلى خزان التوزيع الرئيسي بالسكت، وتساهم هذه المحطة بنحو 5000 م<sup>3</sup>/ يوم أي ما يعادل 6.1% من الإمداد المائي للمدينة. (الهيئة العامة للمياه، 2005، تقرير الموارد المائية في مصراتة، وبيت المال 2007)

## ب- محطة إزالة الملوحة بكرزاز.

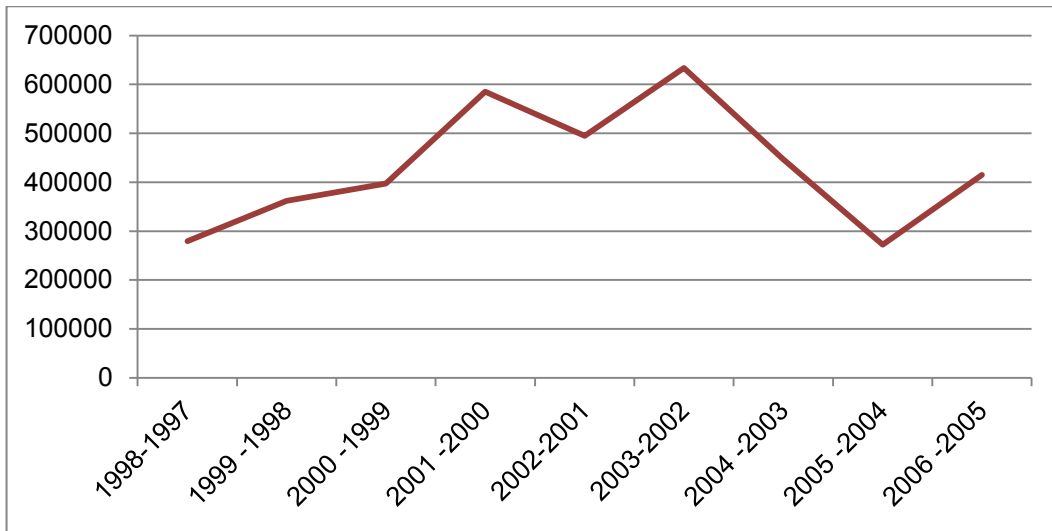
تعتمد هذه المحطة على معالجة عسر مياه أربعة آبار جوفية ذات إنتاجية مرتفعة تصل إلى 4000 م<sup>3</sup>/ اليوم للبئر الواحد تقع على عمق من 650-750 م تتراوح ملوحة المياه من 4500-8000 جزء في المليون، وتعمل بنظام التناضح العكسي منذ سنة 1986 بإنتاجية 9500 م<sup>3</sup>/اليوم توقفت عن العمل سنة 1991 بسبب عدم توفر قطع الغيار، وتهالك خطوط نقل المياه (عيبلو، 2010، بيت المال 2007). واستخدامها الزراعي محدد جداً يقتصر على ري بعض حدائق المنازل بالمدينة.

## ج- محطة إزالة الملوحة بطمينة خاصة بمشروع الصوبات الزجاجية.

تم إنشاء المشروع سنة 1982 بتكلفة بلغت 1.265.463 دينار ليبي، بدأ الإنتاج 1984، على مساحة 17 هكتار مقام عليها 8 صوبات مساحة كل صوبة هكتار واحد، واعتمد المشروع في السنوات الأخيرة في حصوله على المياه الملائمة للزراعة والري اعتماداً كلياً على منظومة لتحلية المياه بعد ارتفاع نسبة الملوحة في آبار الري بالمشروع حيث وصلت نسبتها إلى ما فوق 13 ملليموز/سم مكعب لذا أنشئت محطة لإزالة ملوحة المياه الجوفية بالمشروع سنة 1992 تعمل بالنظام الأسموزي كما بالشكل (5). لتوفير مياه ذات جودة عالية بسعة إنتاجية تصل إلى 700 م<sup>3</sup>/اليوم لغرض استعمالها في العمليات الزراعية المختلفة، كل صوبة بالمشروع مزودة بخزان بسعة 100 م<sup>3</sup> لريها متصل بالخزان الرئيسي بسعة 150 م<sup>3</sup> والاستهلاك المائي في كل صوبة يتم تعويضه من الخزان الرئيسي عن طريق منظومة تحكم إلكترونية مع الخزان الرئيسي والمحطة. بلغ الإنتاج المسوق من المشروع نحو 279479 كجم للموسم الزراعي 97-1998 من الخضروات (خيار، طماطم، فلفل بنوعية، ففوس، بادنجان، كوسة) أنظر الشكل (5) ووصل 361696 كجم للموسم الزراعي 98 - 1999، كما بالشكل (6) الذي يبين الإنتاج المسوق بالمشروع عبر المواسم الزراعية. واستمر الإنتاج في الارتفاع حيث بلغ أعلاه في الموسم الزراعي 2002-2003 بنحو 633881 علماً بأن المشروع متوقف عن العمل الآن.



الشكل 5: محطة إزالة ملوحة المياه الجوفية وبعض المحاصيل الزراعية بمشروع الصوبات الزراعية مصراتة



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات مشروع الصوبات الزجاجية مصراتة غير منشورة، الزيارة الميدانية، 2014.

الشكل (6): الإنتاج المسوق من مشروع الصوبات الزجاجية من الفترة 1997 – 2006

2- محطات لإزالة ملوحة مياه البحر.

أقيمت محطات إزالة ملوحة البحر في العديد من المدن الليبية الساحلية منذ منتصف السبعينيات لتنتج نحو 85 مليون م<sup>3</sup> سنويا من المياه للاستخدام الصناعي والمنزلي في طرابلس وزلين ومصراتة وغيرها من المدن (أبومدينة، 2005) فمنطقة مصراتة تمتد على ساحل البحر بمسافة 130 كم الأمر الذي دفع لأنشئ محطة لإزالة ملوحة البحر داخل مجمع الحديد والصلب سنة 1988 للاستخدام الصناعي والسكني تتم المعالجة بواسطة البحر الوميضي بطاقة تصميمية بلغت نحو 10500 م<sup>3</sup>/يوم موزعة على ثلاثة وحدات إنتاجية تنتج نحو 437.5 م<sup>3</sup>/ساعة تنقل المياه المعالجة إلى أربعة خزانات سعة الخزان نحو 20000 م<sup>3</sup>. تستخدم حسب التقرير السنوي لإدارة المياه والغاز سنة 2003 في التبريد داخل المصنع حيث بلغت المياه المنتجة لهذا الغرض نحو 375 م<sup>3</sup>/أساعة، أما المياه المعالجة لغرض الشرب بلغت 7500 م<sup>3</sup>/ساعة تقريبا (الشركة الليبية للحديد والصلب، 2003) إلا أن مساهمتها في تغذية المدينة تراجع من 5000 م<sup>3</sup>/يوم إلي 3000 م<sup>3</sup>/يوم بسبب ربطها بخزان قصر أحمد سنة 1990 (بيت المال، 2007)، كما استخدم جزء من هذه المياه في الزراعة داخل المجمع لزراعة محصول الموز سنة 1990 بواقع 2 هكتار يضم كل هكتار 2500 شجرة موز ضمن الزراعة المحمية بالمنطقة حيث بلغ إنتاجه خلال الموسم الزراعي 1996/95 نحو 89 طن ثم تذبذب الإنتاج حتى وصل إلى 44 طن خلال الموسم الزراعي 1998/97، وتراجع إنتاجه نهائيا اليوم بسبب قلة الخبرة بهذه الزراعة وخاصة محصول الموز بالإضافة لعدم ملائمة الظروف المناخية، كما أصيب الأشجار الموز بمرض النيما تودا في الجذور (قسم الزراعة بمجمع الحديد والصلب، 1998)

### 3- مياه الصرف الصحي:

أنشئت مجموعة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي في عدد من المدن الليبية الساحلية بلغ نحو 19 محطة بهدف استغلال المياه والأسمدة العضوية المنتجة للأغراض الزراعية بالإضافة لحماية البيئة من التلوث، حيث بلغ أنتاجها خلال الثمانينيات 45 مليون م<sup>3</sup> سنويا، وتعتبر محطة الهضبة الخضراء في طرابلس أكبر محطات المعالجة لمياه الصرف الصحي في ليبيا بلغ أنتاجها 14.2 مليون م<sup>3</sup> تستخدم المياه المنتجة منها لزراعة الأعلاف في مشروع مساحته 715 هكتار، وتنتج ما يقارب من 10 أطنان من الأسمدة يوميا (أبومدينة، 2005)، وأثبتت الدراسات إمكانية معالجة واستخدام 40% من إجمالي مياه الصرف الصحي في المدن الساحلية الليبية، حيث توفر حوالي 0.7% من إجمالي موارد المياه في ليبيا (عيلو، 2010)، ويمكن تعرف مياه الصرف الصحي أو ما يسميها البعض بالمياه العادمة بأنها المياه التي سبق استخدامها في الأغراض المنزلية المختلفة، والصناعية، وغيرها، وتغيرت خصائصها الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية (الهيئة العامة للبيئة، 2003).

### مصادر مياه الصرف الصحي (مياه المجاري)

- 1- مياه الصرف المنزلية: وهي المياه الناتجة عن الاستخدامات المنزلية المختلفة ( من أحواض السباحة، والغسيل، ومن المراحيض، وأحواض المطابخ.....الخ) وتصل نسبة المياه فيها إلى 99% والباقي مواد صلبة طافية وذائبة وعالقة تشكل المواد العضوية ما نسبته 55% منها
- 2- مياه الصرف الصناعية: وهي المياه الناتجة عن العمليات الصناعية المختلفة ، والتي تتباين نوعيتها، وخصائصها تبعاً لنوعية الصناعة وكمية المياه المستعملة والمواد الداخلة فيها مثل مياه التبريد.
- 3- مياه صرف محطات الوقود: وهي المياه المختلطة بالنفط ومشتقاته الناتجة عن محطات الوقود ومحطات غسيل وتشحيم السيارات، وتغيير الزيوت ومواد التنظيف.
- 4- مياه الأمطار وهي المتجمعة عقب سقوط الأمطار وما تحتويه من ملوثات مختلفة من غازات ومواد عالقة ، ومواد كيميائية وفضلات مختلفة مخصص لها مجاري منفصلة في ليبيا بالشوارع والساحات العامة في المدن وعادة ما تصرف إلى البحر مباشرة، وجزء منها يصرف مع مياه الصرف الصحي يتم معالجتها وإعادة استخدامها في الأعراض الزراعية (الجديدي،2008).

للاستغلال الأمثل لهذا المورد أنستت في مدينة مصراتة محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي سنة 1989 على بعد 13 كم جنوب المدينة في منطقة السكت تعمل بطريقة الحمأة المنشطة للمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي سعتها 24000 م<sup>3</sup>/يوم، وتصل في حالة الطواري إلى 72000 م<sup>3</sup>/يوم. تستقبل مياه الصرف الصحي من عدد 14 محطة فرعية تضخ المياه انسيابيا أو بواسطة المضخات إلى محطة الخروبة الرئيسية إلى محطة المعالجة النهائية بمنطقة السكت عبر شبكة من خطوط رئيسية وفرعية يتراوح قطرها ما بين 150-1800 ملم تم تنفيذها على مرحلتين الأولى خلال الفترة من 1967-1972 بطول 74 كم. تشمل كل المنطقة الواقعة داخل الدائري الثاني، والمرحلة الثانية من 1982-1992 بطول 210 كم وتشمل مناطق المناطق المحصورة بين الدائري الثالث والرابع (منطقة ابوشعالة، المقاصبة، شارع سعدون) بالإضافة إلى منطقة الجزيرة، وقرية النسور باستثناء محطتين فرعيتين تضخ ماءها مباشرة إلى محطة المعالجة مباشرة (مختار عبدالمجيد الماني، وإسماعيل علي اجهان، 2008، والشركة العامة للمياه والصرف الصحي مصراتة، 2014). للاستغلال الأمثل للمياه المعالجة أنشئ مشروع لزراعة الأعلاف سنة 1985 بتكلفة 17 مليون دينار، وبدأ العمل سنة 1989 على مساحة 300 هكتار، منها مساحة 200 هكتار مروى، مقسمة إلى عدد 8 ثمانية دوائر مساحة كل منها 25 هكتار. أما باقي المساحة 100 هكتار تعتبر مساحات بعلية، تنقل المياه من محطة المعالجة عبر أنابيب بمعدل 30000 م<sup>3</sup>/يوم، تجمع في حوض كبير مفتوح كما بالشكل (7) وعمليات الري تتم بنظام الري الدائري بواسطة الري بالرش المتصلة بخزان التجميع.



الشكل7: خزان تجميع مياه الصرف الصحي المعالجة بمشروع زراعة الأعلاف مصراتة

وتستغل كافة المساحة ببعض المحاصيل الأعلاف تحت نظام :-

1- الفترة الشتوية : حيث تزرع المحاصيل التالية :-

أ- شعير على مساحة 50 هكتار . ب- شوفان على مساحة 250 هكتار

- الفترة الصيفية حيث يزرع جزء من بعض المساحة , بعد نهاية الفترة الشتوية,

ببعض المحاصيل الصيفية وهي :-

1. الدخن " قصب " والذرة الرفيعة " القطنيا " على مساحة 25 هكتار لكل محصول .

2. البشنة مساحة 25 هكتار كما بالشكل(8).

كانت المساحة المزروعة خلال الفترة السنوية لعام 2000 نحو 300 هكتار بمحصول الشعير والشوفان، وكان إجمالي الإنتاج المحقق منها 1258,35 قنطار من الحبوب، وأعلاف حوالي 4884481 بالة. فالمساحة المزروعة شعيرًا كانت 59 هكتار، بلغ إنتاجها من الحبوب 678 قنطار.





المصدر : مشروع الأعلاف على مياه الصرف الصحي، مصراتة، زيارة ميدانية للباحث، 2004 .

### الشكل 8: بعض المحاصيل الزراعية في مشروع الأعلاف الزراعي

وبنسبة 53.8% من إنتاج المشروع و 5600 بالة أعلاف وبنسبة 1.47 % من أعلاف المشروع المنتجة عام 2000 أما محصول الشوفان فكانت على مساحة 250 هكتار، وبنسبة 83.33 % من إجمالي مساحة المشروع بلغ إنتاجها من الحبوب 580,35 قنطار من إجمالي إنتاج الأعلاف بالمشروع. تم تخصيص مبلغ قدره 100.000 ألف دينار ضمن ميزانية التحول لعام 2000 ذلك لصيانة شبكات الري وملحقات المشروع الأخرى (مشروع الأعلاف، 2005).

### أهم النتائج:

1. تعتبر المياه البديلة موردا مائيا مهما في المنطقة يمكن الاعتماد عليه في التنمية الزراعية وري الحدائق العامة داخل المدينة.
2. تعاني المياه الحارة (الفوارات) من إهمال شديدة لذلك يجب الاهتمام بها وتطويرها لتصبح مراكز للسياحة العلاجية بالمنطقة.
3. تمثل عين تاورغاء موردا مائيا مهما يمكن الاستفادة منه في إعادة تنمية المشاريع الزراعية وتطويرها.
4. يمكن الاعتماد على المياه المزلة الملوحة كبديل احتياطي تواكب الطلب المتزايد على المياه في حالة عجز المصادر المائية التقليدية عن توفير متطلبات التنمية والاستعمالات المختلفة في المدينة.
5. توفر مياه الصرف الصحي المعالجة موردا مائيا لزراعة الأعلاف وتنمية المراعي يخفف الضغط على المياه الجوفية في المنطقة.



## المراجع :

- أبومدينة، حسين مسعود، 2005، جغرافية ميناء طرابلس الغرب، ط1، مصراتة، دار الشعب.
- بيت المال، سليم، يوليو 2007 ، مجلة الساتل، السنة الأولى ، العدد الثاني، جامعة مصراتة.
- الهيئة العامة للمياه، ناصر 2005، تقرير عن الموارد المائية في منطقة مصراتة.
- الجديدي، حسن محمد، 2008. البدائل المطروحة لمواجهة تناقص المياه الجوفية، الزاوية، طرابلس.
- الصول، أبويكر علي، 2007، التذبذب والتباين في معدلات الأمطار بشعبية مصراتة، وإمكانية استغلالها، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب ، جامعة 7 أكتوبر سابقا.
- سليم، علي مصطفى، 2005، العلاقات المكانية لنظم الحيازات الزراعية بمنطقة مصراتة، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، جامعة المرقب، الخمس.
- سليم، علي مصطفى، 2010، الزراعة في كتاب جغرافية مصراتة، تحري: ونيس عبدالقادر الشركسي، و حسين مسعود أبومدينة، مصراتة، مكتبة الشعب.
- عنيبة، عمر أحمد، 2010، الجغرافية الطبيعية في كتاب جغرافية مصراتة، تحري: ونيس عبدالقادر الشركسي، و حسين مسعود أبومدينة، مصراتة، مكتبة الشعب.
- عيلو، جمال الدين محمد، 2010، الموارد المائية في كتاب جغرافية مصراتة، تحري: ونيس عبدالقادر الشركسي، و حسين مسعود أبومدينة، مصراتة، مكتبة الشعب.
- وزارة الزراعة، الهيئة العامة للمياه، ديسمبر 2006، الوضع المائي في ليبيا.
- وزارة الزراعة، 2005، بيانات غير منشورة عن المشاريع الزراعية بمنطقة مصراتة.
- مشروع زراعة الأعلاف على مياه الصرف الصحي مصراتة 2005، بيانات غير منشورة.
- الهيئة القومية للبحث العلمي، الأمن الغذائي، أبعاده ومحدداته وسبل تحقيقه، تحرير صالح الأمين الأرياح، ج2، دار الكتاب الوطنية، بنغازي، 1996.
- المهدي، محمد المبروك، ط2، 1990، جغرافية ليبيا البشرية، منشورات جامعة قاريونس، بنغازي.
- الشركة الليبية للحديد والصلب، 2003، بيانات عن محطة التحلية بالمجمع غير منشورة.
- الشركة الليبية للحديد والصلب، 1998، قسم الزراعة بمجمع الحديد والصلب، بيانات غير منشورة .
- الهيئة العامة للبيئة، 2003، مجلة البيئة، السنة الثالثة، العدد 16، الربيع، طرابلس.
- مختار عبدالمجيد الماني، وإسماعيل علي اجهان، 2008، مياه الصرف الصحي بمنطقة مصراتة، مطابع أفريقيا، مصراتة.
- الشركة العامة للمياه والصرف الصحي مصراتة، 2014، تقرير عن وضع شبكات ومحطات الصرف الصحي والأمطار، مصراتة، بيانات غير منشورة.
- وزارة الزراعة، 2000، مشروع زراعة الأعلاف على مياه الصرف مصراتة، بيانات غير منشورة.

## تصحّر الأراضى العربية

د أسامة حسين شعبان  
دكتور جامعي بجامعة المنيا – كلية الآداب – قسم الجغرافيا  
وخبير بالهيئة العامة للتخطيط العمراني بوزارة الإسكان  
جمهورية مصر العربية

### مقدمه

تعد المشكلات البيئية وتناقص الموارد ودراساتها من الأمور التي تشغل العالم، خاصة بعد اكتشاف الدول الصناعية أن الدمار البيئي الذي يحدث في أي مكان على سطح هذا الكوكب الأرضي يؤثر بطريق أو بآخر على نوعية الحياة في العالم كله. وقد جرى عقد ندوات ومؤتمرات عديدة لمعالجة المشكلات البيئية المتزايدة في العالم، كما تأسست أحزاب سياسية في الدول الصناعية تسمى "الأحزاب الخضراء"، تدافع عن البيئة، وتهاجم ما له صلة بالتأثير على حياة البشر على سطح الأرض مثل النفايات النووية، والتلوث بجميع أنواعه، وقطع الغابات، واستخدام المبيدات وغيرها.

وإذا كانت الدول الصناعية قد أدركت أن الجشع البشري في استغلال الموارد ينبغي كبح جماحه، وهي ذات موارد طبيعية متجددة ومتعددة الأنواع، فإن الدول والشعوب التي تعيش في المناطق الجافة ذات الموارد المحدودة وغير المتجددة غالباً أحوج ما تكون لمثل هذا الوعي واتباع إدارة حازمة للحفاظ على مواردها.

ولذلك لا بد من التأكيد على محدودية موارد المناطق الجافة. فالإنسان الذي يعيش في هذه المناطق الجافة ظنّ أنه يستطيع استغلال هذه الموارد دون حدود نتيجة للتقدم التقني الذي وصل إليه، غير أنه بدأ يتضح أنه ما لم تتخذ الاحتياطات اللازمة والإجراءات الكفيلة بترشيد استغلالها فإنها ستتناقص لدرجة يخشى عليها من النضوب، مثل مصادر المياه غير المتجددة ومواطن الرعي، والتربة الصالحة للزراعة وغيرها. ولذا كان لا بد من التركيز على أهمية المحافظة على البيئة من خلال مناقشة مقدمات بيئية عامة عن التصحر بشكل عام، والنشاطات المسببة لتدهور البيئة بشكل خاص، مثل (الجفاف، وسوء الأساليب الزراعية، وتدهور التربة، واستخدام الخشب وقوداً، والتبذير في استخدام الماء، والرمال التي تحملها الرياح، وجموع الجراد، والصيد الجائر، والتنمية الاقتصادية المتسمة بالظفرة، وضعف إدارة البيئة، والإسراف في الرعي، وزيادة السكان، واتساع المناطق المدنية، والتعدين، والسياحة).

### مفهوم التصحر

ظهر مفهوم التصحر في كتابات المؤلفين منذ القرن التاسع عشر الميلادي، والمعنى الأصلي للفظه (desert) بالإنجليزية هو (deserted) أي مهجور، وقد كان Aubreville هو أول من استخدم كلمة تصحر

(desertification) في عام (1949). وعلى الرغم من أن هذه اللفظة فرنسية الأصل، فقد دخلت اللغة الإنجليزية في زمن مبكر جداً. وكانت منظمة التغذية والزراعة (FAO) هي أول من استخدم لفظة "تصحّر" من بين الوكالات الدولية سنة 1962م. والألفاظ الاصطلاحية التي استخدمها أوائل الكتاب كان لها تعريفات لا تختلف اختلافاً باتناً عن معنى لفظة "تصحّر" المستعملة في الوقت الحاضر. وقدم Le Houerou عام 1977 اللفظ الاصطلاحي "تصحّر desertization" ليقترن على الأراضي الجافة. غير أن لفظة "تصحّر" أعم وأشمل، ولذا نجدها تضم مناطق أخرى خلاف تلك المناطق. ووردت لفظة تجفف الأرض land aridization بنفس المعنى العام الشامل للفظة تصحّر desertification كما قدمه Kovda سنة 1981م.

يعرف التصحّر بأنه تدهور الأرض في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة الناتجة عن عوامل مختلفة منها التغيرات المناخية والنشاطات البشرية. الهدف من هذا البحث هو معالجة مشكلة التصحّر وإلقاء الضوء على أبعاد هذه المشكلة وأسبابها ودور التخطيط في وضع الحلول المناسبة لوقف انتشارها وكذلك نشر الوعي البيئي بخطورة هذه المشكلة التي تضع العالم على حافة الجوع في الوقت الذي يسعى فيه لتحقيق الأمن الغذائي

تطور التصحّر

تعد ظاهرة التصحّر أحد المشاكل البيئية الخطيرة، التي تواجه العالم حالياً وهو يتطور في أغلب أرجاء المعمورة وعند معدلات متسارعة. ويقدر بان مساحة الأراضي، التي تخرج سنوياً من نطاق الزراعة نتيجة عملية التصحّر، تبلغ حوالي 2,000,50 كم<sup>2</sup> وتبلغ نسبة الأراضي المعرضة للتصحّر 40% من مساحة اليابس وهي موطن أكثر من مليار إنسان. وأغلب المناطق المعرضة للتصحّر تقع في الدول النامية في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية ومنطقة الكاريبي. ويقدر برنامج الأمم المتحدة للبيئة قيمة الإنتاج التي تفقد سنوياً في الدول النامية بسبب التصحّر ب 16 مليار دولار. هذا التقدير لا يتضمن تكاليف التصحّر الجانبية الناتجة مثلاً من تملح المجاري السفلى للسود والتي تشير التقارير بانها كبيرة فعلى سبيل المثال تبلغ 60 مليون دولار في السنة في المغرب.

ومن الجدير بالملاحظة إن الكثير من هذه الأراضي المتصحرة أو المهددة بالتصحّر يقع في أرجاء عالمنا العربي. إذ تشير بعض الأرقام إلى أن حوالي 357,000 كم<sup>2</sup> من الأراضي الزراعية أو الصالحة للزراعة أي نحو 18% من مساحتها الكلية والبالغة 98,1 مليون كم<sup>2</sup>، أصبحت واقعة تحت تأثير التصحّر.

ويمكن أن نورد الكثير من الأمثلة على فداحة التصحّر منها ما يحدث في المناطق الواقعة على أطراف الصحراء الكبرى، في كل من مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب وموريتانيا والأقطار المجاورة التي شهدت تحول 650,000 كم<sup>2</sup> من أراضيها إلى أراض متصحرة خلال 05 سنة فقط. وفي السودان فإن خط جبهة التصحّر تقدم بمعدل 90 إلى 100 كم في السنة، خلال السنوات الأخيرة. وإن مساحة 1% من الأراضي المروية في العراق يتملح سنوياً أي تصبح في نطاق الأراضي المتصحرة وفي سوريا، فإن نسبة الأراضي المملحة تقارب 50% من الأراضي الزراعية.

وتتسارع في العراق ظاهرة التصحّر والتملح وتقدر نسبة الأراضي الزراعية التي تعاني من التملح ب 50% بسبب إهمال النظام الدكتاتوري المنهار لسنوات قطاع الزراعة والري وهدر الجزء الأكبر من موارد العراق على مغامراته العسكرية الطائشة. وهذه الإحصائية على أقل تقدير تعود لفترة ما قبل كارثة غزو الكويت في 1990 فما بالك الآن وقد رزح العراق 13 سنة تحت وطأة الحصار الاقتصادي وتعرض إلى حرب ثالثة. أضف إلى ذلك الكارثة البيئية التي نفذها النظام بتجفيف اهورا العراق إذ جفف أكثر من 20000 كم<sup>2</sup> أي ما يعادل 90% من مساحتها هذه التي كانت تمثل أوسع مساحة مائية في النظام البيئي في الشرق الأوسط إذ تزيد على ضعف مساحة لبنان. ومن المعروف إن الاهورا كانت غنية بمواردها النباتية والزراعية والحيوانية والسلمكية إضافة إلى محافظتها على التوازن البيئي. واستناداً لأحدث دراسة قامت بها جامعة أكستر البريطانية تبين أن نسبة خطر الملوحة في الأراضي أصبحت عالية جداً وأن كارثة ضياع مناطق استيطان الحيوانات حتمية ولا مناص منها بسبب تجفيف الاهورا. نفذ النظام جريمة التجفيف تحت ذريعة توسيع نطاق الأراضي الزراعية، فيما تكذب الإحصاءات الرسمية التي تنشر هذه المزاعم فقد تراجع مساحة الأراضي الصالحة للزراعة من 78,5

مليون هكتار في 1994 إلى 54،5 مليون هكتار في 1998. وهذا يبين بجلاء أن الهدف الحقيقي من هذه العملية هو قمع قوى المعارضة المسلحة التي كانت تنشط في هذه المناطق. الآن بعد أن سقط النظام فيمكن أن تعود الاهوار إلى طبيعتها السابقة إذا ما تمت العملية وفق دراسات بيئية وعلمية واقتصادية واجتماعية لتلافي النتائج السلبية لهذه العودة.

يجتاح التصحر الأرض في الأقطار العربية بهذه المعدلات المتسارعة في الوقت الذي يتطلب زيادة الإنتاج الزراعي والحيواني لمواجهة النمو السكاني وارتفاع مستوى المعيشة.

للتصحّر مؤشرات طبيعية وأخرى بشرية ورغم الاقتران بأهمية الأخيرة وكونها وثيقة الصلة من قلب المشكلة إلا ان الدليل على وضعها كأساس للقياس لم يتوفر بعد بشكل نظامي وفي ضوء الكثير من الاعتبارات الأخرى ثبت انه من الصعب مراقبتها لذلك لم تستخدم كمؤشرات أولية في تقييم برنامج الأمم المتحدة للبيئة. لذا سنورد هنا أهم المؤشرات الطبيعية التي تتمثل في: غزو الكثبان الرملية للأراضي الزراعية، تدهور الأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار، تملح التربة، إزالة الغابات وتدمير النباتات الغابية، انخفاض كمية ونوعية المياه الجوفية والسطحية، تدهور المراعي، انخفاض خصوبة الأراضي الزراعية، اشتداد نشاط التعرية المائية والهوائية، زيادة ترسبات السدود والأنهار واشتداد الزوابع الترابية وزيادة كمية الغبار في الجو. ويمكن استخدام هذه المؤشرات وغيرها في تعيين حالة أو وضعية التصحر في المناطق المختلفة من أقطارنا العربية والتي يقصد بها درجة تقدم عملية التصحر في الأراضي والتي يقررها المناخ والأرض والتربة والغطاء النباتي من ناحية ودرجة الضغط البشري من ناحية ثانية.

#### درجات التصحر

تعد ظاهرة التصحر من المشاكل الهامة وذات الآثار السلبية لعدد كبير من دول العالم وخاصة تلك الواقعة تحت ظروف مناخية جافة أو شبة جافة أو حتى شبة رطبة وقد ظهرت أهمية هذه المشكلة مؤخرا خاصة في العقدين الأخيرين بشكل كبير وذلك للتأثير السلبي الذي خلقته على كافة الأصعدة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. وعلى الرغم من قدم ظاهرة التصحر إلا انه في الفترة الأخيرة تفاقمت إلى الحد التي أصبحت هذه المشكلة تهدد مساحات كبيرة جدا وأعداد هائلة من البشر بالجوع والتشرد والقول.

تختلف حالات التصحر ودرجة خطورته من منطقة لأخرى تبعا لاختلاف نوعية العلاقة بين البيئة الطبيعية من ناحية وبين الإنسان، وقد حددت الأمم المتحدة أربع حالات للتصحّر هي:

1- **التصحّر الشديد جدا** ويتمثل بتحول الأرض إلى وضعية غير منتجة تماما وهذه لا يمكن استصلاحها إلا بتكاليف باهظة وعلى مساحات محدودة فقط وفي كثير من الأحيان، تصبح العملية غير منتجة بالمرّة والأراضي هذه كانت تتمتع بقدرات إنتاجية كبيرة، كما في العراق وسوريا والأردن ومصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب والصومال. حيث تكوين كثبان رملية ونشطة وتكوين العديد من الأخاديد والأودية وتملح التربة مما أدى إلى تدهور التربة وهو الأخطر في أنواع التصحر.

2- **التصحّر الشديد** وينعكس بانتشار النباتات غير المرغوب فيها وانخفاض الإنتاج النباتي بنسبة 50% مثال على ذلك الأراضي الواقعة في شرق وشمال غرب الدلتا في مصر. وهو انتشار الحشائش والشجيرات غير المرغوبة على حساب الأنواع المرغوبة والمستحبة وكذلك زيادة نشاط التعرية مما يؤثر على الغطاء النباتي وتقلل من الإنتاج.

3- **التصحّر المعتدل** حيث ينخفض الإنتاج النباتي بحدود 25% من أمثلة ذلك ما موجود في مصر. وهو تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي وتكوين كثبان رملية صغيرة أو أخاديد صغيرة في التربة وكذلك تملح للتربة مما يقلل الإنتاج.

4- **التصحّر الطفيف** ويتمثل بحدوث تلف أو تدمير طفيف جدا في الغطاء النباتي والتربة أو لا يكون هناك تدمير أصلا ولا يؤثر على القدرة البيولوجية للبيئة مثل ما موجود في الصحراء الكبرى وصحراء شبه الجزيرة العربية.

إن مقياس استمرارية تهديد التصحر يعبر عنه بخطر التصحر وهو يقيم على أساس سرعة درجة حساسية الأرض للتصحّر من ناحية، ودرجة الضغط البشري والحيواني من ناحية ثانية. وتحدد درجة خطورة التصحر بثلاث فئات هي: العالية جداً والعالية والمعتدلة. وهذه الفئات الثلاث توجد في البلاد العربية. ولكن من المهم أن يتم التعرف على درجة خطورة التصحر لأن ذلك يساعد على كشف سرعة التدهور في النظم البيئية ومن ثمة يساعد على وضع الحلول المناسبة للتصدي للتصحّر عبر الزمان والمكان.

### - التربة والغطاء النباتي

يعرض هذا الجزء للمتغيرين معاً نظراً للارتباط الوثيق بين التربة والغطاء النباتي، وسنحاول إلقاء الضوء على أهم التربات في العالم العربي مع التركيز على التربة الصحراوية، التي تنتشر في الصحاري العربية وغطائها النباتي. ويمكن تصنيف التربة في العالم العربي إلى ثمانية أنواع هي: التربة الفيضية، والحشائش المدارية، والإستبس، والصحراوية، والمرتفعات، والقوز، والمدارية الحمراء، والبحر المتوسط.

وتتكون التربة الصحراوية من الرمال الناعمة والحصى، ويغلب على لونها اللون الأصفر أو الرمادي، الذي يغلب عليه الحمرة في بعض الحالات. وتعد التربة في الواحات والأودية الجافة من أخصب نطاقات التربة الصحراوية وأصلحها للعمليات الزراعية، حيث تتوافر بها نسبة محدودة من العناصر العضوية ونقل نسبة الأملاح فيها.

وتعد التربة الصحراوية عموماً من التربات الفقيرة في العناصر العضوية، ويرجع سبب ذلك إلى جفاف الصحراء، والفقر الذي يخيم على هذه البيئة في الغطاء النباتي والحيواني لندرة الأمطار. وهناك محاولات جادة من قبل الدول العربية لاستصلاح هذه التربات واستزراعها وسنعرضها في موضع تالٍ للتعرف عليها.

وترتفع عادة نسبة الأملاح الذائبة في الطبقة السطحية من التربات الصحراوية، ويرجع سبب ذلك إلى قلة الأمطار، التي تعمل على إذابة الأملاح الموجودة في التكوين الصخري، إلا أن هذه الأملاح، نتيجة للارتفاع الشديد في درجة الحرارة، تتجمع بفعل الخاصية الشعرية على سطح التربة مما يؤدي إلى تملحها.

وتؤدي الرياح دوراً هاماً في تعرية التربة الصحراوية، من خلال عمليات النحت، والنقل، ثم الإرساب. خصوصاً في مساحات من التربات الصحراوية، التي تشكل تربات مناسبة للتوسع الزراعي والرعي، إذا توفرت المياه اللازمة للنشاط البشري. وقد تكون هذه المساحات أراضي بهادا أي أراضي مروحات رسوبية عند حضيض المنحدرات في الصحاري وأشبه الصحاري العربية.

وتستطيع الرياح أن تنقل بعض موادها السائبة أو شبه المتماسكة من مواضعها إلى جهات أخرى، خصوصاً في المناطق، التي تخلو من الغطاء النباتي أثناء فصل الجفاف، ويؤثر ذلك على النشاط البشري، والتجمعات العمرانية، والطرق، والمنشآت، وتحدث بذلك ظاهرة التصحر.

وأما الغطاء النباتي في الصحاري العربية، فهو غطاء فقير، يرجع سببه إلى ندرة الأمطار وموارد المياه، ولذلك نجد أن هذا الغطاء يتكون من نباتات تتحمل الجفاف الشديد، بل تقاوم هذا الجفاف بطرق عديدة، من أهمها اختزان المياه في سيقانها، وأوراقها كما في نباتات الصبير.

وتحاول هذه النباتات التحايل على ظروف الجفاف في الصحاري العربية، وذلك عن طريق امتصاص ما تحتاج إليه من الرطوبة من الندى، أو الضباب، أو امتداد الجذور إلى أعماق بعيدة عن سطح الأرض حتى تصل إلى منسوب المياه الجوفية، أو تستفيد من الرطوبة الأرضية كأشجار النخيل، والزيتون التي تناسب البيئة الصحراوية الجافة وشبه الجافة.

وتتساقط البذور من بعض هذه النباتات وتظل موجودة في التربة لحين تساقط الأمطار في المواسم التالية، بحيث تنمو مرة أخرى عقب سقوط الأمطار مباشرة، وتستمر نامية لمدة شهر تقريباً، مما يعنى استمرار نموها، وجدير بالذكر أنه ينمو عند أطراف الأقاليم الصحراوية الشمالية والجنوبية غطاء عشبي مميز، لمجاورة هذه الأطراف لنطاقات تنتمي لأقاليم مطيرة، تتمثل في أقاليم البحر المتوسط شمالاً والإقليم المداري جنوباً.

### أنماط التصحر بالتربة الزراعية

تعد عملية تدهور التربة الزراعية من أخطار التصحر الأولية التي تهدد نطاق السهل الفيضي، لأنها انعكاساً لتعميق الظروف الجافة من خلال تدهور الطاقة البيولوجية للبيئة بما يقلل من قدرتها على إعادة استخدامات الأراضي الريفية، وهذا ما يعرف بالتصحّر (1) Desertification والذي يعني تردي الأراضي الزراعية نتيجة عوامل مختلفة

وقد يكون التدهور البيئي بسيطاً أي في مراحله الأولى، بحيث يمكن السيطرة عليه بطرق سهلة، وتكلفة منخفضة، وفي وقت قصير، أو يكون شديداً يصعب علاجه مما يتطلب جهداً كبيراً ويجب في هذه الحالة الأخذ بالتأهيل البيئي أي اتخاذ إجراءات علاجية ووقائية لإعادة إمكانيات الموارد وتحسينها على أن تتم هذه الإجراءات في إطار بيئي ملائم، وبتكلفة اقتصادية مناسبة.

وقد حددت الهيئة العامة للزراعة في الولايات المتحدة الأمريكية U.S.D.A المعدلات المقبولة لظاهرة انجراف التربة الزراعية حيث لا تزيد تلك المعدلات عن 12.5 طن/هكتار/السنة وذلك تبعاً للشروط المناخية وخصائص التربة وعمقها وخصوبتها.

وقد صنفت بعض الدراسات السابقة عملية التدهور إلى نمطين:

**الأول: تدهور كمي والذي لا يمكن تحسينه ويصعب علاج آثاره وإزالة أسبابه.**

**الثاني: تدهور نوعي والذي يمكن تحسينه وإزالة آثاره وأسبابه.**

وتتمثل عملية تدهور التربة في أربعة أشكال مختلفة هي التغدق (1) والتملح (2) والانجراف (3) والتجريف (4) وتؤدي تلك الأشكال إلى تدهور التربة الزراعية مما يجعلها بيئة غير صالحة لنمو وانتشار جذور النباتات

**- أشكال تدهور التربة وأسبابها**

تتعدد أشكال تدهور التربة بنطاق السهل الفيضي والذي يعد مؤشراً لحدوث التصحر بالبيئة الزراعية والذي يؤدي إلى ضعف خصوبة التربة الإنتاجية، وتتمثل مظاهر تدهور التربة بمنطقة الدراسة في الآتي:

#### أ- تغدق التربة

تحدث عملية التغدق عندما تتشبع التربة بالمياه فأنها تتعرض للتبخّر مما يؤدي لترسيب الأملاح فوق سطح التربة، ومن أهم العوامل التي تؤدي إلى عملية التغدق هو تأثير الآبار الجوفية.

ويرتبط تأثيرها بمظهرين، الأول هو الاعتماد على مياه الآبار والعيون والتي بدورها تحتوي على أنواع عديدة من الأملاح والثانية هو ارتفاع منسوب المياه الجوفية، ويعد المظهر الثاني من العوامل التي تؤدي إلى تغدق التربة، حيث أن المياه المتسربة خلال صخور القشرة الأرضية تعمل على تشبع التربة بالمياه، ويحدث ذلك عند الضخ من الآبار أو عند التصاعد الشعري (5)

يعتبر الخزان الجوفي بمحافظة سوهاج خزناً كبيراً مغلقاً، حيث تمتد طبقات الرمل والزلط المتشعبة بالمياه الجوفية على أعماق مختلفة تتراوح ما بين 3-100 متراً، بسمك يتراوح ما بين 25-60 متراً

#### ب) تملح التربة

<sup>1</sup> (أطلق اصطلاح التصحر هيئة الأمم المتحدة عقب المؤتمر الدولي الذي عقد عام 1977 في نيروبي لمناقشة ظواهر الجفاف، وفي عام 1994 وضعت اتفاقية دولية لمكافحة التصحر في البلدان التي تعاني من الجفاف الشديد أو التصحر وبخاصة في أفريقيا.

(1) التملح : عبارة عن زيادة في تركيز الأملاح بمنطقة الجذور نتيجة تراكم الأملاح في التربة السطحية مما يعوق النمو نتيجة لصعوبة امتصاص جذور النباتات للرطوبة وكذلك إتلاف أنسجة الأوراق.

(2) الانجراف : هي عملية الإزالة الجزئية أو الكلية للمواد المفككة التي تتكون منها التربة سواء كان ذلك بواسطة المياه أو الرياح.

(3) التجريف هي عملية الإزالة الجزئية أو الكلية للمواد المفككة التي تتكون منها التربة بواسطة الإنسان.

(4) قامت بعض الأبحاث بدراسة مشكلة الأراضي الجافة (عادل عبدالسلام، 1984، ص 381) وأثبتت أن

اختلاف سرعة التصاعد الشعري للمياه يتوقف على نوع الصخور والتربة التي تمر بها المياه



من المعروف أن نتيجة تطبيق نظام الري الدائم وتكرار ري الأراضي وزراعتها بأكثر من محصول، بدأت مشكلة الملوحة في الظهور في بعض الأراضي حيث ارتفاع نسبة الصوديوم والكالسيوم بالتربة الزراعية. وتعمل بعض الترع على زيادة ملوحة الأراضي الزراعية عن طريق الرشح مع غياب نظام الصرف الجيد، مما يؤدي إلى تركيز الأملاح بتلك الأراضي.

وتكمن مشكلة تملح التربة الزراعية ببعض الأراضي الزراعية في الإكثار من مياه الري وتواليها بدون شبكات صرف مناسبة، حيث يؤدي قلة تصريف المياه الفائضة عن الري إلى تجميعها حول الجذور النباتية فتسوء المحاصيل الزراعية كما تتفقر مكونات خصوبة التربة بسبب ارتفاع نسبة الأملاح بها إلى تغذيتها.

وترتبط مشكلة تملح التربة الزراعية بالاعتماد على مياه الآبار في ري الأراضي الزراعية، حيث تحتوي مياه الآبار الجوفية على أنواع عديدة من الأملاح مما يؤثر على التربة الزراعية وتكمن خطورة تدهور التربة في نظام الري الخاطئ بدرجة أكبر من كونها تستخدم مياه مالحة نسبياً في عمليات الري حيث نتيجة استخدام طريقة الري التقليدية التي تنم من خلال المياه الجوفية بحيث يروى أحد الحقول ثم تنصرف منه المياه نحو الحقل المجاور وهكذا إلى أن ينتهي بها الأمر إلى التجمع في أكثر المناطق انخفاضاً في المنسوب وينتج عنه زيادة واضحة في محتوى التربة من الأملاح.

بالرغم من أن العوامل المناخية لها دور أساسي في انتشار التصحر إلا أن الأنشطة البشرية لها دور محتوى الملحي والمعدني وإذا لم يؤدي ذلك إلى عدم صلاحية الأرض للزراعة فإنه يؤدي إلى فقد النباتات غير متحملة الملوحة وفقدتها كمورد بيولوجي واقتصادي هام و الزراعة التقليدية أيضاً تتسم بأنها مكثفة ومهلكة للأرض نتيجة الاستخدام المفرط للأسمدة الكيماوية والمبيدات مع انعدام استخدام الدورات الزراعية المريحة لطبقات الأرض، مع ترك الأرض بدون زراعة فترة من الزمن حتى زراعة المحصول التالي بهدف المكاسب المادية على حساب المحافظة على خصوبة الأرض كل تلك الأسباب تؤدي إلى تدهور الأراضي وانخفاض إنتاجيتها علاوة على القضاء على الكائنات الحية التي توجد تحت سطح التربة والتي لها دور أساسي في زيادة خصوبة التربة علاوة على دورها في حفظ التوازن البيولوجي بينها وبين غيرها من الكائنات الحية مما يحدث في نهاية الأمر خلافاً في التوازن البيئي.

### تكمن تلوث التربة المسببة للتصحّر في: -

#### 1- استخدام المبيدات الحشرية

هناك عدة تعاريف لهذا الاصطلاح، لكن أصلها وأنسبها من وجهة نظرنا، هو ذلك التعريف الذي ينص على أنها: مركبات كيميائية تخليقية، تنتمي عادة إلى فئة المركبات العضوية، وتستخدم بهدف إبادة وقتل الآفات التي تصيب النباتات الزراعية، أو التي تضايق البشر بوجه عام.

وهناك أنواع شتى من المبيدات الحشرية تختلف في تركيبها الكيميائي وفي أثارها السامة، كما تختلف في شدة تلويثها للبيئة، بالإضافة إلى تباينها في الخصائص الفيزيائية المميزة لها، مثل ميلها للذوبان في الماء أو قابليتها للتبخّر أو التطير، أو مقاومتها لعمليات التحلل الكيميائي المختلفة، أو الصورة العامة التي تكون عليها (مسحوق - حبيبات - محلول - أبخرة ..... الخ

ويستهلك العالم حالياً أكثر من أربعة ملايين طن من المبيدات الحشرية كل سنة، ورغم ذلك فإن الحشرات ما زالت تقضي فعلياً على نصف كمية المحاصيل الزراعية قبل نضجها وحصادها، وفي الولايات المتحدة الأمريكية وحدها قدر أن ما قيمته خمسمائة ألف طن من المبيدات الحشرية يتم استعمالها سنوياً لإبادة الحشرات والقوارض والأحياء المجهرية التي تهاجم المحاصيل، وتكلف هذه الكمية نحو بليونين ونصف البليون من الدولارات

#### مجموعات المبيدات الحشرية:

من الصعوبة حصر عدد المركبات الكيميائية التي تم تخليقها واختبارها، و تلك التي أثبتت كفاءتها في مجال مكافحة الآفات منذ الحرب العالمية الثانية، وعلى العموم، يمكن تقسيم هذه المبيدات إلى قسمين: المبيدات غير العضوية *Inorganic Pesticides*، و المبيدات العضوية *Organic Pesticides*، و فيما يلي نبذة موجزة عن كلا القسمين:

#### أ- المبيدات غير العضوية:

كانت هذه المبيدات تستخدم قبل تصنيع المبيدات العضوية، وقد شاع استخدامها في صورة أطعمة سامة وكانت تستهدف قتل الحشرات ذات الفم القارض أساساً، وبعض الحشرات ذات الفم الماص، والثاقب الماص، واللاعق، وأهم هذه المبيدات ما يلي:

#### - مركبات الزرنيخ:

وهي مركبات شديدة السمية، إذا لها القدرة على قتل جميع صور الحياة، ويتوقف تأثيرها البيولوجي على ذوبانها في الماء، وتعتبر مركبات زرنين كالسيوم من أكثر المواد الزرنينية التي استعملت في مكافحة الآفات الحشرية في مصر، وبخاصة دودة ورق القطن، حيث كانت تستخدم مخلوطة مع الجير المطفأ ومسحوق الكبريت ومن بين مركبات الزرنين التي استخدمت أيضا في مقاومة الآفات: مركب زرنين الصوديوم، حيث استعمل كمبيد للحشائش لشدة تأثيره الضار عليها، كما استخدم في تجهيز الورق القاتل للذباب وتعتبر زرنين الرصاص أحد المبيدات الحشرية التي لاقت قبولاً أو إقبالا في فترة من الزمن، وذلك نظرا لسهولة ذوبانها وتوزعها في الماء توزيعا متجانسا، ولثباتها العالي على الأسطح النباتية، إلا أنه أوقف استخدامها بسبب احتوائها على عنصر الرصاص الشديد السمية، الذي يتراكم في عظام الحيوانات عند تناولها للنباتات التي سبق رشها بزرنينات الرصاص وينفذ الزرنين من بشرة الأوراق النباتية، ويدخل عن طريق الجذور صاعدا لأعلى النبات، وهو يؤثر في بروتوبلازم الخلايا النباتية مسببا سقوطها بعد الجفاف، كما أنه يؤدي إلى إيقاف انطلاق الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية داخل جسم الإنسان، أو إحداث خلل في هذه العملية

#### - مركبات الفلور:

تستخدم هذا المركبات السامة في مكافحة الآفات المنزلية وحفظ الأخشاب، ويعتبر فلوريد الصوديوم من أوائل المواد المستخدمة لذلك، حيث استعمل في مكافحة الصراصير، كما استعمل فلوريد الباريوم في مكافحة الفراشات وفلوريد البوتاسيوم في وقاية الأخشاب، و فلوريد الرصاص في مكافحة يرقات البعوض. ومركبات الفلور سموم خطيرة، وتنفذ تأثيراتها السامة على الحشرات في استخدام مركبات الزرنين.

#### - مركبات الزئبق:

لأبخرة الزئبق سام على الحشرات وعلى إنبات الحبوب، وتستخدم محلول كلوريد الزئبق - الشديد السمية - لتعقيم مرقد التقاوي المصابة ببعض الفطريات، ولطرد بعض الحشرات التي تصيب الكرنب، كما يستخدم كلوريد الزئبق كمطهر للبذور، وكذلك في أغراض مكافحة آفة جذور الكرنب، ويستعمل أكسيد الزئبق في معالجة قاع السفن لحمايتها من الطحالب، والديدان الأنبوبية، وبعض القواقع.

#### - مركبات الفوسفور غير العضوية:

يعتبر فوسفيد الزنك من أهم مركبات هذه المجموعة، حيث يستعمل في مكافحة الفئران، وحين يلامس هذا المركب الرطوبة فإنه يتحلل وينطلق منه غاز (الفوسين) الشديد السمية والقابل للاشتعال

#### - الكلورات والبلورات:

وهي تستخدم كمعقمات للتربة، وكمبيدات حشائش، وكمسقطات للأوراق ويستخدم (هيبوكلوريت الصوديوم) في محاليل غسل الفواكه والخضراوات، كما استعمل البوراكس وحمض البورك في مكافحة الصراصير والديدان

#### - مركبات الكبريت:

من الشائع استخدام المواد المحتوية على عنصر الكبريت في مكافحة الفطريات المسببة لأمراض البياض الدقيقي على الخضراوات والفواكه، وفي مكافحة جرب المواشي والأغنام، ويعد الاستخدام المباشر برشها على النباتات مخاطر كبيرة، إذ قد يؤدي استخدامها إلى حرق النباتات إذا وصلت الحرارة إلى 85 درجة فهرنهايت، وقد ثبت أمام بعض المستحضرات العضوية من الكبريت على النباتات الخضراء، مثل ثنائي - ثيوكاربامات

#### .Dithiocarbamate

#### ب-المبيدات العضوية:

وهي تنقسم إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي:

- مبيدات موجودة طبيعيا في النباتات، مثل أحماض البوليتيك Boletic Acids، وهي عبارة عن مضادات حيوية موجودة في بعض النباتات السامة مثل نبات الفاريتون

- مبيدات حشرية من أصل نباتي Botacial Insecticides، مثل البييرثرينات Pyrethrins التي تستخلص من زهور البيرثرم، والتي تتصف بشدة فاعليتها ضد الحشرات الطائرة

- مبيدات تم تخليقها صناعيا، مثل الـ D . D . T . ومشتقاته، وسادس كلوريد البنزين، واللندين والمبيدات الفوسفورية العضوية، والمبيدات الكربماتية

وسوف نستعرض هنا في إيجاز هذه المبيدات

#### الـ DDT ومشتقاته :

يعرف (DDT) كيميائيا باسم " ثنائي كلور ثنائي فينيل ثلاثي كلور إيثان " P – Dichloro Diphenyl trichloro ethane وقد تمكن زيدلر Zeidler الألماني من تحضيره بالصدفة عام 1874 م ، وقد قام هذا العالم بعد ذلك بتسجيل خصائص هذا المركب الطبيعية والكيميائية ، دون أن يعلم شيئا عن أهمية اكتشافه في مجال مكافحة الآفات

وفي معامل شركة ( جايجي ) السويسرية ، تمكن الباحث ( مولر ) Muller عام 1939 م من الكشف عن فاعلية هذا المركب على الحشرات ، و أنشئ أول مصنع لتحصير هذا المركب في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1943 م بعد ثبوت فاعليته ضد العديد من الآفات وظل الـ DDT حكرا على الحلفاء حتى انتهاء الحرب العالمية الثانية ، حيث استعمل على نطاق واسع في الاستخدامات المدنية مثل مكافحة الآفات التي لها علاقة بالصحة العامة كالذباب و البعوض .

وقد استعمل هذا المبيد خلال الحرب العالمية الثانية للحد من وباء لتيفوس في نابولي بإيطاليا كما استعمل في حماية الجنود في جزر المحيط الهادي من بعوض الملاريا و في الفترة من 1946 م إلى 1956 م .  
وقد أدى استخدام هذا المبيد في جزيرة سيلان ( سريلانكا حاليا ) إلى خفض خطر مرض الملاريا من قرابة ثلاثة ملايين حالة إلى 7300 حالة فقط .

وقد استخدم الـ DDT إلى أن أصبح هناك العديد من السلالات الحشرات المقاومة لتأثير المركب ، و لقد حدثت زيادة وبائية في الآفات غير الاقتصادية بعد استخدام الـ D.D.T . في مصر مثل العنكبوت الأحمر ، هناك عدة مشتقات للـ D.D.T. تقوم بعمله وهي تتصف بثباتها الشديد وبطء تحللها في التربة.  
سادس كلوريد البنزين:

عرف سادس كلورد البنزين كمركب كيميائي لسنوات عديدة قبل أن تكتشف خصائصه المتعلقة بإبادة حشرات، و لقد تم تصنيع هذا المركب أول مرة في عام 1825 م على يد ( ميشيل فارادي ) Michael Faraday ، و قد أوقف استخدام هذا المبيد الحشري في عدد من البلدان بعد أن كشفت دراسات السمية على المدى الطويل عن دوره في إحداث السرطان  
**اللندن Linden :**

هو أحد متماثلات ( إيزومرات ) Isomers مركب سداسي كلورو الهكسان الحلقي Hexachloro Cyclohexane و قد استخدم على نطاق واسع في مكافحة الآفات المنزلية ، كالقراد و القمل وبق الفراش و البراغيث ، و مكافحة الحفار و الآفات الزراعية  
ونظرا لكثرة استخدامه فقد اكتسبت الحشرات مناعة ضد تأثيره السام

#### \*المبيدات الفوسفورية العضوية:

هذه المبيدات عبارة عن استرات Esters لحمض الفوسفوريك أو الثيوفوسفوريك أو الفوسفونيك أو البيروفوسفوريك، أو مشتقاتها المحتوية على الهالوجينات، أو النيتروجين أو غيرها.  
وهي تتميز بسرعة تحللها المائي في الوسط الموجودة به، ويرتبط الوجود البيئي لهذه المبيدات كثيرا بهذه الخاصية، حيث أن ثباتها في البيئة أقل بكثير من ثبات الـ D.D.T. ومشتقاته، وسادس كلوريد البنزين.  
وتحدث هذه المبيدات التأثيرات البيولوجية السامة عن طريق مناهضة فعل و نشاط إنزيم الاستايل كولين إستريز الموجود في الجهاز العصبي للحشرات، مما يؤدي إلى تراكم الوسيط الكيميائي المعروف بالاستايل كولين فيسبب الشلل و الموت للحشرة .

#### \* المبيدات الكربماتية Carbamate Insecticides :

تؤثر هذه المبيدات في أعصاب الحشرة، وفي إنزيم الاستايل كولين إستريز أيضا، وهي تتصف بذوبانها العالي في الماء بدرجة تفوق المبيدات الكلورية والفوسفورية، وهذه الخاصية تؤثر بدرجة كبيرة في سلوكها في البيئة

وهي شديدة السمية على الثدييات و من أهم أنواعها: البايجون، والسيفين واللانيت وتستخدم مكافحة براغيث الماء و خنفساء الفول المكسيكية، والعنكبوت الأحمر ذي النقطنين ، و حوريات الصرصور الأمريكي ، و الذباب المنزلي

ومن أهم خصائص هذه المبيدات صفة التراكم – التي سبق أن اشرنا إليها – حيث تظل عالقة بالتربة الزراعية فترة طويلة من الزمن قد تصل إلى 15 سنة، بجانب أن هذه المبيدات تضعف التربة، لأنها تقتل كثيرا من البكتريا المفيدة الموجودة فيها.

ولعل ذلك سبب تدهور إنتاجية الأراضي الزراعية في العديد من دول العالم فرغم استخدام الأسمدة الكيميائية و استعمال الأساليب الزراعية الحديثة إلا أن معدلات الإنتاج الزراعي انخفضت بمقادير كبيرة.

كما تأثرت نوعية المحاصيل والفواكه، وذلك نتيجة للإفراط في استخدام المبيدات الحشرية التي أدت إلى هلاك عشرات الأنواع من البكتيريا – التي خلقها الله في التربة الزراعية – لتثبيت النيتروجين من الهواء الجوي ولتحليل المواد العضوية

وتمتص النباتات المبيدات الحشرية مع الماء و تركزها في سوقها و أوراقها وأزهارها وثمارها وبذلك تصبح ملوثة، وينقل هذا التلوث إلى غذاء الإنسان مباشرة بتناوله هذه النباتات، أو بتناوله لحوم الحيوانات التي تتغذى على النباتات الملوثة مثل الماشية والأغنام والدواجن والأرانب، ومن المضحك المبكي أن الحشرات

أصبحت تتمتع بحصانة ومناعة ضد تأثير المبيدات، في حين تموت الطيور والحيوانات التي تتغذى على النباتات الملوثة بهذه المبيدات.

تعتبر هذه المبيدات مواد كيميائية وتستخدم في مجالات الزراعة والصحة العامة للقضاء على الآفات وغيرها من الطفيليات التي تهدد حياة الإنسان بنقلها للأمراض المختلفة وهي نوعان (مبيدات طبيعية - مبيدات صناعية) وتنقسم المبيدات حيث استخدامها إلى (مستحضرات سائلة، جافة، كبسولات) أما من حيث تأثير المادة الفعالة فتتنقسم إلى (سموم قاتلة - سموم ضارة بالمكروبات - مواد جاذبة للآفات وغيرها).

وتقسم منظمة الصحة العالمية المبيدات تبعاً لخطورتها على صحة العاملين بالتصنيع وغيرها إلى أربع أنواع (القاتلة - شديدة السمية - متوسطة السمية - مأمونة نسبياً).

#### من العوامل التي يتوقف عليها تأثير المبيدات

- مدى سمية المادة الفعالة التي تدخل في تركيب المبيد وتركيز الجرعة  
- الخواص الطبيعية والكيميائية لهذه المادة وعلاقتها بدرجات الحرارة فمثلاً مبيد البارثيون تزداد سميته في درجة الحرارة المرتفعة.

- مدة التعرض للمبيد فيزداد الخطر كل ما ازدادت فترة التعرض له.

ولقد ظهر علم جديد يسمى (علم التسمم البيئي) ويدرس نسب التفاوت في المركبات الكيميائية داخل المنظومة البيئية وقتلها للمواد العضوية واختلال النظام البيئي فالكائنات الدقيقة صديقة البيئة تهضم المواد العضوية وتحولها مواد صالحة للنبات الذي يستخدم CO<sub>2</sub> الناتج من كائنات أخرى ويؤدي لاستخدام الكثيف للمبيدات الاختلال بالتوازن وتلوث عناصر البيئة من تربة وماء ونبات وحيوان مما يصعب على منظمات البيئة بعملها منذ عشرين سنة عثر على المبيدات في لبن الأمهات بنسبة 70% والذي يسبب الإلام في العظام والكلية وكبد الاجنة المجهضة.

#### من صور التلوث بالمبيدات ومخالفاتها ما يلي:

(المواد الزراعية الخام الوجبات الجاهزة الكاملة، المياه، مخالفاتها في اللحوم مخالفاتها في الالبان وغيرها).

1-تلوث المواد الزراعية الخام: (تلوث البذور والنباتات) وذلك يحدث بثلاثة طرق.

أ) عن طريق المعاملة المباشرة بالكيمويات الزراعية بمعالجة الآفات التي تصيب المحاصيل خاصة محاصيل القطن والاسراف فيها يؤدي إلى الخلل بالتوازن البيئي الأمر الذي يؤدي ظهور سلالات جديدة من الآفات لا تتأثر بالمبيدات. وثبت ان 40% من سكان العالم معرضون بالإصابة بمرض الملاريا لان البعوض المسببة للمرضى اصبحت أكثر، مقاومة للمبيدات.

ب) فطريقة الرش بالطائرات غير مناسبة لظروفنا الزراعية في مصر لأن جزء كبير منها يضيع هباءً وينجرف بالطائرات الهوائية بزراعات أخرى فيؤثر عليه.

ج) من الطرق الملوثة بالمبيدات حيث أن الأرض تحتفظ بالمبيدات في مصر من 117 عام بنسبة 10% إلى 40% من المبيد المستخدم.

2-الأسمدة الكيميائية التي تضاف إلى الأراضي الزراعية أساساً لإخصاب التربة، تؤدي هي الأخرى إلى بعض الآثار الجانبية التي تقلل من قيمة المواد الغذائية، بالإضافة إلى تلويثها للتربة

3-استخدام المواد الكيميائية الحافظة في صناعة وتعليب المواد الغذائية، فعلى الرغم من أن هذه المواد تطيل عمر الغذاء، إلا أنها تصبح سامة إذا تجاوزت الحد المطلوب، كما ثبت حدثاً أن البعض من أنواعها مضر حتى في التركيزات المخففة جداً

4-استخدام الألوان والصبغات ومكسبات الرائحة في صناعة المنتجات الغذائية، حيث تبين أن هذه المواد مسؤولة عن عديد من أمراض السرطان، فقد اتضح - على سبيل المثال - أن صبغة النعناع الأخضر الاصطناعية شديدة الخطورة.

وكذلك الأمر بالنسبة للشرب الاصطناعي للبرمان، والصبغات المستعملة في صنع بعض أنواع الحلوى السكرية، وصبغات رقائق البطاطس، والألوان المشابهة للون البرتقال، والحساء المحتوي على عصير الطماطم الذي أضيف إليه لون اصطناعي

وتكاد تكون هذه الألوان شيئاً مألوفاً في حياتنا اليومية، وللأسف فإن مخاطرها تزداد لدى الشعوب الجاهلة ذات الثقافة الصحية الهزيلة

ومن أشد المواد المسببة للسرطان وأكثرها فعالية في إثارة ذلك الورم الخبيث لدى الإنسان: مادة " 4 ثاني مثيل أمينو أزوبنزول 4، Dimethyl amino azobenzol التي تستخدم لصبغ المارجرين لإعطائه شكل الزبدة الطبيعية، وذلك لخداع المستهلكين

5-المعادن الثقيلة التي يتم التخلص منها بإلقائها في البحار أو في التربة الزراعية كالزئبق والكاديوم، وهذه المعادن سامة جداً، وتعتبر الأسماك في طبيعة الأغذية التي يمكن أن تتلوث بمثل هذه السموم، وقد أصبح من

المعروف أن الأسماك التي يتم اصطيادها من بعض مناطق الشرق الأقصى، وبعض أنواع السمك التي تعيش في مياه البحر الأبيض المتوسط أصبحت غير صالحة لاستخدام الإنسان، نظرا لتلوثها بهذه المعادن الثقيلة

6- استخدام الهرمونات للتعبيل بنمو الحيوانات، وتنتشر هذه الظاهرة في الدول النامية والدول المتقدمة عي حد سواء، ففي أحدي الدول العربية لجأ مربو الدواجن إلى إضافة أقراص منع الحمل إلى أغذية الدواجن، كما اكتشفت في ألمانيا الاتحادية في عام 1988 م عجول محقونة بالهرمونات التي تسبب مرض السرطان.

وقد أشارت جريدة " الرأي العام " الكويتية في عددها الصادر في 16 أغسطس 1988 م إلى اكتشاف السلطات الحكومية في ألمانيا الاتحادية وجود عصابة دولية تقوم بتصنيع نوع جديد من الهرمونات التي تساعد على الإسراع في نمو عجول التسمين وزيادة وزنها، ولا يمكن اكتشاف ذلك عادة إلا باستخدام تقنيات حديثة لا تتوفر لدي كافة الدول، وبخاصة الدول المتخلفة أو النامية.

7- وهناك أيضا التلوث بمواد مشعة نتيجة لتساقط الغبار الذري على النباتات والتربة الزراعية، أو نتيجة لتلوث الهواء والماء بمخلفات التجارب النووية، حيث تدخل المواد المشعة إلى أجسام النباتات، وتنتقل عبر السلاسل الغذاء إلى الحيوانات والطيور والإنسان

8- المضادات الحيوية التي تضيفها معظم الدول المتقدمة إلى غذاء المواشي والأغنام والدواجن، وهي تضيفها عادة لغرضين:

الأول: معالجة الأمراض التي يعاني منها ألوان بالفعل

الثاني: تسمين الحيوانات والطيور بمعدل أسرع من معدل نموها الطبيعي

وقد تنبه العلماء إلى أضرار إضافة المضادات الحيوية إلى الغذاء الحيوان في أوائل الستينيات من القرن الميلادي الحالي، حيث تبين أن استخدام هذه المضادات بصفة دائمة يدي إلى اكتساب أنواع معينة من البكتريا مناعة ضد تأثير المضادات الحيوية ولذلك تظل هذه البكتريا موجودة في لحوم الحيوانات والطيور، ومن ثم تنتقل إلى جسم الإنسان عندما يتناول الإنسان هذه اللحوم فتسبب له أمراضا لا يمكن معالجتها بالمضادات الحيوية.

وقد اتخذت عدة دول بعض الخطوات الجادة لعلاج هذه المشكلة، وذلك عن طريق وضع القيود على أنواع المضادات الحيوية التي تضاف إلى غذاء الحيوان، أو التي تستخدم في علاجه، بحيث تصبح هذه بذلك يكون من السهل على الأجهزة الدفاعية بالجسم أن تستغل المضادات الحيوية في قتل البكتريا والفيروسات التي تسبب الأمراض للبشر.

#### ب- التلوث بمبيدات الآفات:

إن التلوث بمبيدات الآفات الظاهرة حديثة لم يعرفها الإنسان إلا في النصف الثاني من هذا القرن، ويؤدي الإسراف في استخدام هذه المبيدات إلى تلوث التربة الزراعية، فغالبا ما يتبقى جزء كبير من هذه المبيدات في الأرض الزراعية، وقد تصل نسبته إلى نحو 15 في المائة من كمية المبيد المستعمل

ولا يزول أثر مثل هذه المبيدات المتبقية في التربة إلا بعد انقضاء مدة طويلة قد تصل إلى أتر من عشر سنوات وقد تحمل مياه الأمطار بعض هذه المبيدات من التربة إلى المجاري المائية، وتسبب كثيرا من الأضرار لما بها من كائنات حية

وإذا كانت مبيدات الآفات تؤدي دورا هاما في حياه النباتات والأشجار، حيث تؤدي إلى تقليل مخاطر الآفات الضارة مثل ذباب الفاكهة ودودة القطن، فإن الإفراط في استخدام هذه المبيدات من ناحية، وعدم ترشيد استعمالها أو التوعية بأضرارها من ناحية أخرى يؤدي إلى حدوث أثار جانبية ضارة بالغة على صحة الإنسان والحيوان وعلى التربة الزراعية نفسها، بالإضافة إلى تأثيرها في النباتات.

فالنباتات التي تزرع في التربة الملوثة بمبيدات الآفات تمتص جزءا من هذا المبيدات وتخزنها في سوقها وأوراقها وثمارها، ثم تنتقل هذه المبيدات بعد ذلك إلى الحيوانات التي تتغذى بهذه النباتات، وتظهر في ألبانها وفي لحومها، وتسبب كثيرا من الضرر لمن يتناولون لحوم هذه الحيوانات وألبانها

#### \* تأثيرا المبيدات في الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة الزراعية:

إن الزيادة في أي شيء على الحد المعقول تكون ذات عواقب وخيمة، وينطبق ذلك على المبيدات الكيميائية للآفات، فهي تؤثر في الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة الزراعية.

وينقسم المشتغلون في مجال وقاية النباتات إلى فريقين عند دراسة هذا التأثير، حيث يعتقد فريق منهما أن المبيدات لا تؤثر بدرجة خطيرة في هذا المجال، ويرى الفريق الآخر أن وصول هذه المبيدات إلى التربة يؤثر في الاتزان الموجود بين مكونات التربة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية، وهو أمر يؤدي إلى تقليل خصوبة التربة الزراعية وانخفاض إنتاجيتها.

وتؤكد دراسة الآثار الجانبية للمبيدات على أراضي الزراعية قدرة وعظمة الخالق سبحانه وتعالى، حيث يحدث خلل في التوازن لموجود في البداية، ويستمر لفترات تقصر أو تطول حسب نوع المبيد والعوامل السائدة الأخرى، وبعد ذلك تعود التربة لحالة الاتزان



وفي دراسة أجريت عن أثر المبيدات على التعداد الكلي للكائنات الدقيقة ، وقد أحدثت جميع المبيدات – التي تم اختبارها – تأثيرات ضارة في الكثير من الكائنات الدقيقة المفيدة التي تسهم في تكامل عناصر البيئة في التربة الزراعية ، مثل البكتيريا المثبتة لعنصر النيتروجين ، وكذلك البكتيريا العقدية ، وبخاصة خلال الأسابيع الأربعة الأولى من رش المبيدات ، كما تبين أن المبيدات الحشرية الكيميائية تتسبب في قتل الكثير من الأحياء الدقيقة التي تستوطن التربة ، و التي تسهم في تحليل المواد العضوية و المخلفات النباتية التي ينتج عنها الدبال : المكون الأساسي للتربة الزراعية

إن استعمال بعض المبيدات الآفات قد يؤدي إلى قتل كثير من الكائنات الدقيقة التي تعيش في الماء، وهذه الكائنات لها دور هام في التوازن الطبيعي للبيئة، فهي تسهم في تنقية الماء من كثير من عوامل التلوث، وذلك لأنها تساعد على الحفاظ على نسبة الأكسجين الذائب في المياه.

#### الأثار الناجمة عن استخدام المبيدات

##### \* تأثير المبيدات على الإنسان:

نظرا للطبيعة البيولوجية النشطة لمبيدات الآفات، فإنها تسبب أضرارا خطيرة تتعلق بصحة الإنسان، ويظهر ذلك بشكل جلي في العمال المشتغلين بصناعة وتجهيز المبيدات، والفائمين بعمليات الرش، والأطفال الذين يتعرضون لهذه السموم

ومن الأمثلة البارزة على ذلك ما حدث في نيكارا جوا، حيث وقعت أكثر من 3000 حالة تسمم، وما يربو على 400 حالة وفاة بين العمال الذين يعملون في حقول القطن سنويا على مدي عشر سنوات (1962م – 1972 م) كما حدثت حالات مماثلة في بعض دول أمريكا الوسطى حي يزرع القطن على نحو تجاري

وفي الهند بلغت حالات التسمم بالمبيدات نحو 100 حالة عام 1958 ، و نحو 74 حالة في عام 1967 م ، و في سورية بلغت هذه الحالات نحو 1500 حالة من أوائل الستينيات و يتأثر الإنسان بهذه المبيدات بطريقة مباشرة ، إما عن طريق الملامسة أو عن طريق استنشاق أبخرة هذه المبيدات ، و قد يتأثر بها بطريقة غير مباشرة ، فهو يتغذى بالحيوانات والنباتات ، ويصل إليه مع هذا الغذاء كل ما يخترن من المبيدات في أنسجة هذه الحيوانات والنباتات ، وكل ما يلوث منتجاتها مثل : البيض ، واللبن والزبد ، وما إلا ذلك ، كذلك تبين أن القشدة الناتجة من عجول تربت في الحقول المعالجة بهذه المبيدات تحتوي على تركيز مرتفع يصل إلى نحو 13 جزءا في المليون Part per million مبيد ( الدايلدرين ) وهي نسبة عالية تنتقل إلى الإنسان عندما يتغذى بهذه الحيوانات ومنتجاتها

وتسبب مبيدات الآفات العديد من الأمراض الخطيرة مثل السرطان، وقد أوضحت الدراسات العلمية أن الاستخدام المكثف لهذه المبيدات في حقول القطن جنوب شرقي أمريكا أدى إلى حدوث الأورام السرطانية في الحيوانات التجارب، ومن المؤسف أن المعلومات المتاحة مازالت غير كافية لإلقاء الضوء عل التأثيرات التي تحدثها المبيدات على المدى الطويل نتيجة لاستمرار التعرض لها بجرعات غير مميتة في حدود مقادير الأمان المتعارف دوليا بالنسبة للمخلفات في الغذاء

وتمثل مشكلة مخلفات المبيدات في المحاصيل الزراعية تحديا هائلا لاستخدام المبيدات الكيميائية، وتوجد هذه المخلفات عادة في الغذاء أو في الماء بكميات صغيرة، و خلال عامي 1961 – 1967 م رفضت الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من 300 ألف رطل من لحوم الأبقار الواردة من نيكارا جوا، و ذلك لاحتوائها على مخلفات الـ ( D.D.T . ) بدرجة تفوق الحدود المسموح بها

ومن أكثر المبيدات الكيميائية إثارة للرعب: الداياوكسينات، وهي تنتج في أثناء عمليات إنتاج المطهرات والمبيدات العشب والمواد التي تستخدم في حفظ الطعام

إن تعرض الإنسان للداياوكسينات يؤدي إلى حدوث طفح جلدي شديد يسمى الطفح الكلوري، وحدثت أعراض عصبية واضطرابات في وظائف الكبد، والداياوكسين من أكثر المواد سمية، ونصف جرام من هذه المادة كاف لقتل 350 شخصا، وقد دلت التجارب التي أجريت على حيوانات المعامل أن الداياوكسين يعمل على فتح جدران الحمضي النووي الريبوزي المنقوص الأكسجين ( DNA ) ، ويحول دون التحامها مرة أخرى ، ومعروف أن هذا الحمض مسئول عن نقل الصفات الورثية في الكائنات الحية ، بما في ذلك الإنسان

ولقد قام المسؤولون عن الصحة العامة في كندا والولايات المتحدة الأمريكية بتقدير الداياوكسين الموجود في الأسماك التي تعيش ببحيرة أونتااريو (وهي إحدى البحيرات العظمى)، فوجدوا أنه يتراوح بين 3 و8 أجزاء في التريليون، ويوجد أعلى تركيز لهذه المادة السامة في أراضي ومياه فينتام، ذلك لأن القوات الأمريكية – أثناء احتلالها لفينتام – قامت باستخدام أحد المبيدات المحتوية على الداياوكسين لتجريد الأشجار من أوراقها لكشف الغطاء الخضري من أجل قوات الفبييت كونج

##### \* تأثير المبيدات في الحياة البرية:

إن الكثير من مبيدات الآفات يعد من المواد السامة بالنسبة لأغلب الكائنات الحية، فعل سبيل المثال، عند تعريض بيض السمك إلى تركيز من مادة D.D.T . يقل عن أو يساوي خمسة أجزاء في المليون جزء من الماء يموت منه



نحو 48%، و ترتفع هذه النسبة إلى 93% عند استخدام تركيز مماثل من مبيد ( الكوردان ) وإلى 100% عند استخدام الدايلدرين

وهناك عدة أنواع من مبيدات الآفات، التي تتصف بصفة الثبات الكيميائي، وبقدرتها على الانتقال والتراكم في مكونات السلسلة الغذائية للإنسان والحيوانات البرية وقد عبر أحد العلماء عن السلسلة الغذائية بقوله:

" إن حشرة صغيرة قد تأكل حافة أحد أوراق نبات ملوث بالمبيد الحشري ثم تأتي حشرة أكبر قتلتهم عددا من هذه الحشرات الصغيرة، ويأتي بعد ذلك عصفور فيأكل أعدادا كبيرة من هذه الحشرات الكبيرة، وأخيرا يأتي صقر مفترس ليلتهم هذا العصفور "

ومن الملاحظ أن كل خطوة من هذه الخطوات تؤدي إلى تركيز المبيد الحشري في الجسم الحيوان، ويبلغ هذا التركيز حدة الأقصى في جسم الحيوان الذي يقع في نهاية السلسلة

ويبدو تأثير هذه السلسلة في كثير من الأماكن ، ففي بحيرة ( كلير ) Clear Lake بولاية كاليفورنيا الأمريكية ، استعملت نسبة ضئيلة من مبيد حشري يماثل مبيد ( D.D.T . ) ، و يعرف باسم DDD ، بتركيز لا يزيد على 0,014 جزء في المليون للقضاء على أحد الكائنات غير المرغوب في وجودها في مياه هذه البحيرة ، و بمضي الوقت ، لوحظ أن بعض الأسماك التي تعيش في هذه البحيرة قد ماتت ، و كذلك بعض الطيور و البط البري ، وقد تبين بالتحليل أن ماء البحيرة كان يحتوي على 0,014 جزء في المليون من هذا المبيد ، إلا أن هذه النسبة ارتفعت إلى 221 جزء في المليون في الأسماك الكبيرة ، و إلى نحو 2500 جزء في المليون في الأنسجة الدهنية للبط البري الذي يعيش فوق سطح هذه البحيرة

وقد تبين أن مبيد ( D.D.T . ) يتدخل في العمليات الكيميائية المؤدية إلى تكوين عنصر الكالسيوم في أجسام الطيور، ويؤدي ذلك إلى وضع هذه الطيور لبيض رقيق القشرة لا يتحمل الصدمات، وقد يتهشم هذا لبيض - في بعض الأحيان - تحت نقل جسم أنثى الطائر عندما تحتضنه لتدفنته، مما ينتج عنه موت الأجنة، وتعرض هذه الطيور لخطر الانقراض.

ومن الأمثلة الطيور التي أوشك بعضها على الانقراض لهذه الأسباب نفسها: النسر الأمريكي، والصقر، و طائر البليكان، وغيرها

وقد اكتشف المهتمون بحماية الحياة البرية وجود الداوكسين في بيض النوارس، وهو أمر تسبب في موت أجنة الطيور داخل البيض.

وتؤثر مبيدات الآفات في نحل العسل، والحشرات الملقحة الأخرى، مما يؤدي في النهاية إلى انخفاض معدل التلقيح في الإزهار، بالإضافة إلى ضعف قوة طوائف النحل نتيجة لموت عدد كبير من الشغالات التي تقوم بجمع الرحيق، وقد ترتب على ذلك انخفاض محصول العسل، بالإضافة إلى انخفاض إنتاجية المحاصيل الحقلية والبستانية، وقد ظهرت هذه المشكلة بصورة خطيرة في مصر بعد تنفيذ نظام الرش الجوي للمبيدات بالطائرات

\* أثر مبيدات الآفات في النباتات:

هناك عدة عوامل تؤثر في تلوث النباتات بمبيدات الآفات من ذلك:

### 1-نوع المبيد المستخدم:

فالمبيدات التي تحتوي على الزئبق مثلا أو على الهيدروكربونات الكلورة Chlorinated Hydrocarbons مثل مادة الـ ( د . د . ت ) والدايلدرين Dieldrine والليندان Lindane والـ ( ب . س . ب . ) PCB وهو اختصار المركب الكيميائي المعروف بالاسم اللاتيني ( Poly Chlorintad Biphenyl ) ذات آثار ضارة في النباتات ، بما في ذلك الأحياء النباتية الدقيقة التي تعيش في المسطحات المائية ، حيث يتأثر التركيب الضوئي للعوالق المائية ( البلاكتونات ) ، حتى لو كانت هذه المبيدات بمقادير قليلة

### 2-تركيز المبيد:

من البديهي أنه كلما كان تركيز المبيد عالياً كانت الآثار الضارة الناتجة عنه كبيرة

### 3-مدة تحلل المبيد:

كلما طالبت هذه المدة ازداد الأثر السئ للمبيد، مثال ذلك مركب (حمض البنزويك الكلور) Tri Chloro Benzoic ، الذي يرمز له بالرمز ( 3،2،TBA ) ، حيث يستمر وجوده في التربة الزراعية عدة سنوات

### 4-كيفية استخدام المبيد:

سواء أكان باستخدام بعض الآلات الميكانيكية، أم الرش عن طريق الطائرات، أم بالتعفير باليد ... الخ

### 5-نوع المحصول أو النبات الذي يتم رشه بالمبيدات الحشرية:

تختلف قدرة النباتات على امتصاص المبيدات الحشرية باختلاف أنواعها، فمثلا، عند زراعة أنواع من البطاطس والفجل والجزر في تربة زراعية عولجت بمبيد الالدرين بمعدل رطل في الفدان، وجد أن البطاطس لم تحتو على بقايا من هذا المبيد يمكن قياسها، في حين احتوي الفجل على 0,03 جزء في المليون من هذا المبيد.

ويحتوي الجزر على 0,05 جزء في المليون منه، وبناء على ذلك، فإن الجزر – من بين جميع المحاصيل التي أجريت عليها الدراسة – يحتوي على أكبر تركيز من البقايا الكيميائية للمبيد الحشري الموجود في التربة الزراعية

### 6-ظروف التربة الزراعية:

إن لكل نوع من التربة، ونسبة الرطوبة بها، ودرجة حرارتها دورا كبيرا في احتفاظ التربة بمبيدات الآفات التي تتساقط فيها، أو تتسرب إليها، عند استخدام المبيدات لقتل الآفات الزراعية ويؤدي استعمال بعض المبيدات إلى حدوث أضرار للنباتات الخضراء و خاصة للمحاصيل الحساسة والضعيفة النمو ، وإذا استخدمت المبيدات بتركيزات أعلى من الموصي بها ، أو في توقيت غير مناسب فأدي ذلك إلى حدوث أضرار تكون في صورة حروق للأوراق ، أو حدوث تحور في أشكالها، مما يؤدي إلى جفافها ثم سقوطها ، ثم يموت النبات في نهاية الأمر ، وقد يحدث الضرر نتيجة لوصول المبيد إلى العصارة النباتية – كما في حالة المبيدات التي لها خاصية النفاذ داخل الأنسجة – أو السريان في العصارة – مما يؤدي إلى حدوث خلل داخلي في النشاط الإنزيمي للنباتات ، ثم توقف عمليات التمثيل الغذائي ، وهو أمر يتسبب في موت النبات في نهاية المطاف

وتتسبب بعض المبيدات في إبادة الغابات الخضراء، وفي حرب فيتنام، استخدمت قوات الولايات المتحدة الأمريكية مبيد الحشائش " 2 – 4 – 5 ت " 5،4،2 Trichoro Phenoxy Acetic Acid لتعرية الغابات الأشجار من أوراقها، وجعل تلك الغابات لكثيفة عبارة عن أعواد من الخشب كثيفة المنظر، ليس بها ورق أخضر، كما استعمل هذا المبيد فد تدمير حقول الأرز.

### \* تأثير المبيدات في التربة:

تلوث التربة من جراء تساقط المبيدات عليها أثناء رش المحاصيل الزراعية، أو نتيجة لمعاملة التربة أو البذور بطريقة مباشرة بغرض الوقاية من الآفات أو مكافحتها، وقد تلوث التربة نتيجة لتساقط أوراق النباتات المعاملة بالمبيدات، أو بسبب غسل النباتات الملوثة بماء المطر ويتوقف مدي خطر المبيدات على التربة، على عدة عوامل، هي: نوع المبيد، ومدة بقائه بالتربة من حيث مقاومته لعوامل التحلل، ودرجته سميته بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة وقد وجد أن مبيدات الحشائش والأعشاب تؤثر قفي الفطريات التي توجد حول جذور النباتات، والتي تقوم بدور أساسي في زيادة، مقاومة النباتات للإصابة بالأمراض، فعلى سبيل المثال، تبين أن بادرات الفول – التي تبلغ من العمر ثمانية أسابيع – تتأثر بمبيد الحشائش المعروف باسم (ثلاثي فلورالين) الموجود في التربة

حيث يعمل هذا المبيد على الحيلولة دون تخليق الأحماض الأمينية الاتية في البادرات:

1-السستين	2-المستايين	3-الهستيدين
4-الارجيين	5-الجلاليسيين	6-الليتروسين
7-الميثونين	8-الفالين	

كما يعمل هذا المبيد العشبي كذلك على الحد من تخليق السكريات الاتية:

1-الجلكتوز	2-للاكتوز	3-المالتوز
------------	-----------	------------

وهناك من بين المبيدات العشبية (مثل اللينورين) ما يعمل على إعاقه تكوين الفطريات التي تحيط بجذور كل من نباتي الذرة وفول الصويا.

ولعل من أخطر التأثيرات التي تسببها مبيدات الحشائش والأعشاب هو دورها في تقليل عدد الكائنات الدقيقة المفيدة للنبات والموجودة في التربة، وتقليل قدرة النبات على مقاومة الأمراض مما يؤدي لتقليل خصوبة التربة بوجه عام

ويوجد من بين مبيدات الأعشاب ما يتعرض للتحلل في التربة، وإعطاء مصادر كربونية ونيتروجينية تصلح كغذاء للبكتريا والفطريات التي تتطفل على النباتات، وهو أمر يتسبب في زيادة ضراوة هذه الأحياء بحيث تكون أكثر فتكا بالنبات، ومن أمثلة ذلك وجود مبيد (ثلاثي فلورالين) أو (البتنازون) في التربة التي يزرع فيها نبات الفاصوليا، حيث يؤدي ذلك إلى إصابة هذا النبات بالأمراض الفطرية والبكتيرية وتمثل المبيدات خطر كبير بالنسبة للإنسان والحيوان إذا انتقلت إليهما، وقد تنتقل بعدة طرق منها التسرب من الساحات المعاملة للمبيدات من حركة الماء وخلافة وقد يدخل المبيد إلى الماء من خلال رشه على سطح المياه كما يحدث في مصر للقضاء على ورد النيل.

وعندما يشرب الإنسان والحيوان هذا الماء الملوث بالمبيد والذي هو ذو سمية عالية يضر بالجهاز التنفسي والجلد والعين، فمثلا مبيد المجناسيد والاكرويلين مبيدين مؤثران على الجهاز التنفسي والجلد والعين وهما ضرران

بالزراعة خاصة القطن وهما قابلان للاشتعال ومن الجدير بالذكر ان عمليات التنقية تجرى للمياه لتكون صالحة للشرب ولكن لا تخلصها من المبيد المتشعبة بخاصة الكلورفين.  
وبصورة عامة، فإن طبيعة ودرجة أثر المبيدات في ميكروبات التربة تعتمد على خصائص تلك المبيدات وكميتها وطبيعة الكائن الحي وظروف التربة والجو، ويؤدي تراكم المبيدات في التربة وزيادة تركيزها أحيانا إلى التأثير على نمو وإنتاجية النبات وعلى الكائنات الحية النافعة التي تسكن التربة كديدان الأرض Earth Worms والبيكتريا المثبتة للنتروجين، كما قد يؤدي إلى انخفاض نسبة إنبات البذور، أو إحداث تشوهات في النبات وقد تؤثر المبيدات في الخصائص الطبيعية والكيميائية للتربة، وهو أمر يؤدي إلى تقليل خصوبة التربة وإلى عدم ملاءمتها لزراعة أصناف معينة من النباتات.

#### \* التأثير في التوازن الطبيعي:

تعيش الكائنات الحية في توازن طبيعي، وفقا لنا موس كوني الهبي، فلا يزيد تعداد جنس على حساب جنس آخر، ولا يحدث انقراض لنوع معين من الأحياء إلا إذا حدث خلل في هذا التوازن الدقيق فالحشرات – على سبيل المثال – تعيش مع سائر الحيوانات والنباتات في توازن طبيعي، تتحكم فيه وتسيطر عليه عدة عوامل بيئية، مثل: الحرارة والرطوبة وتوافر الغذاء، وعوامل حيوية مثل: افتراس بعض الحشرات لبعض الآخر، وتطفل بعضها على بعض.

ولذلك نرى في البيئة الطبيعية – التي لم تتدخل فيها يد الإنسان – أن الحشرات و الحيوانات تعيش في توازن طبيعي يحقق معيشة متوازنة لهما معا، فإذا اختلت الظروف البيئية لأي سبب طارئ أو دائم، وإذا حلت بالمنطقة حشرات جديدة (مفترسة أو متطفلة) ، فإن التوازن القائم لا بد أن يختل لصالح نوع أو عدة أنواع منها ، فتزداد أو تقل الأعداد عن معدلها الطبيعي ويكون ذلك في غير صالح الإنسان أو عكس ذلك ، وفقا لنوع الحشرات المتكاثرة .

وقد تسبب الاستخدام المكثف للمبيدات – بقصد خفض أعداد بعض أنواع الآفات التي زاد عددها – في إدخال عنصر جديد في البيئة الطبيعية للحشرات، ومن المعروف أن استجابة أنواع الحشرات لأي مادة كيميائية ليست متكافئة، وفي أغلب الأحوال، يدخل الإنسان المبيد في البيئة الطبيعية دون علم مسبق ومفصل بعواقب هذا التدخل وانعكاساته على الحشرات المختلفة، الضارة منها والنافع، ومن المؤسف أن ينساق الإنسان وراء فلسفة خاطئة للهدف من إدخال المبيدات، وهي التخلص من الآفة دون أي اعتبارات أخرى.

لقد تسبب الإسراف في استخدام المبيدات الحشرية إلى فقدان التوازن الطبيعي القائم بين الآفات وأعدائها الطبيعيين، وقد أدى ذلك إلى زيادة كبيرة وغير متوقعة في بعض أنواع الآفات، ومن أمثلة ذلك انتشار العنكبوت الأحمر وودودة اللوز في مصر في أعقاب استخدام بعض المبيدات الحشرية بإسراف شديد، وبطريقة غير محسوبة، ولم تكن مثل هذه الآفات مصدر خطر للنباتات فيما مضى، ولكن قتل المبيدات لأعدائها الطبيعيين ترك لها حرية التكاثر، وأطلق لزيادتها العنان.

كذلك أدى الإسراف في استخدام المبيدات الحشرية إلى القضاء تقريبا على الحياة المصرية، التي أصبحت نادرة الوجود في الريف المصري، كما أثر ذلك في الغراب، وأبي قردان، والتعلب، والنمس، والذئب، وأصبحت هذه الحيوانات مهددة بالانقراض

كما أدى استعمال مركب الـ ( D.D.T ) في مصر إلى ظهور المن والعنكبوت الأحمر بكثرة على الذرة ، نتيجة للخلل الذي أحدثه هذا المبيد في التوازن الطبيعي بين الآفات .

ومنذ بضع سنوات، هاجم مرض خطير محصول الكاكاو في غرب أفريقيا، واتضح أن هذا المرض سببه فيروس يحمله النمل، وعندما استخدمت المبيدات ضد النمل انخفضت الإصابة بالمرض، ولكن الاتزان الطبيعي اختل، وبعد فترة تفشت الإصابة بما لا يقل عن أربع حشرات جديدة.

#### \* مكافحة البيولوجية للآفات:

يسعى العلماء جادين إلى استنباط سبل تخفف من الآثار الضارة لمبيدات الآفات ومن بين الوسائل التي يجري التركيز عليها في السنوات الأخيرة هي مكافحة البيولوجية ويقصد: استعمال كائنات حية في سبيل خفض نسبة الأضرار التي تسببها آيات أخرى ضارة بالإنسان أو المزروعات أو الماشية، أو إزالة هذه الأضرار تماما وتجدر الإشارة إلى ان هدف مكافحة البيولوجية لا يكون إزالة نوع معين إزالة كاملة بل جعله يصل إلى مستوي عددي تصبح معه الأضرار التي يحدثها غير ذات بال على الصعيد الاقتصادي وترتكز المقاومة البيولوجية في الغالب على استعمال الحشرات المفترسة أو الطفيلية للحد من انتشار الأنواع الضارة، مثل استعمال حشرة الدعسوقة Coccinellidae لكبح انتشار حشرة المن، أو استعمال الأحياء الدقيقة في مكافحة الآفات الزراعية

إن مبدأ مكافحة البيولوجية كان مصدرا جديدا في مكافحة الآفات، وقد جاء كرد فعل للعواقب السيئة التي برزت من جراء استعمال المبيدات الكيميائية، وقد حققت مكافحة البيولوجية أكثر من حالة نجاح كامل في مختلف أرجاء العالم.

ففي أمريكا الشمالية، عمدت مراكز الأبحاث الزراعية إلى استيراد طفيليات تتغذي على الحشرات وتبديدها، وبذلك، أمكن توفير عشرات الملايين من الدولارات التي تنفق على رش المبيدات الكيميائية فخناسف أوراق نباتات الحبوب، وسوس أوراق البرسيم، أمكن التحكم فيها والحد من أضرارها عن طريق استيراد حشرة طفيلية من إيطاليا وفرنسا وبعض البلدان الأوروبية الأخرى، تآكل تلك الحشرات الضارة وتفتيتها، وهذه الطفيليات نجحا ملموسا في قتل كل من خنفسة البطاطس وخنفسة الفاصوليا، التي يعزي لكل منهما خسارة تعال مائة مليون دولار سنويا

كذلك أمكن إبادة نحو 50% من حشرات العث الموجودة في الولايات المتحدة الأمريكية باستخدام طفيليات أمكن تنميتها خلال بضع سنوات، واستخدم أيضا نوع من الزنابير في مكافحة خنافس البطاطس، وهو زنبور كولومبيا وعلى الرغم من أن حجم هذا الزنبور صغير إلا أنه استطاع أن يبيد نحو ثمانين في المائة من مجموع الخنافس البطاطس في المناطق التي جري اختبارها عليها في ولاية كولورادو الأمريكية ومع أن سوق استيراد الطفيليات والحشرات التي تآكل غيرها قد أصبحت رائجة، إلا أن قوة المبيدات التي تعتمد على استخدام البكتريا والفيروسات الأخرى لم تعرف، بشكل كامل بعد.

أن بعض أنواع البكتريا يؤخر الإصابة بمرض العفن في ثمار الفاكهة ذات النواة (كالخوخ والمشمش). ومثل هذه الأنواع أسلم وأكثر تأثيرا من المبيدات الكيميائية، ولا يستبعد - في وقت ما في المستقبل - أن تجد هذه البكتريا سوفا رائجة بين سائر المبيدات الحشرية الأخرى، فهناك نوع من البكتريا، ينشط في الهواء وينتج مادة بلورية شبيهة بالبروتين، وهي غير ضارة بالإنسان والحيوان والنبات والطيور والحشرات النافعة، ولكنها ذات تأثير بالغ في مجموعة كبيرة من الديدان، وهو أمر يجعلها تفقد شهيتها للأكل، ومن ثم تمرض وتهلك.

وفي عالم الفيروسات المجهرية النافعة، تم التعرف على بعض الأنواع التي يمكن استخدامها في مكافحة البيولوجية للآفات، وعندما تآكل الحشرة الضارة هذه الفيروسات، تتضاعف الفيروسات وتنتقل في جسم الحشرة الحاملة معها الموت، وبعد موت الحشرة الضارة، تنتشر تلك الفيروسات كحبوب صغيرة مميتة تنتظر فرائسها، ولا تستطيع الحشرات الضارة أن تبني لها نظام مناعة ضد تلك الفيروسات كما هو الحال عند رشها بالمبيدات الكيميائية، وهكذا تظل الأجيال التالية من الحشرات الضارة هدفا لهذه الفيروسات الفتاكة.

ومن بين أساليب مكافحة الحيوية أيضا ذلك الأسلوب الذي يعتمد على جمع الحشرات الميته من الحدائق ثم طحنها وخلطها بماء البرك ورش الخضراوات والفواكه بها مباشرة، ويؤدي هذا الأسلوب إلى القضاء على الحشرات الضارة، حيث أن الخليط الذي جري رشه ملئ بالبكتريا. فماء البرك الطينية يكون مملوءة بمختلف أنواع البكتريا التي يفيد بعضها في إبادة الحشرات

وقد لاحظ أحد العلماء الفرنسيين - في عام 1900 م أن أنثى الحشرات السوس الطاووسي تطلق نوعا من الشحنات الكهربائية أو الموجات الكهرومغناطيسية التي تجتذب الذكور إليها و بعد سنتين عاما، تمكن العلماء الألمان - بعد جهد مضمّن - أن يعزلوا المادة المثيرة للجنس في دودة القز وأطلق على هذه المادة اسم (الفيرومون) Pheromone وقد طور العلماء عدة وسائل لصنع الفرمونات التي تجتذب الحشرات الضارة، حيث يجري صيدها بعد ذلك وإبادتها

#### \* وسائل أخرى بديلة للمبيدات الكيميائية:

- تم استنباط عدة وسائل أخرى، مقاومة الآفات، كبديل للمبيدات الكيميائية، من ذلك: استخدام (أشعة جاما) المتولدة من الكوبالت المشع لإحداث عقم لذكور الحشرات الضارة، وهو أمر يؤدي إلى إنتاج بيض غير مخصب، ومن ثم يتسبب في انقراض تلك السلالات من الحشرات، وقد استخدمت هذه الطريقة لأحداث العقم في ذكور الحشرات ذبابة الفاكهة والذبابة الحلزونية

#### - المقاومة البيولوجية:

فمن المعلوم في علم الأحياء أن الحشرات تستخلص المواد الكيميائية من المواد العضوية الموجودة في الأرض، وذلك لكي تستخدمها في الدفاع عن نفسها، لكن ما لم يكن معروفا من قبل أن يوجد كان حي يستطيع أن يستغل المبيدات التي يصنعها الإنسان في ذلك الغرض إن الجنادب تقوم بهذا العمل. والجنادب هي أحد الأنواع الشهيرة من الجراد، ومن المعروف في الأوساط العلمية أن الجنادب يفرز رغوّة كريهة لطرد النمل الذي يقرب منه، وهذا ليس بأمر غريب، ولكن الغريب أن العلماء وجدوا أن الجنادب تستعين بالمبيدات الكيميائية التي يستخدمها الإنسان لكل تضاعف من شدة فعالية الرغوّة التي تفرزها، وهكذا نجد أنه في الوقت الذي يسعى فيه الإنسان جاهدا للقضاء على الحشرات، تلجأ بعض الحشرات إلى الاستفادة من المبيدات التي يصنعها الإنسان للدفاع عن نفسه.

#### (ج) تخوير التربة الزراعية

تجاور بعض الأراضي الزراعية الوديان الصحراوية التي تقطع مرتفعات الحجر الجيري، والتي تحدد مناطق تخوير الأراضي الزراعية عن طريق مجاري الأودية والتي تم ظهورها مع أعقاب الجريان السيلي خلال فترات سالفة.

وتظهر خطوط المجاري المائية بهوامش السهل الفيضي خاصة بمواضع المراوح الفيضية، حيث تتأثر بعمليات النحت بواسطة تلك المجاري المائية في حالة حدوث السيول وبتفاوت ذلك من موضع لآخر حيث يتوقف ذلك على هيدرولوجية الأودية وحجم السريان المائي وسرعة المياه بها، ولكن تتفق معظم الأودية في أنها تقوم بعملية التخوير خاصة بسطح المراوح الفيضية وتزداد عملية التعميق بمجاريها الناتجة عن عملية النحت المستمر مما يؤدي إلى تقطع سطح المراوح ويزداد التعمق أثناء الأمطار الفجائية مما يؤدي إلى نقل بعض مكونات التربة إلى مواضع أخرى.

#### د) التعرية الغطائية sheet erosion

تعد التعرية الغطائية من أكثر أنواع التعرية المائية خطورة، ويحدث هذا عندما تغطي مياه الأمطار مساحة من الأراضي الزراعية، ويصبح لها القدرة على حمل وإزالة كميات كبيرة من ذرات التربة والمواد المخصبة في شكل محاليل والذي يساعد على حدوث هذه العملية وجود طبقة سطحية هشة تتسع فيها الأخاديد وتزداد عمقا، تزداد تعرية التربة مع زيادة كمية الأمطار على شكل سيل جارف ويتبع ذلك ما يعرف بجرف التربة.

وتعد التعرية الغطائية أولى مراحل التصحر بسبب عملية انجراف الطبقة السطحية للتربة المكونة من الطمي والطفل، وتزداد خطورة التعرية عندما تفقد كثيرا من خصائصها البيولوجية وتصبح أقل في قدرتها الإنتاجية.

#### هـ) تعرية التربة الزراعية بواسطة الرياح

تتوقف تعرية التربة على سمك طبقاتها، حيث انتقال جزء منها إلى مناطق أخرى بواسطة العوامل الخارجية لعل أهمها فعل الرياح، مما يسبب مشكلة رئيسية في انخفاض القدرة الإنتاجية للأراضي الزراعية، ولقد حددت الهيئة العامة للزراعة في الولايات الأمريكية المعدلات المقبولة Acceptables لظاهرة انجراف التربة، حيث لا يجوز تجاوزها عن 2.5 طن/هكتار/السنة ويختلف ذلك تبعاً لخصائص التربة من حيث سمكها وجودة خصوبتها.

ويساعد جفاف التربة وعدم زراعتها لفترة زمنية إلى زيادة نشاط عملية الانجراف بواسطة الرياح حيث تظهر شقوق التجفيف الطينية، ويزداد اتساع الشقوق مع معدل الجفاف ونسبة الطين في التربة، فكلما زاد معدل تجفيف المواد الطينية زاد انكماشها وتشققها، فتبتعد الحبيبات عن بعضها البعض بعد انتفاخها.

ويظهر دور الرياح بشكل واضح في تكوين التربة الرملية خاصة والتي تكون من الأودية الجافة وتظهر أيضاً سيادة التكوينات الرملية بالتربة الزراعية، ويعد دور الرياح في بعض المناطق قليلة الأثر على الرغم من سيادتها طوال العام، ويرجع ذلك إلى ضعف سيادتها خاصة إذ لم تصل سرعتها إلى 3.7 عقدة ولكن يمتد تأثيرها إلى العواصف الترابية المرتبطة برياح محلية مثل رياح الخماسين والتي بدورها تؤدي إلى اتساع مجال نقل حبات الرمال وذرات الأتربة في مساحات واسعة وبالتالي تتعدد المشاكل والأخطار الناجمة عنها.

ومن الأخطار التي تسببها العواصف الترابية زحف الرمال السافية والتي تعد شكلاً من أشكال التصحر لبعض المساحات الزراعية عند هامش السهل الفيضي حيث تختلط الرمال بمكونات التربة وينتج عن ذلك ضعف خصوبتها وانكماش مساحة

الأراضي الزراعية، كما تعمل هذه الرمال على عملية ردم قنوات الري والصرف مما يقلل من كفاءتها إلى جانب ما تقوم به العواصف من عملية تدرية للمواد الدقيقة المشكلة للتربة

تجنح الرياح إلى عملية الإرساب عندما تأتي بمواد من الجانب الصحراوي ويتم ترسيبها بنطاق السهل الفيضي حيث وجود عوائق للرياح مثل النباتات المزروعة مع وجود محلات عمرانية مع هبوط الرياح من فوق سطح الحافة الجبلية إلى مواقع سهلية مما ينجم عنه وجود مواد إرسابية رملية على سطح التربة الفيضية ويتمثل ذلك بالمناطق التي يتراجع عندها الحافة الشرقية لوادي النيل نحو الشرق، مما يؤدي إلى وجود بيئة مناسبة أمام فعل الرياح لعمليات النقل والإرساب.

رابعاً: درجات خطورة تدهور التربة الزراعية:

تتباين درجات تدهور التربة الزراعية من منطقة لأخرى تبعاً لتباين الأسباب التي تسهم في وجود المشكلة، حيث تتأثر بل وتتغير الخواص الطبيعية لمكونات التربة إلى مرحلة يصعب معالجتها، حيث يؤدي هذا التغيير إلى تكوين طبقات غير منفذة للمياه مع التغيير في تركيب بناء التربة.

وقد صنف مؤتمر الأمم المتحدة في نيروبي عام 1977 حالات التصحر إلى أربع حالات: -

**تصحّر طفيف:** يعتبر أخف حالات التصحر حيث لا ينجم عنه أي ضرر واضح لمقومات التربة، ومن ثم فهو لا يتعدى كونه ظاهرة ولم يصل بعد إلى حد المشكلة، حيث حدوث تلف طفيف جداً في التربة بما لا يؤثر تأثيراً واضحاً في القدرة البيولوجية للبيئة.

**تصحّر معتدل:** يعتبر أول حالة تبرز منها خطورة التصحر كمشكلة بيئية إذ يبدأ التصحر عند هذه الحالة يأخذ أبعاداً خطيرة نسبياً حيث يؤثر بشكل واضح على القدرة البيولوجية للبيئة وظهور درجة متوسطة من التدهور مع تقليل من قدرتها الإنتاجية بنسبة تتراوح ما بين 10 - 50%.

**تصحّر شديد:** تعتبر هذه الحالة متقدمة للتصحّر، حيث نمو الحشائش غير المرغوب فيها على حساب الأنواع الأخرى من المحاصيل الزراعية، وكذلك زيادة نشاط التعرية الرياحية والمائية مما يؤدي إلى جرف التربة، وظهور الأخاديد الكبيرة، فتقل القدرة الإنتاجية للتربة بنسبة تتراوح ما بين 50 - 90%.

**تصحّر شديد جداً:** وهو أخطر حالات التصحر حيث تفقد البيئة معظم قدرتها البيولوجية بما يجعلها تقريباً نمط من أنماط الصحاري، وتصبح تربة غير منتجة حيث لا تتعدى 10% فقط من القدرة الإنتاجية التي كانت عليها قبل حدوث التصحر.

وقد أمكن لإدارة ومواجهة الكوارث بأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجي تحديد درجات خطورة تدهور التربة الزراعية عن طريق المعادلة الآتية:

$$D = F ( C, S, T, V, L, M ) \quad (6)$$

وقد وضعت المعادلة عام 1984 بمعرفة منظمات الفاو واليونسكو وتم تعديلها عام 1994 بمعرفة إدارة الكوارث ولكن لا تعطي أرقاماً كمية وإنما دلالات تقريبية لحجم أو مدى التدهور

**حالة التصحر في العالم:-**

- يبلغ مجموع الأراضي الجافة في العالم (6.45) مليار هكتار، اي (0.43) من مجموع الأراضي في العالم. وطبقاً لبيانات المناخ تبلغ الأراضي الجافة في العالم (5.55) مليار هكتار اي (0.37) من الأراضي في العالم والفرق بين التقديرين الذي يبلغ (0.9) مليار هكتار اي (0.6) من أراضي العالم يمثل الصحاري التي تسبب في صنعها الإنسان.

- تبلغ المساحة المهددة بالتصحّر من مجموع الأراضي الجافة (3.97) مليار هكتار اي (75.1) من مجموع الأراضي الجافة في العالم ما عدا الأراضي الصحراوية القاحلة بشدة.

- يتجاوز عدد البلدان المتأثرة بالتصحّر مئة بلد.

- يعيش في المناطق الجافة في العالم أكثر من (15.0) بالمئة من مجموع سكان العالم.

- بلغ عدد سكان المناطق المهددة بالتصحّر (78.5) مليون نسمة.

- يبلغ معدل تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة وحدها (5.25) بالمئة مليون هكتار سنوياً.

- تقدر الخسارة السنوية (26) مليون دولار.

(1) D : تدهور التربة .

C : عامل المناخ .

S : عامل التربة .

T : عامل الطبوغرافيا .

V : عامل الغطاء النباتي .

L : عامل استخدام الأرض .

M : عامل الإدارة.



- تبلغ الفائدة المرجوة من عمليات استصلاح الاراضي (895) مليون دولار في السنة.  
- يبلغ التمويل اللازم لبرنامج عالمي لوقف الاتجاه الى التصحر يستغرق (20) عاما نحو (4.5) مليار دولار في السنة او (90) مليار دولار في مجموعة، وتبلغ المساعدات المالية التي تحتاجها البلدان النامية من مجموع التمويل (2.4) مليار دولار في السنة أي (48) مليار دولار على مدى السنوات العشرين.

### - ظاهرة التصحر في العالم العربي.

التصحّر ظاهرة طبيعية تتجلى في تدهور انتاجية الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة والشبه الرطبة بسبب التغيرات المناخية والأنشطة البشرية ومن مظاهره في العالم العربي:

\* ارتفاع نسبة الأراضي المتصحرة حيث تصل الى 68.4% من المساحة الإجمالية للعالم العربي مع تباين حدتها من منطقة الأخرى حيث ترتفع هذه النسبة في بلدان المغرب العربي بـ48.5% وتقل في منطقة الهلال الخصيب بـ2.7%

\*انتشار ظاهرة التصحر في شكل حالات متعددة موزعة بين مناطق تتفاوت فيها درجة التدهور البيئي وهي: مناطق ذات **تصحّر طفيف** حيث التدهور البيئي في بدايته خاصة التربة والغطاء النباتي - **تصحّر معتدل** تتميز بانخفاض كثافة الغطاء النباتي و انجرافات خفيفة للتربة - **تصحّر شديد** حيث التصحر في مرحلة متقدمة ونشاط كثيف للتعرية بكل أنواعها - **تصحّر شديد جدا** تصبح في الأرض جرداء بدون غطاء نباتي وغري منتجة ومن الصعب استصلاحها.

\*تهديد ما تبقى من الأراضي في العالم العربي غير المتصحرة بالتصحّر مع تباين حدة هذا التهديد من بلد الآخر، إلى جانب 68.4% المتصحرة في العالم العربي توجد 20% مهددة بالتصحّر بينما الأراضي غير المتصحرة لا تمثل سوى 11.6%.

### أسباب التصحر في البلاد العربية لمواجهته

يعد التصحر Desertification من أخطر المشاكل، التي تهدد الأمن الغذائي العربي، فالصحاري تشغل جزءاً كبيراً من العالم العربي، وأن الأرض الزراعية لا تغطي حاجة السكان، والمناطق الصحراوية تكاد تكون خالية من السكان، والنشاط الزراعي محدود فيها، والنشاط الإنساني فيها معدوم ويقتصر وجوده في المناطق القريبة جداً من الواحات.

وأما المناطق الجافة وشبه الجافة فكثافة السكان فيها متوسطة، والاستغلال الزراعي فيها مناسب، والنشاط الرئيسي متمثل في الرعي وزراعة المحاصيل البعلية والمروية. وأما المناطق الساحلية فتتخللها بعض السهول، والكثافة السكانية فيها مرتفعة، والاستغلال الزراعي فيها كثيف، بجانب الرعي في الغابات والأحراش.

ويمكن القول إن المناطق الجافة وشبه الجافة، أي الهوامش الصحراوية، هي التي تستغل رعوياً وزراعياً، وهي التي تتعرض للتصحّر وأخطاره، وتقدر هذه المناطق بنحو 18% من مساحة الأرض الزراعية، أي أقل من الخمس تقريباً، وهي مساحة كبيرة إذا قورنت بعدد السكان أو بالأرض الزراعية الفعلية.

وتشير الدراسات إلى أن هناك نحو 10 آلاف هكتار، من الأراضي الزراعية في الوطن العربي، تتحول إلى أراضي جرداء أو صحاري ومناطق تسيطر عليها الكثبان الرملية، التي تهدد الغطاء النباتي، والمزارع، والقرى والسكك الحديدية، وشبكات الري والصرف .

ويظهر أن موريتانيا فقدت نحو 12 مليون هكتار من أراضيها بسبب الجفاف الحاد، وأما المغرب فتفقد نحو ألف كم2 سنوياً أي ما يعادل مليون هكتار، وتعرض التربة فيها للانجراف، وكذلك في السودان. ويؤكد ذلك خطورة هذه الظاهرة على الهامش الزراعي للصحاري العربية.

ولظاهرة التصحر في الوطن العربي أسباب منها: الاستغلال المكثف، والإدارة غير الرشيدة للنبات الطبيعي ومناطق الزراعة المطرية. وساهم الرعي الجائر في تدهور المراعي في معظم البلاد العربية، وقضى الإنسان

على قدرٍ من الغابات إما بالرعي الجائر كما هو الحال في سورية، وتونس، ولبنان، أو بالحرق كما حدث في الجزائر .

وساهمت العوامل الطبيعية في ارتفاع معدلات التصحر، خصوصاً زحف الرمال والكتبان الرملية، التي قدرت حركتها بنحو 30-100 متر/سنة، فاكتسحت الكتبان الرملية مساحات واسعة من الأراضي الهامشية في المغرب تُقدّر بنحو خمسة آلاف مزرعة.

وتعد الموارد المائية والإسراف في استخدامها أهم العمليات المسببة للتصحر، بجانب الحرث العميق للتربة والتوزيع غير السليم للآبار الجوفية، وسوء تخطيط السدود ومناطق التخزين، واستخدام مقننات مائية عالية في الأراضي الزراعية الثقيلة، واستخدام مياه الآبار عالية الملوحة. وعدم صيانة التربة.

يواجه العالم العربي أخطر التحديات الطبيعية المتمثلة في ظاهرة التصحر ومشكلة الماء وما لهذه الظاهرة من انعكاسات خطيرة. فما هي مظاهر مشكلة الماء وظاهرة التصحر في العالم العربي؟ وما هي العوامل المفسرة لذلك،

وما هي المجهودات المبذولة لمواجهة هاتين المعضلتين؟

مشكلة الماء وظاهرة التصحر في العالم العربي وخطورة الظاهرتين.

### 1-الموارد المائية في العالم العربي

يعاني العالم العربي في مجال المياه من: نقص كبير في موارده المائية المتاحة (حجم المياه السطحية او الجوفية او هما معا الذي يمكن ان يستثمر جزئيا او كليا في وقت ما في مكان ما بإمكانات ما)

\*تباين في توزيع الموارد المائية من منطقة جغرافية لأخرى 37.56% في منطقة وادي النيل واقلها في الجزيرة العربية ب5.56% بحيث تطرح أزمة الماء بشدة في المناطق الجافة و الشبه الجافة كالشرق الأوسط والمغرب العربي.

\* ضعف نصيب العالم العربي من حجم الموارد المائية المتجددة في العالم اذ تشكل هذه الموارد ما نسبته 0.5% مما يجعل العالم العربي من أكثر المناطق فقرا للمياه في العالم.

### 2-خطورة مشكلة المياه بالعالم العربي.

من المخاطر التي يطرحها مشكل المياه في العالم العربي:

\*ضعف نصيب الفرد العربي من المياه وهو مرشح للمزيد من التراجع في المستقبل مع تزايد عدد السكان بحيث يصل إلى أقل من خط العوز أو الفقر المائي المحدد في 1000م<sup>3</sup> للفرد في السنة إذ سيصل سنة 2025 الى 354 م<sup>3</sup> للفرد.

\*تباين نصيب الفرد من المياه في الوطن العربي بحيث يسجل أعلى معدل بأكثر من 1000 م<sup>3</sup> في كل من المغرب والسودان والعراق واقل معدل في كل من ليبيا ودول شبه الجزيرة العربية بأقل من 164 م<sup>3</sup>.

\*أصبحت الموارد المائية تشكل مصدر صراع وعدم استقرار في العالم العربي سواء حول المياه السطحية او الجوفية كالصراع بين إسرائيل وكل من فلسطين والأردن ولبنان وسوريا. وبين العراق وإيران - العراق وسوريا مع تركيا. وبين مصر والسودان مع إثيوبيا.

ومما يزيد من خطورة الأمر أن معظم الموارد المائية المهمة في الوطن العربي تتحكم في منابعها دول غير عربية كتركيا وإيران وإثيوبيا والتشاد وإسرائيل والسنغال. مما يجعل العالم العربي مهددا في أمنه المائي إلى جانب تهديد العوامل الطبيعية كالجفاف والتصحر.

#### 4-خطورة مشكله التصحر.

من المخاطر المترتبة عن ظاهرة التصحر في العالم العربي:

\* زحف الرمال على المناطق الزراعية والرعية وتهديد التجمعات السكانية من قرى ومدن حيث يزحف التصحر بمعدل 90 إلى 100 كلم سنويا في السودان. ويهدد المجال الزراعي في مصر.

\* يطرح مشكل التصحر بالعالم العربي مشكلة الأمن الغذائي في ترابط مع مشكل المياه بحيث أصبحت معظم البلدان العربية غير قادرة على إنتاج حاجياتها الغذائية مقابل تزايد عدد سكانها مما جعلها تعتمد على الخارج لتأمين حاجياتها الغذائية المتزايدة.

#### II-مشكلة الماء وظاهرة التصحر في العالم العربي.

1- بعض العوامل المسؤولة عن مشكل الماء. يمكن حصر هذه العوامل في:

\* ضعف كمية التساقطات في العالم العربي وتباينها من منطقة لأخرى بحيث أعلاها لا يتعدى 500 ملم سنويا وفي مناطق محدودة بينما أقلها يصل إلى 250 ملم في اغلب المناطق.

\* الهدر والضياع الكبير في كمية المياه خاصة في المجال الزراعي بسبب طبيعة نظام الري التقليدي والاستخدام الجائر للمياه الجوفية المرتبط بتوسيع المجال الزراعي وما ترتب عن ذلك من تراجع للموارد المائية والى تملحها.

\* تحكّم دول الجوار غير العربية في أهم الأنهار ذات الطبيعة الدولية كنهري النيل ودجلة والفرات ونهر السينغال والتي تتحكم في أكثر من 88% من مياه هذه الأنهار مما يزيد من حدة مشكل المياه بالعالم العربي.

#### 2-العوامل المسؤولة عن ظاهرة التصحر.

يمكن تصنيفها إلى: عوامل طبيعية وتتمثل في التقلبات المناخية بتكرار وطول فترات الجفاف وما يترتب عن ذلك من ندرة للمصادر المائية الدائمة وارتفاع في درجة الحرارة وشدة الرياح.

عوامل بشرية: ناتجة عن: الاستخدام السيئ للأرض عن طريق الزراعة المكثفة غير السليمة. وتوسع المدن على حساب المجال الزراعي.

النباتي من خلال الرعي الجائر وقطع واجتثاث وحرائق الغابات والتوسع العمراني. الاستخدام السيئ للمياه باستنزاف المياه الجوفية بسبب الضخ المفرط للمياه واستخدام أساليب ري غير فعالة تساهم في هدر المياه خاصة في المشاريع الزراعية الكبرى

#### III-المجهودات المبذولة لمواجهة مشكلة الماء ومكافحة التصحر في العالم العربي

لمواجهة ظاهرة التصحر في المناطق الجافة وشبه الجافة، هناك محاولات وجهود من الدول العربية من أهمها:

محاولة صيانة التربة في المناطق غير الممهدة وغير المستوية ومنع تدهورها، وحماية المراعي الطبيعية وتنظيم استغلالها وإدارتها، وتثبيت الكثبان الرملية. ومن الجهود المبذولة لحماية المراعي الطبيعية، التوسع في زيادة المساحات المزروعة من الأعلاف تحت نظامي الزراعة المروية والبعليّة، وتوفير الوسائل والأساليب لمكافحة الأمراض والحشرات والحرائق، التي تتعرض لها الغابات، ومحاولة إعادة تشجير مناطق الغابات الطبيعية التي تعرضت للتدهور.

وأما عملية تثبيت الكثبان الرملية، فالجهود تدور حول زراعة أحزمة خضراء، وتشجير الكثبان الرملية المتحركة، زد على ذلك مصدات الرياح حول المزارع والمدن كما هو الحال في مدينة السادات الصناعية في

مصر، حيث أقيم لها حزام شجري في شمال غرب المدينة لحمايتها من الرمال، التي تنقلها الرياح الشمالية والشمالية الغربية من الصحراء الغربية.

#### 7- الجهود العربية لتنمية الصحاري

تحاول الدول العربية الاستفادة من الصحاري، التي تشغل مساحة كبيرة منها، بهدف استصلاحها واستزراعها. فالأردن تحاول استصلاح واستزراع وادي الأزرق شمال المملكة، ومساحته 5250 كم<sup>2</sup>، وأما تونس فتحاول تحسين وتنمية المراعي جنوب وسط تونس، التي تبلغ مساحتها 7 مليون هكتار. أما السودان فيحاول السيطرة على الزحف الصحراوي في مديرتي كردفان ودارفور، في منطقة تصل مساحتها إلى 650 ألف كم<sup>2</sup>.

وأما العراق فتحاول حكومته تثبيت الكثبان الرملية في منطقة تلغفر شمال غربي العراق. بينما تقوم جمهورية مصر العربية بعدة مشروعات ضخمة للاستصلاح والاستزراع، سواء في شرق الدلتا أو غربها أو سهل الطينة بشبه جزيرة سيناء، أو الحواف الغربية والشرقية للوادي، ويجري استصلاح واستزراع المشروع الضخم في جنوب غرب مصر، وهو مشروع القرن 21 توشكي، الذي لو كتب له النجاح سيكون بحق نقلة كبيرة لمستقبل مصر.

وهناك مشروعات كثيرة في سورية وليبيا، فالجهود الليبية تتواصل للحد من التصحر، ومن أهمها شروع تثبيت الكثبان الرملية والتشجير في منطقة خلة المسعودي على مساحة 10 آلاف هكتار.

ومن أهم مشروعات مواجهة التصحر في ليبيا، مشروعات صون المراعي في منطقة الجبل الأخضر، على مساحة 38900 كم<sup>2</sup>، ومنطقة سهل بنغازي ومساحته 58 ألف هكتار، بجانب ذلك منطقة السهل الساحلي درنة - طبرق، ومنطقة سهل الجفارة.

وأما جهود المملكة العربية السعودية فمن أهمها تثبيت الكثبان الرملية بمنطقة الإحساء في المنطقة الشرقية، وتغطي هذه المساحة 60 ألف دونم، ومن المشروعات المهمة مشروع تنمية وادي جيزان، الذي يهدف إلى تخزين الأمطار بهدف تنمية مصادر المياه الطبيعية. هذه محاولة للتعريف بالصحاري العربية من حيث توزيعها، وأشكال السطح فيها، وظروفها المناخية، والتربة والغطاء النباتي، والنشاط البشري، والتصحر وعوامله، وتنمية الصحاري العربية والجهود المبذولة في هذا الخصوص. لمواجهة ظاهرة التصحر في المناطق الجافة وشبه الجافة

#### - نماذج من الجهود المبذولة لاستثمار الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية في العالم العربي

\* نموذج لاستثمار الموارد المائية الجوفية في ليبيا (مياه تقليدية): يتمثل في استغلال المخزون الضخم من المياه الجوفية في الصحراء الليبية لمواجهة خطر التصحر ومشكل المياه عبر إقامة مشروع ضخ في شكل نهر صناعي حيث يتم نقل 5.68 مليون متر مكعب من المياه يوميا من جوف الصحراء إلى المناطق الزراعية العمرانية الممتدة على طول الساحل الليبي بواسطة منظومة ضخمة من الأنابيب باستخدام أحدث المعدات والأساليب التقنية المعاصرة وخلق مجالات مسقية في الجنوب الغربي (منطقة فزان) والجنوب الشرقي (منطقة الكفرة).

ومن أهم النتائج المرجوة من المشروع:

\* إيقاف الاستنزاف الهائل من المياه الجوفية في الساحل-

\* إيقاف هجرة سكان الأرياف إلى المدن- \* تهيئة الشعب الليبي لمرحلة ما بعد النفط- \* استزراع نحو 180 ألف هكتار بهدف تحقيق الاكتفاء الذاتي من المنتجات الغذائية

\* تربية ثلاثة ملايين رأس من الغنم- \* توفير المياه اللازمة للصناعة والشرب في المدن والقرى على طول الساحل- \* خلق فرص عمل جديدة من خلال تطوير المشروعات الزراعية والصناعية القائمة.

**\*نموذج للاستفادة من الموارد المائية غير التقليدية في الخليج العربي (تحلية مياه البحر):**

لحل أزمتها المائية، لجأت دول الخليج إلى تقنية تحلية مياه البحر رغم كونها مكلفة من الناحية المالية (حوالي مليار دولار للمحطة) وتتركز جل محطات التحلية على ساحل البحر الأحمر والخليج العربي حيث أصبحت تساهم دول الخليج العربي بنسبه 53.11% من الإنتاج العالمي لتحلية المياه وعلى رأسهم السعودية بينما نصيب العالم العربي ككل من هذا الإنتاج 62.5%

**2-المجهودات المبذولة لمكافحة التصحر**

المجالات	بعض المجهودات والإجراءات المتخذة لمكافحة التصحر في العالم العربي
في مجال الغابات	- محاربة القطع والرعي الجائر - تشجير المناطق المتدهورة من الغابة - إقامة المحميات الطبيعية وتسييجها-حماية الأصناف النباتية المهمة-وضع قوانين وتشريعات قادرة على حماية الثروة الغابية- تكثيف الحملات التحسيسية والتوعوية للمواطنين بأهمية الغابة وضرورة المحافظة عليها....
في مجال التربة	-حماية التربة من كل أشكال التعرية والانجراف -محاربة تملح التربة عن طريق ترشيد وعقلنة الري-مكافحة تلوث التربة بسبب الاستعمال المفرط للأسمدة والمبيدات الكيماوية - تثبيت الكثبان الرملية لمواجهة زحف الرمال على المناطق الزراعية... .
في مجال الموارد المائية	- حماية الموارد المائية من التلوث-بناء السدود بمختلف أحجامها-وضع قوانين وتشريعات تقنن عملية حفر الآبار واستغلال المياه الجوفية والسطحية في السقي-البحث عن مصادر مياه بديلة كتحلية مياه البحر وإعادة استغلال المياه غير التقليدية.
في مجال المراعي	- حماية المراعي الطبيعية من الرعي الجائر-استصلاح المراعي عن طريق التشجير وغرس أصناف نباتية ملائمة-الاهتمام بالزراعات العلفية -الاهتمام بالرعي المكثف في الحظائر (الإسطبلات والمراعي الاصطناعية ) للتخفيف عن المراعي الطبيعية- عصرنة قطاع تربية الماشية بإقامة وحدات للتسمين وأخرى لإنتاج الحليب. وتحسين السلالات - التوعية والتحسيس بمخاطر الرعي الجائر وقطع أشجار الغابة على المجال الرعوي.

يتضح مما سبق أن العالم العربي يواجه أخطر تحدياته الراهنة والمتمثلة في مشكل الماء وظاهرة التصحر وما يترتب عنهما من مشاكل وتحديات كبرى كالفقر المائي والعطش وعدم القدرة على تحقيق الأمن الغذائي في غياب امن مائي مع احتمال الدخول في صراعات إقليمية حول المياه مما يهدد بعدم الاستقرار والأمن في المنطقة. وهو ما يستوجب تعزيز العمل المشترك لمواجهة هذه التحديات والمرشحة للزيادة مع تزايد عدد سكان العالم العربي (زيادة الطلب على الماء والغذاء)

**الملخص**

تعد أولى درجات التصحر التي تدق نواقيس الخطر هو تدهور الأرض في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة الناتجة من عوامل مختلفة منها التغيرات المناخية والنشاطات البشرية ولذلك فإن الهدف من هذا البحث هو إلقاء الضوء على أبعاد هذه المشكلة وأسبابها ومعالجة مشكلة التصحر ودور التخطيط في وضع الحلول المناسبة لوقف انتشارها وكذلك نشر الوعي البيئي بخطورة هذه المشكلة التي تضع العالم على حافة الجوع في الوقت الذي يسعى فيه لتحقيق الأمن الغذائي.

وإذا كانت الدول الصناعية قد أدركت أن الجشع البشري في استغلال الموارد ينبغي كبح جماحه، وهي ذات موارد طبيعية متجددة ومتعددة الأنواع، فإن الدول والشعوب العربية التي تعيش في المناطق الجافة ذات الموارد المحدودة وغير المتجددة غالباً أحوج ما تكون لمثل هذا الوعي واتباع إدارة حازمة للحفاظ على مواردها.

ولذلك لا بد من التأكيد على محدودية موارد المناطق الجافة. فالإنسان الذي يعيش في هذه المناطق الجافة ظنّ أنه يستطيع استغلال هذه الموارد دون حدود نتيجة للتقدم التقني الذي وصل إليه، غير أنه بدأ يتضح أنه ما لم تتخذ الاحتياطات اللازمة والإجراءات الكفيلة بترشيد استغلالها فإنها ستتناقص لدرجة يخشى عليها من النضوب، مثل مصادر المياه غير المتجددة ومواطن الرعي، والتربة الصالحة للزراعة وغيرها. ولذا كان لا بد من التركيز على أهمية المحافظة على البيئة من خلال مناقشة مقدمات بيئية عامة عن التصحر بشكل عام، والنشاطات المسببة لتدهور البيئة بشكل خاص، مثل (الجفاف، وسوء الأساليب الزراعية، وتدهور التربة، واستخدام الخشب وقوداً، والتبذير في استخدام الماء، والرمال التي تحملها الرياح، وجموع الجراد، والصيد الجائر، والتنمية الاقتصادية المتسمة بالطفرة، وضعف إدارة البيئة، والإسراف في الرعي، وزيادة السكان، واتساع المناطق المدنية، والتعدين، والسياحة).

إن تدهور البيئات الجافة وتصحرها ظل موضوع الساعة في الدوائر التعليمية، منذ أن التفت إليه العالم إبان مؤتمر دولي نظّمته الأمم المتحدة سنة 1977م في نيروبي، وحتى قبل ذلك التاريخ فلطالما حذر العلماء من مثل هذا النوع الخطير للتدهور البيئي، ولكنه ظل أمراً بعيداً عن اهتمام العامة.

والتصحّر ينشأ من التفاعل المتبادل بين العوامل الطبيعية والبشرية التي تؤثر على تشكيل ظروف البيئة، ومن الشائع في هذا المقام أن تقسم هذه الأسباب إلى أسباب طبيعية (أهمها المناخ) وعوامل بشرية، فنقص المطر يؤدي إلى زيادة الجفاف، وبهذا يمهد السبيل لمزيد من تدهور البيئة، لأن طاقة العطاء لموارد الأراضي الجافة سوف تقل.



### المراجع

- 1- إبراهيم نحال ، التصحر في الوطن العربي ، معهد الإنماء العربي ، بيروت ، 1987
- 2- المجموعة الإحصائية لمنطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا ، الأمم المتحدة ، نيويورك ، 2003
- 3- برنامج الأمم المتحدة للبيئة ، إنقاذ كوكبنا والتحديات والأمال وحالة البيئة في العالم ، 1972-1992
- 4- برنامج الأمم المتحدة للبيئة حالة البيئة في العالم ، نيروبي ، 1991
- 5- زين الدين عبد المقصود ، البيئة والإنسان ، منشأة المعارف ، الإسكندرية ، ( بدون تاريخ )
- 6- ساتندرا بوسنتيل ، مياه الزراعة التصدي للقيود ، القاهرة ، 1992
- 7- محسن عبد الحميد توفيق ، الإدارة البيئية في الوطن العربي ، تونس ، 1993
- 8- محمد الخشن ( التصحر وتأثيره على الأمن الغذائي ) عالم الفكر ، نقلا عن عبد الله إبراهيم : المسألة السكانية وبنية المجال العربي ، 1991
- 9- هاشم نعمة ، أفريقيا : دراسة في حركات الهجرة السكانية ، مركز البحوث والدراسات الأفريقية ، ليبيا ، 1992
- 10- هاشم نعمة ، الملامح المميزة لمشاكل البيئة في المرحلة الحالية ، جريدة الشرق الأوسط اللندنية ، 6-12-2000
- 11- هاشم نعمة ، مشكلة التصحر في الوطن العربي ، أسبابها ، أبعادها ووسائل مكافحتها ، الملتقى الجغرافي الثاني ، جامعة قار يونس ، بنغازي ، ليبيا ، 1994

### المراجع الأجنبية

- Alwelaie, Abdullah N., (1985), The Role of Natural and Human Factors in the Degradation of the Environment in Central, Eastern, and Northern Saudi Arabia, Unpublished Ph.D. Dissertation, University of California, Riverside.
- Alwelaie, Abdullah N., (1989), Factors Contributing to the Degradation of the Environment in Central, Eastern, and Northern Saudi Arabia, in A. Abu-Zinada, et al. (eds.), Wildlife Conservation and Development in Saudi Arabia, pp.31-61, The National Commission for Wildlife Conservation and Development, Riyadh.
- Alwelaie, Abdullah, (1994), Protected areas in Saudi Arabia : Sustainable use of natural resources, GeoJournal, 34 (4), pp.383-392, (1994).
- Alwelaie, Abdullah; Chaudary, Shaukat; and Wetaid, Yousef (1993), Vegetation of Some Red Sea Islands of the Kingdom of Saudi Arabia, Journal of Arid Environments, Vol. 24, pp. 287-296.
- Anaya-Garduno, M., (1977), Technology and Desertification, Economic Geography, Vol..53(4), pp. 407-412.
- Aubreville, A., (1949), Climats, forests et desertification de l'Afrique tropicale, Societe d' Editions Geographiques, Maritimes et Coloniales, Paris.
- Birks, J., (1981), The impact of economic development on pastoral nomadism in the Middle East : an inevitable eclipse? in J. Clarke and H. Bowen-Jones, (eds.), Change and Development in the Middle East, pp. 82-94, Methuen and Co. Ltd., London.
- Black, J. and Tarmy, B., (1963), The use of asphalt coatings to increase rainfall, Journal of Applied Meteorology, Vol.2, pp.557-564.
- Bowden, M., (1977), Desertification of the Great Plains : Will it Happen?, Economic Geography, Vol.53 (4), pp.398-406.
- Burdon, D., (1971), Exploitation of groundwater for agricultural production in arid lands, in W. McGinnies B. Goldman, and P. Paylore, (eds.), Food, Fiber and the Arid Lands, pp. 290-300, The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Choudsley-Thompson, J., (1977), Reclamation of the Sahara , Environmental Conservation, Vol.4 (2), pp. 115-119.
- Cressey, G., (1968), Qanats, Karez, and Foggaras, Geographical Review, Vol.48 (1), pp. 27-44.

- Dregne, H., (1976), Desertification of a Crisis, in P. Paylore and R. Haney, Jr., (ed.), Desertification: Process, Problems, Perspectives, pp. 12–22.
- Dregne, H., (1977), Desertification of Arid Lands, Economic Geography, Vol.53(4), pp. 322–331.
- Dregne, H., (1978), Desertification: Man's Abuse of the Land, Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 33, pp. 11–14.
- Eagleman, J., (1980), Meteorology: The Atmosphere in Action, D. Van Nostrand Co., New York .
- El Gabaly, M., (1977), Water in Arid Agriculture: Salinity and Water logging in the Near East Region, Ambio, Vol.6, pp. 36–39.
- Glantz, M., (1977), Climate and weather modification in and around arid lands, in M. Glantz, (ed.), Desertification: Environmental Degradation in and around Arid Lands, pp. 307–337, Westview Press, Boulder, Colorado.
- Goudie, A., (1981), The Human Impact: Man's Role in Environmental Change, The MIT Press, Cambridge , Mass.
- Gray, W. Frank, W. Corrin, M. and Stokes, C., (1976), Weather Modifications by carbon dust absorption of solar energy, Journal of Applied Meteorology, Vol.15, pp. 355–386.
- Grove, A., (1973), Desertification in the African Environment, in D. Dalby and R. Harrison Church, (eds.), Drought in Africa , pp. 33–45, School of Oriental and African Studies, London .
- Hagedorn, H., (1977), Dune Stabilization: A Survey of Literature on Dune Formation and Dune Stabilization, German Agency for Technical Cooperation, Ltd., (GTZ), Eschborn.
- Hare. F. Kates, R. and Warren, A., (1977), The Making of deserts: Climate, ecology and Society, Economic Geography, Vol.53(4), pp. 332–346.
- Ibrahim, F., (1993), A reassessment of the human dimension of desertification, GeoJournal, Vol.31(1), pp.5–10.
- Khatib, A., (1971), Present and potential salt-affected and waterlogged areas in the countries of the Near East in relation to agriculture, in FAO Irrigation and Drainage Paper 7, pp. 13–28, Salinity Seminar Baghdad, Rome.
- Kovda, V., (1980), Land Aridization and Drought Control, Westview Press, Boulder , Colorado .
- Le Houerou, H., (1977), The Nature and causes of desertization, in M. Glantz, (ed.), Desertification: Environmental Degradation in and around Arid Lands, pp. 18–25, Westview Press, Boulder, Colorado.
- Peyre De Fabreques, B., (1970), Paturages naturels sahéliens du and Tamensa, Maisons Alfort, Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays Tropicaux (iemvt).
- Sanford, S., (1982), Pastoral strategies and desertification: opportunism and conservatism in dry lands, in B. Spooner and H. Mann, Desertification and Development: Dryland Ecology in Social Perspective, pp. 61–80, Academic Press, New York..
- Sherbrooke, W. and Paylore, P., (1973), World Desertification: Cause and Effect, Office of Arid Lands Studies, University of Arizona , Tucson , Arizona .
- Smith, E. Adderley. E. and Bethwaite, F., (1963), A Cloud-seeding Experiment in South Australia , Journal of Applied Meteorology, Vol.2, pp. 565–568.
- United Nations, (1977), Desertification: Its Causes and Consequences, Pergamon Press , New York .

- Ware, H., (1977), Desertification and Population: Sub-Saharan Africa, in M. Glantz, (ed.), Desertification: Environmental Degradation in and around Arid Lands, pp. 166–202, Westview Press, Boulder , Colorado .
- Harrison, D.L., (1968), The Mammals of Arabia, (vol.2), Ernest Benn Ltd., London .
- Oryx, (1973), Spreading the oryx risk, Oryx vol. 12 (1), p.5.
- Oryx, (1977), Arabian Oryx herd, Oryx, vol. 14 (1), p.83.
- Philby, John, (1928), Arabia of the Wahhabis, (Reprinted in 1977 by Frank Cass and Company Limited, London .

## دراسة التربة وتدهور الاراضي في وادي الليث، المملكة العربية السعودية

أحمد خالد الشريف<sup>1</sup>، عبدالرحمن عسير الغامدي<sup>2</sup>، مدني يحيى أبو الفضائل<sup>3</sup>

قسم دراسات التصحر - هيئة المساحة الجيولوجية السعودية،

### الملخص

يعتبر التصحر وتدهور الأراضي من أهم معالم الاستخدام غير المستدام للموارد الطبيعية في أي منطقة، ولاشك أن العوامل المناخية السائدة تلعب دوراً كبيراً في ذلك، حيث تقع المملكة العربية السعودية ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة، غير أن الانسان يبقى عامل رئيسي للتأثير بسبب سوء استخدامه للموارد الطبيعية المتاحة مما يؤدي إلى عجز تلك الموارد عن تلبية الاحتياجات ومتطلبات التنمية المختلفة. أن مواجهة هذه الظاهرة يتطلب بداية تقييماً للأوضاع البيئية السائدة بمختلف مكوناتها، وتقدير درجة التدهور الحاصل عن طريق تحليل صور الأقمار الصناعية لفترات زمنية مختلفة، مما يساعد في تفهم الأسباب التي كانت وراء ذلك، ومن ثم الانطلاق بخطة واضحة تعمل على إعادة تأهيل المتدهور. تعتبر منطقة الدراسة من أهم مناطق المملكة العربية السعودية من حيث تنوع مواردها الطبيعية، فمعدلات الأمطار فيها جيدة مما سمح بتوفر غطاء نباتي جيد على الرغم من الظروف الجيولوجية، كما أن الميول الطبوغرافية التي تتصف بها المنطقة وطبيعة مناخها الذي ينتج عنه أحياناً عواصف مطرية غزيرة في فترة زمنية قصيرة يؤدي إلى حدوث فيضانات مدمرة تساهم في تدهور الأراضي وانجراف التربة، بالإضافة إلى تهديد مختلف المنشآت المدنية. تركز هذه الدراسة على معرفة أنواع التربة ونوعية تدهور الأراضي في وادي الليث، حيث تم اعتماد منهجية مراقبة التدهور وحصر وتصنيف التربة وفق المفاهيم والمنهجيات والمقاييس الدولية، والاعتماد على التقنيات الحديثة عند التعامل مع المعلومات المكانية والبيانات المتاحة المتباينة في محتواها وطبيعتها، وتتبنى المنهجية الوحدة الفيزيوجرافية التي تستخدم كأساس للتعامل مع تصنيف التربة. أن مراقبة تدهور الأراضي تمثل جزءاً من فعاليات وأنشطة الحد من ظاهرة التصحر، ومن المعايير الهامة في مراقبة تدهور الأراضي هو الحالة العامة للتربة والتغيرات التي تطرأ عليها، حيث أن من أهم نتائج تدهور الأراضي هو الانخفاض المتدرج في خصوبة التربة وبالتالي انخفاض إنتاجية المحاصيل، ويختلف تأثير تدهور الأراضي على التربة كما ونوعاً باختلاف أنواع التربة، حيث يتوقف التأثير على انخفاض الإنتاجية بشكل كبير على سماكة ونوعية التربة السطحية وطبيعة ما تحت التربة.

**الكلمات الدالة:** وادي الليث، التصحر، تدهور الأراضي، نوعية التربة، الوحدة الفيزيوجرافية.

## The study of soil and land degradation in Wadi Al-Leith, Saudi Arabia

### Abstract

The desertification and land degradation result of the unsustainable use of natural resources. Certainly, the Climatic factors play a big role in it. Where, the Kingdom of Saudi Arabia is located within the arid and semi-arid zones, but the human remains a key factor for the effect due to misuse of natural resources, that leading to the inability of those resources to meet the needs and requirements of different development. The face of this phenomenon requires assessment of the environmental conditions prevailing, estimate the degree of deterioration by satellite images analyzing for different periods of time, then starting a clear plan for rehabilitating deteriorating. The study area is the most important region in the Kingdom of Saudi Arabia in terms of the diversity of its natural resources, rates of rainfall is good to allowing the availability of vegetation cover, and the tendencies topographical which characterize the region and the nature of the climate, which results rainstorms sometimes in the period short time to leads the occurrence of devastating floods contribute to land degradation and soil erosion, in addition damage in the urban facilities. This study focuses on the knowledge of soil and land degradation types in Wadi Al-Leith, it is dependent on the concepts and methodologies and international standards in a deterioration monitoring and soil classification, by using the modern techniques in spatial information, this methodology dependent on the physiographic units as a basis for soil classification. The monitoring of land degradation is part of the events and activities to reduce of the desertification phenomenon, the important criteria of land degradation monitoring is the general condition of the soil changes, where the most important result of land degradation is the gradual decline of soil fertility and hence low productivity of crops, depending on the thickness and soil type.

Keywords: Desertification, Land degradation, Soil type, Physiographic units, Wadi Al-Leith.

### المقدمة

تقع منطقة الدراسة شمال إقليم تهامة على الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية، وتطل غرباً على البحر الأحمر وتمتد إلى جبال السروات شرقاً. وتتبع إدارياً منطقة مكة المكرمة، وتبعد عن مدينة مكة المكرمة 180 كم جنوباً، كما تبعد عن مدينة جدة 190 كم باتجاه الجنوب (شكل-1)، ويبلغ عدد سكانها 128.529 نسمة<sup>1</sup>، ويمعدل نمو حوالي 3% موزعين بين المناطق الحضرية والقرى الجبلية والساحلية والهجر. يشغل معظم سكانها في الزراعة وتربية المواشي وصيد الأسماك.

<sup>1</sup> وزارة الاقتصاد والتخطيط، 2010  
مجلة منشورات علوم جغرافية Geo-sp Publication

تتعرض أجزاء كثيرة من أراضي المملكة للتصحّر نتيجة وجودها في قلب النطاق الصحراوي لقارتي آسيا وأفريقيا، وتبلغ مساحة الأراضي المزروعة فيها 126.750 هكتار وتشغل الغابات 2.29 مليون هكتار، أما المراعي الطبيعية فتغطي مساحة 168.5 مليون هكتار<sup>2</sup>.

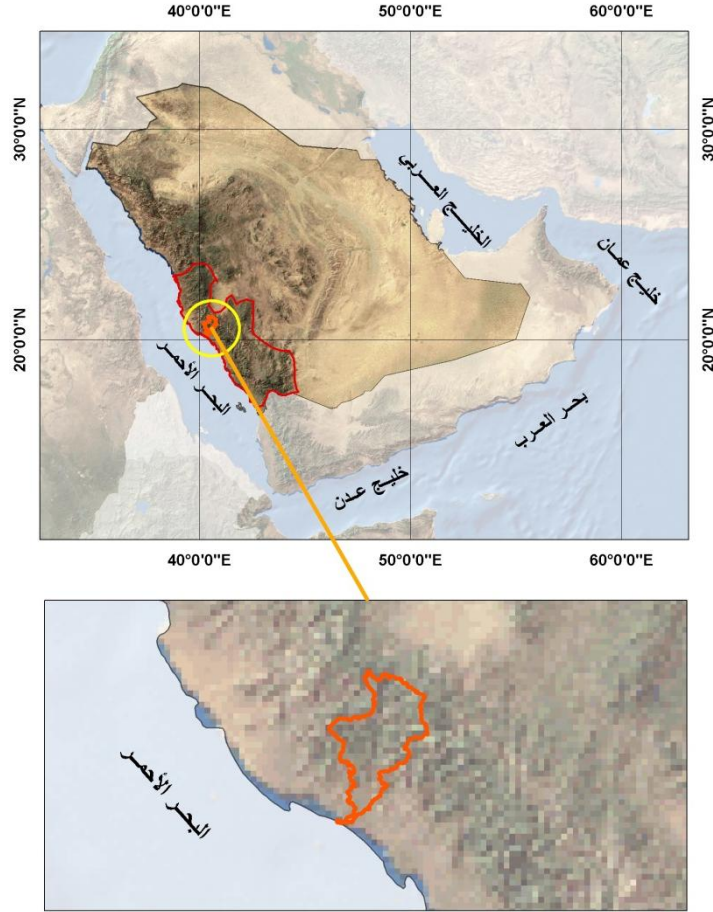
تعتبر الحالة العامة للتربة والتغيرات التي تطرأ عليها من المعايير الهامة في مراقبة تدهور الأراضي، حيث أن من أهم نتائج تدهور الأراضي هو الانخفاض المتدرج في خصوبة التربة، لأن انخفاض الخصوبة عادة ما يترافق بانخفاض إنتاجية المحاصيل، ويختلف تأثير تدهور الأراضي على التربة كماً ونوعاً باختلاف أنواع التربة، حيث يتوقف التأثير على انخفاض الإنتاجية بشكل كبير على سماكة ونوعية التربة السطحية وطبيعة ما تحت التربة، تنخفض الإنتاجية كلما قلت سماكة التربة السطحية نتيجة عمليات التدهور، أو عندما تنخفض قدرة التخزين المائي، وهذا يترافق بقلة عمق طبقة الجذور الفعالة.

وعادة ما تبدأ عمليات التدهور بنقص محتوى المادة العضوية في الطبقة السطحية من التربة، ويترافق هذا الفعل بانخفاض النشاط الحيوي وبالتالي تدني خصوبة التربة، وكذلك فإن مسامية التربة تتلاشى وتنخفض مقدرتها على الاحتفاظ بالماء، وينقلص عدد النباتات التي من الممكن أن تعيش عليها، وتزداد نسبة التربة الجرداء ويزداد تعرض التربة للانجراف بواسطة المياه والرياح، وعندما تتجرف التربة السطحية تظهر التربة تحت السطحية ذات المحتوى القليل من المادة العضوية على السطح مترافقة مع الحصى والأحجار والمنكشفات الصخرية، وهذا ما يؤدي إلى صعوبة العمليات الزراعية وتدني الإنتاج والمقدرة الإنتاجية.

تعد دراسة أنواع الانجرافات للتربة ونوعيتها من أهم الاجراءات لتقدير وحصر المناطق المتضررة في منطقة الدراسة، مما يستوجب إجراء دراسات لتقييم الموارد الأراضي وتقييم درجة التدهور الحاصل في المناطق الزراعية والحد من زحف الرمال للأراضي الزراعية والمدن. وقد تم التعرف على أنواع التدهور الحاصل في المنطقة وهي:

- تدهور التربة بفعل الانجراف المائي. Water Erosion
- تدهور التربة بفعل الانجراف الريحي. Wind Erosion
- تدهور التربة بفعل الملوحة. Soil Salinization
- تدهور التربة بفعل فقدان خصوبتها. Loss Of Soil Fertility





شكل-1: موقع منطقة الدراسة

### منهجية دراسة تدهور الاراضي ودراسة التربة

تعتمد منهجية مراقبة التدهور وحصر وتصنيف التربة على تبني عدد من المفاهيم والمنهجيات والمقاييس الدولية والاعتماد على التقنيات الحديثة عند التعامل مع المعلومات المكانية والبيانات المتاحة المتباينة في محتواها وطبيعتها، ومستويات الدقة ونظم جمعها، وإعادة تنظيمها لتعظيم الفائدة المتحققة منها، وتسهيل إمكان الربط بينها، وإعادة قراءتها وتحليلها واستخلاص المعلومات منها، وتتبنى المنهجية الوحدة الفيزيوجرافية التي تستخدم كأساس للتعامل مع تصنيف التربة ووضع خرائطها.

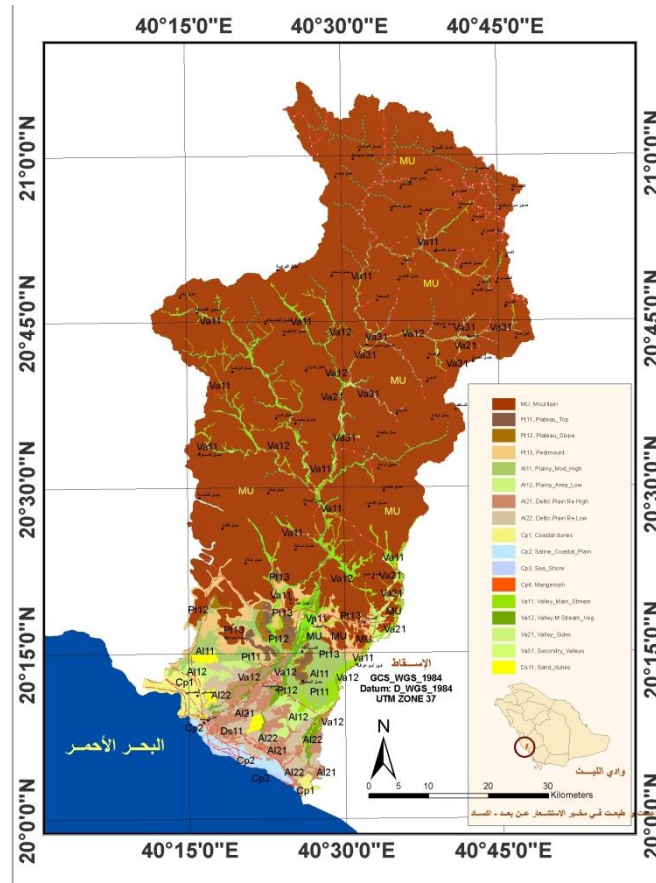
واشتملت خطوات العمل على ما يلي:

- إعداد خارطة الوحدات الفيزيوجرافية لخارطة التربة.
- دراسة التربة
- دراسة تدهور الأراضي.

إعداد خارطة الوحدات الفيزيوجرافية ودراسات التربة في وادي الليث

اختصت دراسة التربة علي تحديد أنواعها في المنطقة ومدى تلوثها وتضررها بفعل أنواع الانجرافات الطبيعية والعوامل التي سببها الانسان، واشتملت خطوات العمل على إعداد خريطة الوحدات الفيزيوجرافية، وتوصيف مقاطع التربة.

خريطة الوحدات الفيزيوجرافية (شكل-2)، تم إعدادها عن طريق خريطة الارتفاعات الطوبوغرافية DEM وموزايك للصور الفضائية، ومن تحليل الصور الفضائية تم استخلاص الوحدات الأرضية (جدول-1)، حيث تشكل مدخلاً جيداً لفهم الاختلافات بين طبيعة كل مجموعة وتوقع الاختلافات في طبيعة التربة المتكونة في كل مجموعة منها، وشكلت هذه الخريطة مدخلاً لتوصيف التربة في منطقة الدراسة.



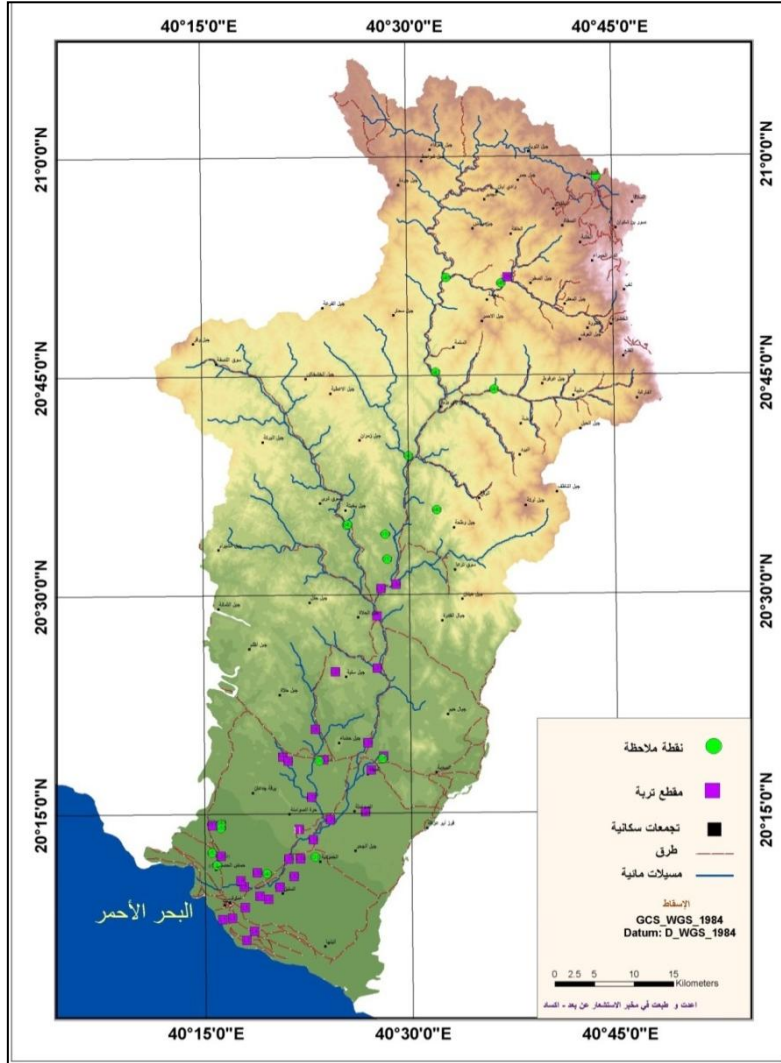
شكل-2: خريطة الوحدات الفيزيوجرافية

جدول-1: الوحدات الفيزيوجرافية لوادي الليث

Landform			Relief			Landscape			Physiographic Unit	
%	area ha	unit	%	area ha	unit	%	area ha	unit		
78.52	314503.32	Mu				78.5	314503	Mu	Mountain_Areas	المناطق الجبلية
						4.0	15960	Pt		الهضاب تحت الجبلية
0.67	2671.17	Pt1	0.67	2671.17	Pt1				Plateau_Top	قمم الهضبة
0.68	2725.84	Pt2	0.68	2725.84	Pt2				Plateau_Slope	ميل الهضبة
2.64	10563.15	Pt3	2.64	10563.15	Pt3				Pedimount	الرسوبيات تحت القدمية
						8.9	35515	Al		الرسوبيات المائية المروحية
			3.7	14749	Al1					السهول الرسوبية
2.61	10469.07	Al11							Plainy_Area_Moderately_High	السهول المرتفعة نسبياً
1.07	4280.41	Al12							Plainy_Area_Low	السهول المنخفضة نسبياً
			5.2	20766	Al2					السهول الدلتاوية
2.57	10300.79	Al21							Deltic Plain Relatively High	السهول المرتفعة نسبياً
2.61	10464.80	Al22							Deltic Plain Relatively Low	السهول المنخفضة نسبياً
						6.6	26583	Va	Valleys	الاوودية
			5.9	23727.3	Va1				Valley Stream	مجري الوادي الرئيسي
4.71	18880.10	Va11							Valley_Main_Stream	مجري الوادي الرئيسي - بدون غطاء نباتي
1.21	4847.20	Va12							Valley_Main_Stream_with_Vegetation	مجري الوادي الرئيسي - بغطاء نباتي
0.50	1992.47	Va2	0.5	1992.5	Va2				Valley_Sides	جوانب الوادي
0.22	862.83	Va3	0.2	862.8	Va3				Secondary_Valleys	الاوودية الثانوية
0.44	1777.50	Ds				0.4	1778	Ds	Sand_dunes	كثبان رملية
						1.5	6196	Cp	Coastal plains	السهول الساحلية
0.64	2576.64	Cp1	0.64	2576.64	Cp1				Coastal dunes	تلال ساحلية
0.67	2682.62	Cp2	0.67	2682.62	Cp2				Saline_Coastal_Plain	مناطق سيخات
0.22	882.36	Cp3	0.22	882.36	Cp3				Sea_Shore	شاطئ البحر
0.01	54.64	Cp4	0.01	54.64	Cp4				Mangeroph	مناطق المانجروف

100.00	400534.92									الاجمالي
--------	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	----------

تم دراسة 37 مقطعاً أرضياً و52 نقطة ملاحظة توزعت كما هو مبين بالشكل (3)، وبحيث مثلت جميع الاختلافات المتعلقة بمظاهر السطوح الأرضية وطبيعة التربة المتكونة عليها. وتشكلت معظم تربة المنطقة تحت ظروف بيئية تميزت بالجفاف والحرارة لذلك فهي غالباً عديمة التطورات ولا يلاحظ فيها أفاق تشخيصية واضحة المعالم.



شكل-3: خريطة مواقع قطاعات التربة ونقاط الملاحظة في وادي الليث

### تصنيف التربة.

تم تصنيف التربة في منطقة الدراسة حسب نظام تصنيف التربة الأمريكي<sup>3</sup>.

#### المناطق الصخرية:

هناك مساحة من المنطقة المدروسة لا تضم ترب ولكنها تمثل الأصل الصخري مساحتها 292006 هكتار وتمثل 72.9 % من مساحة منطقة الدراسة.

#### الترب حديثة التكوين Entisols:

أحمد خالد الشريف<sup>1</sup>، عبدالرحمن عسير الغامدي<sup>2</sup>، مدني يحيى أبو الفضائل<sup>3</sup>

تقع معظم ترب المنطقة تحت رتبة الترب حديثة التكوين Entisols التي تتميز بعدم احتوائها على دلائل تطور الأفاق الوراثية، ولا يوجد فيها أفاق تشخيصية، والمواد الترايبية لا تستقر في مكانها لفترات طويلة لتجري عليها عمليات النشوء والوراثة لتشكيل الأفاق الوراثية والتشخيصية بعضها يقع على المنحدرات المعرضة للتعرية وبعضها في السهول الفيضية التي تترسب فيها المواد المنقولة بواسطة المياه، وقد تشكل على أية مادة ام ولكن الصفة المشتركة لكافة فئاتها التصنيفية هي عدم وجود الأفاق التشخيصية وقد سجلت من هذه الرتبة في منطقة الدراسة الفئات التالية:

#### أ. مجموعة Torrifluents :

مساحتها 17407 هكتار تمثل 4.35% من مساحة المنطقة المدروسة، تستخدم أراضيها للرعي أو للزراعة عندما تتوفر مياه الري.

ويمكن تحديد أهم الصفات المورفولوجية لمقاطع التربة بما يلي:

يتراوح لون التربة بين الأصفر الفاتح والرمادي إلى البني و البني المصفر (صورة-1)، القوام يتراوح بين الرملّي واللومي السلتي، والتربة عديمة البناء غالباً وأحياناً ذات بناء كتلي مضلع خفيف، وهي معدومة أو خفيفة التفاعل مع حمض كلور الماء، ملوحة التربة معدومة أو قليلة أحياناً، ودرجة الحموضة pH تتراوح بين (7.5 - 9).



صورة-1: مقطع لتربة من مجموعة Torrifluvent

#### ب. مجموعة Torriorrhents :

مساحتها 32136 هكتار تمثل 8.02% من مساحة المنطقة المدروسة، وتتواجد على سفوح الجبال والمنحدرات وتختلط مع المنكشفات الصخرية في أعالي المسقط المائي وفي هذه الحالة تكون قليلة العمق من نوع Lithic، وغالباً ما تستخدم للرعي حيثما يتوفر الغطاء المناسب.

ويمكن تحديد أهم الصفات المورفولوجية لمقاطع التربة بما يلي:

عمق التربة يتجاوز 150 سم لمجموعة Typic Torriorrhent أو أقل من 50 سم لمجموعة Lithic Torriorrhents لون التربة يتراوح بين الرمادي الفاتح و البني العاتم، القوام يتراوح بين اللومي الرملّي واللومي السلتي، والتربة عديمة البناء أو



ذات بناء كتلي ضعيف الى متوسط التماسك (صورة-2)، التفاعل مع حمض كلور الماء خفيف الى متوسط، ملوحة التربة خفيفة الى متوسطة، ودرجة الحموضة pH تتراوح بين (7.5 – 8.5).



صورة-2: مقطع لتربة من نوع Torriorthents

ج. مجموعة Torripsamments:

مساحتها 17990 هكتار تمثل 4.49 % من مساحة المنطقة المدروسة، تستعمل للرعي حيثما يتوفر الغطاء النباتي الطبيعي.

ويمكن تحديد أهم الصفات المورفولوجية لمقاطع التربة بما يلي:

لون التربة يتراوح بين البني المصفر والرمادي الفاتح، القوام يتراوح بين الرملي الناعم والرملي الخشن (صورة-3)، التربة عديمة البناء ومعدومة أو خفيفة التفاعل مع حمض كلور الماء، وهي غير متملحة إلى خفيفة الملوحة، درجة الحموضة pH تتراوح بين (7.5 – 8.5).



صورة-3: مقطع لتربة من نوع Torripsamments

الترب الجافة Aridsols

مساحتها 5822.1 هكتار تمثل 1.45 % من مساحة المنطقة المدروسة.

ويمكن تحديد أهم الصفات المورفولوجية لمقاطع التربة بما يلي:

يتراوح لون التربة بين البني والزيثوني الفاتح (صورة-4)، القوام يتراوح بين السلتي والرملي اللومي، التربة إما عديمة البناء أو ذات قوام كتلي ضعيف، وهي عديمة أو متوسطة التفاعل مع حمض كلور الماء، التربة مالحة إلى شديدة الملوحة، ودرجة الحموضة pH تتراوح بين (7 - 9).



صورة-4: مقطع في تربة من نوع الترب الجافة

ويبين الجدول (2) الوحدات التصنيفية ومساحاتها في وادي الليث، كما يبين الجدول (3) يبين العلاقة بين الوحدات الفيزيوجرافية والتربة.

جدول-2: تصنيف التربة في وادي الليث

المساحة		الوحدات التصنيفية	
%	هكتار		
72.90	292006	non soil formation	مناطق ليس بها عمليات تكوين للأراضي
1.45	5822.1	Typic Aquisalids	مناطق ترب غدقة ملحية
8.02	32136	Typic Torriorthents	مناطق ذات ترب خشنة وأجزاء صخرية منتشرة بها
4.35	17407	Typic Torrifluents	ترب رسوبية مائية
4.49	17990	Typic Torripsammments	ترب رملية
8.78	35173	Lithic Torriorthents	مناطق ذات ترب ضحلة العمق خشنة وأجزاء صخرية منتشرة بها واسفلها طبقات صخرية.
<b>100.00</b>	<b>400535</b>	<b>المجموع</b>	

جدول-3: الوحدات الفيزيوجرافية وعلاقتها بتصنيف التربة في وادي الليث.

الوحدات الفيزيوجرافية	الكود	area ha	%	التصنيف الأول	%	التصنيف اثنائي	%	التصنيف الثالث	%
المناطق الجبلية	Mu	314503.32	78.52	non soil formation	90	Lithic Torriorthents	10		
الهضاب تحت الجبلية									
قمم الهضبة	Pt1	2671.17	0.67	non soil formation	85	Lithic Torriorthents	15		
ميل الهضبة	Pt2	2725.84	0.68	non soil formation	75	Lithic Torriorthents	25		
الرسوبيات تحت القديمة	Pt3	10563.15	2.64	Typic Torriorthents	75	Lithic Torriorthents	25		
السهول المرتفعة نسبياً	A111	10469.07	2.61	Typic Torripsamments	100				
السهول المنخفضة نسبياً	A112	4280.41	1.07	Typic Torripsamments	65	Typic Torrifluents	35		
السهول الدلتاوية المرتفعة نسبياً	A121	10300.79	2.57	Typic Torrifluents	50	Typic Torriorthents	25	Typic Torripsamments	25
السهول الدلتاوية المنخفضة نسبياً	A122	10464.80	2.61	Typic Torrifluents	40	Typic Torriorthents	30	Typic Aquisalids	30
مجرى الوادي الرئيسي - بدون غطاء نباتي	Va11	18880.10	4.71	Typic Torriorthents	75	Typic Torrifluents	25		
مجرى الوادي الرئيسي - بغطاء نباتي	Va12	4847.20	1.21	Typic Torriorthents	45	Typic Torrifluents	30	Typic Torripsamments	25
جوانب الوادي	Va2	1992.47	0.50	Typic Torriorthents	65	Typic Torrifluents	20	Typic Torripsamments	15
الاوودية الثانوية	Va3	862.83	0.22	Typic Torriorthents	100				
كثبان رملية	Ds	1777.50	0.44	non soil formation	85	Typic Torripsamments	15		
تلال ساحلية	Cp1	2576.64	0.64	non soil formation	85	Typic Torripsamments			
مناطق سبخات	Cp2	2682.62	0.67	Typic Aquisalids	100				
شاطئ البحر	Cp3	882.36	0.22	non soil formation	100				
مناطق المانجروف	Cp4	54.64	0.01	non soil formation	100				
		400534.92	100.00						

## دراسة تدهور الأراضي

عادة ما تبدأ عمليات التدهور بنقص محتوى المادة العضوية في الطبقة السطحية من التربة، ولأهمية هذا الموضوع فقد وضعت منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO) طريقة للتقييم المباشر لتدهور التربة (Visual Soil Assessment) وذلك من خلال مراقبة التغيرات التي تطرأ على بعض مواصفات التربة المبينة في الجدول رقم (4)<sup>4</sup>.

جدول-4: العلاقة بين مواصفات التربة وتدهورها

الصفة	تربة جيدة	تربة متوسطة	تربة سيئة
البناء	توزع جيد للحبيبات الناعمة مع عدم وجود كتل.	تحتوي على كمية معتبرة من الكتل والحبيبات الناعمة.	سيادة الكتل القاسية
المسامية	مسام كبيرة بين الحبيبات تتوافق مع بناء جيد	مسام قليلة بين الحبيبات	لا يمكن مشاهدة المسام الكبيرة بين الحبيبات.
اللون	لون التربة السطحية عاتم وغير مشابه لما تحته.	لون التربة السطحية أفتح ومشابه قليلاً لما تحته.	لون التربة فاتح جداً ومشابه لما تحته.
عدد ولون التبقعات	لا يوجد تبقعات	وجود تبقعات برتقالية ورمادية صغيرة ومتوسطة بنسبة 20-50%	وجود تبقعات كثيرة برتقالية ورمادية كبيرة بنسبة 50%.
وجود طبقة محراث	لا يوجد طبقة محراث	وجود طبقة محراث متوسطة، تظهر طبقة الحراثة مميزة عما تحته.	وجود طبقة محراث قاسية مميزة ولا يوجد تحتها بناء أو مسام أو تشققات.
التغطية	سطح التربة مغطى تماماً ببقايا النباتات	سطح التربة مغطى جزئياً ببقايا النباتات	سطح التربة غير مغطى نهائياً ببقايا النباتات.
وجود الديدان الأرضية	أكثر من 8 في 20 سم <sup>3</sup> من التربة	4-8 في 20 سم <sup>3</sup> من التربة	أقل من 4 في 20 سم <sup>3</sup> من التربة.

أوضحت نتائج العمل الحقلية وما رافقه من جمع للمعلومات وتحليلها عمليات تدهور الأراضي السائدة في المنطقة، وبناء عليه أعدت الخرائط النهائية لأنواع تدهور الأراضي وفيما يلي أهم عمليات التدهور الموجودة في المنطقة:

## 1- انجراف التربة بواسطة الرياح :

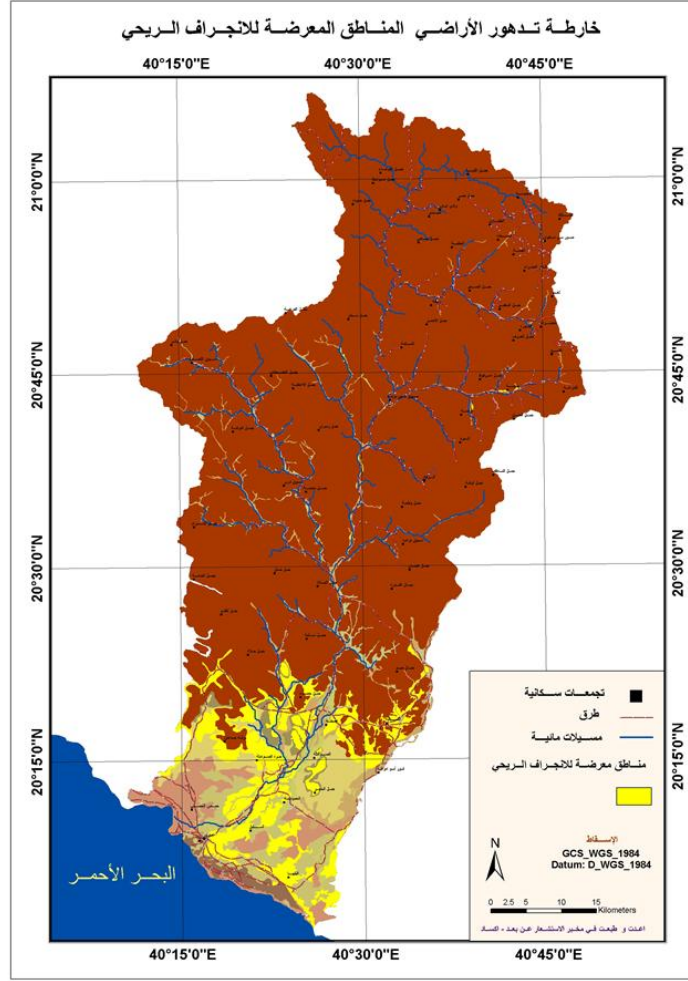
مثل هذا النوع من التدهور مع زحف الرمال وتشكل الكثبان الرملية أهم أنواع عمليات التدهور وأكثرها انتشاراً في المنطقة، وتؤدي إلى فقدان التربة السطحية الخصبة، إضافة إلى المشاكل التي تسببها حركة الرمال وانتقالها وزحفها وتساقطها على المناطق السكنية أو توضعها على طرق المواصلات وبالإضافة إلى تأثيرها الضار على

الصحة العامة وانتشار أمراض التنفس والعيون، وقد تم تمييز ثلاثة درجات لهذا النوع من التدهور في منطقة الدراسة.

إن هذا النوع من التدهور هو السائد في المناطق السفلى من المسقط المائي في وادي الليث خاصة في المنطقة التي تسود فيها السهول المستوية أو المتموجة والتربة الرملية خفيفة القوام (صورة-5)، يحدث الانجراف الريحي للتربة عندما تهب الرياح القوية على التربة غير المحمية وتزداد حدة الانجراف عندما تكون التربة جافة ومفككة وتم توضيح ذلك في الشكل (4) .



صورة-5: صورة توضح الانجراف الريحي في وادي الليث



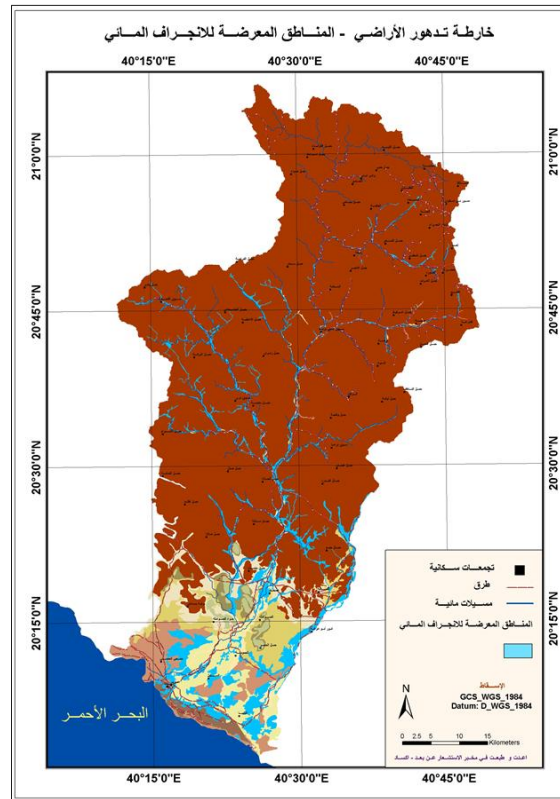
شكل-4: خريطة تدهور الأراضي بفعل الانجراف الريحي

## 2- انجراف التربة بواسطة المياه :

يؤدي هذا النوع من التدهور إلى فقدان الطبقة السطحية الخصبة من التربة ونقل كميات كبيرة منها إلى مواقع أخرى مخلفة وراءها تربة ضحلة أو فقيرة أو أراضي ميتة إضافة إلى توضع المواد المنجرفة في مواقع محددة تؤذي المراعي والأراضي الزراعية تسبب تدهورها وتدني إنتاجيتها صورة (6) وشكل (5).



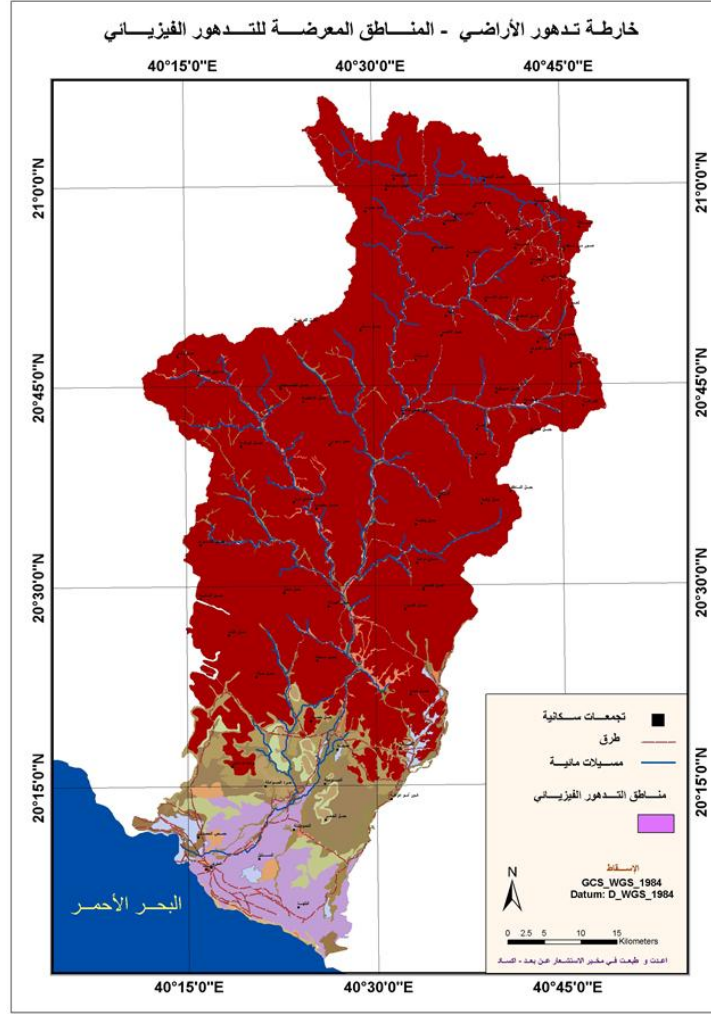




شكل-5: خارطة تدهور الأراضي بفعل الإنجراف المائي.

### 3-التدهور الفيزيائي :

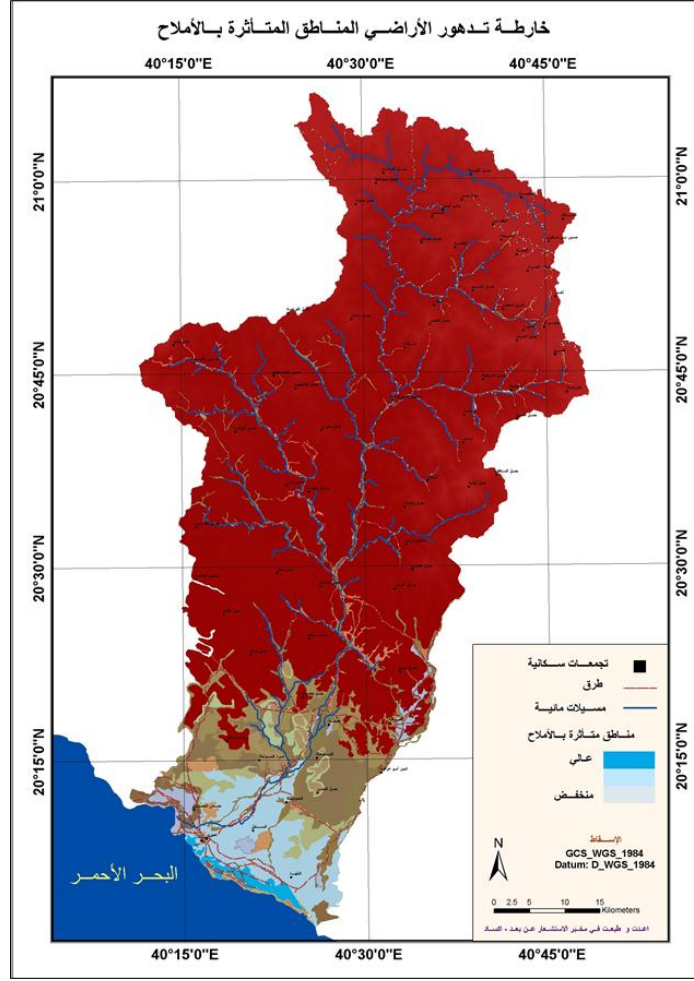
يؤدي هذا التدهور إلى تدني إنتاجية الأرض بسبب تدهور مواصفاتها الفيزيائية وينتج عن تراص التربة أو تخريب البناء أو انسداد المسامات وتشكل القشرة أو الغدق أو التجفيف. في منطقة الدراسة لوحظ وجود شكل واحد من أشكال التدهور الفيزيائي هو تشكل القشرة السطحية وانسداد المسامات وتراكم للرمال ووجود كثبان رملية مع غطاء ضعيف من النباتات الطبيعية لا تتجاوز نسبتها 10% ويبين الشكل (6) مناطق التدهور الفيزيائي.



شكل-6: خارطة مناطق التدهور الفيزيائي.

#### 4- تملح التربة:

يؤدي تملح التربة إلى التأثير بشكل مباشر في قدرة النباتات على النمو، حيث تختلف قدرة النباتات على تحمل درجات ملوحة التربة، وفي منطقة الدراسة يشكل تداخل مياه البحر عاملاً هاماً في تدهورها وتملحها (شكل-7)، كما تبين الصورة رقم (7) رصد أثر التملح على التربة.



شكل - 7: خارطة المناطق المتأثرة بالأملاح.



صورة- 7: صور من تدهور التربة بفعل التملح

#### الاستنتاجات:

تم تمييز ثلاثة أنواع من التدهور في منطقة الدراسة، وتبين أن التدهور الريحي وزحف الرمال الأكثر انتشاراً، وأن ظروف تشكل التربة يكون من الموارد التجميعية والرسوبية المنقولة. يلاحظ أن تربة الوديان هي الأفضل للتنمية الزراعية، والمناطق

العليا من الوادي هي أقل المناطق ملائمة للزراعة، فيما تؤمن المناطق الوسطى والسفلى فرصاً أكثر للتنمية بسبب انتشار وتوزع مياه الفيضان بشكل أفضل وعلى مساحات أوسع.

شكلت معظم تربة المنطقة تحت ظروف بيئية تميزت بالجفاف والحرارة لذلك فهي غالباً عديمة التطورات ولا يلاحظ فيها أفاق تشخيصية واضحة المعالم.

ان كافة أراضي وادي الليث تتعرض الى التغيرات في الظروف الطبيعية وتكرار دورات الجفاف والتغيرات في معدلات هطل الأمطار وحساسية الغطاء النباتي تجاه التغيرات المناخية تمثل أهم العوامل المؤثرة على تراجع الغطاء النباتي وتطور الزحف الصحراوي، كم تبين ان تشكل الكثبان الرملية من تجمعات الرمال المتحركة وهي تشكل مساحات واسعة وتغزو الأراضي الرعوية والزراعية وذلك باتباع مختلف الاجراءات المعتمدة لتثبيت الرمال.

### التوصيات:

تتضمن هذه التوصيات والمقترحات الإجراءات والأساليب والوسائل للعمل على وقف تدهور الأراضي وإعادة تأهيل الأراضي المتدهورة، وضمن هذا الإطار وبما يتناسب مع الظروف المحلية والبيئية لمناطق الدراسة يوصى بما يلي:

- عمل برنامج مراقبة لتدهور الأراضي باستخدام التقنيات الحديثة، وإعداد خرائط تدهور الأراضي لمراقبة التغيرات الطارئة.
- إعادة تأهيل أراضي المراعي، وذلك بالعمل على تهيئة الظروف المناسبة لإعادة الغطاء النباتي إليها خاصة الأنواع المحلية المتأقلمة مع الظروف المناخية، وذلك للمحافظة على التربة وتوفير مراعي مستدامة للمواشي بشكل منظم. واختيار هذه الأنواع بدقة وتأمين الحماية لها وإيجاد ظروف بيئية محلية تساعدها على النمو والتكاثر.
- تثبيت الرمال والكثبان الرملية، حيث تتشكل الكثبان الرملية من تجمعات الرمال المتحركة وهي تشكل مساحات واسعة وتغزو الأراضي الرعوية والزراعية ولمنع حركة الرمال يتم تثبيت الكثبان الرملية بأحد الطرق التثبيت المعروفة (ميكانيكي، حيوي، ...).
- التوعية والمشاركة السكانية، حيث أن للسكان المحليين أهمية كبرى في إنجاح أي نشاط يتعلق بإعادة تأهيل الأراضي لذلك يجب نشر التوعية تجاه المشاكل الناجمة عن تدهور الأراضي بكافة أبعادها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية ومشاركة السكان المحليين في الأنشطة الهادفة إلى وقف عمليات التدهور وإعادة تأهيل الأراضي المتدهورة.
- مراجعة وتحديث السياسات والتشريعات المتعلقة بموارد الأراضي والمراعي والغابات لإتباع نهج جديد في التخطيط والتنفيذ يعتمد على النهج التكاملية والتشاركية والأدوات الحديثة في الاقتصاد لتهيئة مناخ مناسب للعمل والانتقال من المفهوم التقليدي لإدارة موارد الأراضي إلى مفهوم الإدارة المستدامة.

- أنشاء قواعد بيانات تشمل الخرائط والمختلفة للتدهور والتربة لتسهيل اشتقاق المعلومات وسهولة تحديثها وتعامل معها.

#### المراجع

أكساد (2004)، تقرير حالة التصحر في الوطن العربي - دراسة محدثة.

وزارة الاقتصاد والتخطيط (2010)، مصلحة الإحصاءات العامة والمعلومات.

USDA, (2006), Keys to Soil Taxonomy. Soil Survey Staff, USDA, Washington, USA.

FAO (2005), Guidelines for Soil Description. Fourth Edition, Roma.

LADA Manuals (2010), Guidelins for the identification and description of nationally based indicators of land degradation, Roma.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية  
في تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه -في منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية  
الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

المملكة العربية السعودية - وزارة التعليم العالي - جامعة الملك خالد

كلية العلوم الإنسانية - قسم الجغرافيا

**المستخلص:**

تتاولت الدراسة تحليل التوزيع الجغرافي للسدود في منطقة عسير، ورصد طرق حصاد المياه المتبعة بإنشاء سدود الاستعاضة والشرب والتحكم والحماية، كما اهتمت الدراسة بتقييم مواضع السدود الحالية وفقاً لعدد من المتغيرات التي تتحكم بشكل أساسي في تقييم مواضع السدود لغرض تنمية حصاد المياه بمنطقة عسير، وشملت المعايير الطبوغرافية والجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي، وتقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية لحصاد المياه في المنطقة. وتوصلت الدراسة إلى أهم المعايير الأساسية التي يمكن اعتمادها في بناء نظام لاختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود في منطقة عسير، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

**المصطلحات العلمية:** تطبيقات نظم معلومات جغرافية GIS، والاستشعار عن بعد RS، قواعد البيانات Data Base، التحليل المكاني spatial analysis الخرائط الطباقية layers Maps السدود Dams موارد المياه، منطقة عسير، المملكة العربية السعودية.



## مقدمة:

تمثل الموارد المائية عنصراً أساسياً لمقومات الحياة، وقد بدأ الاهتمام العالمي بقضية المياه منذ عقد المؤتمر الدولي الأول حول بيئة الإنسان برعاية الأمم المتحدة في مدينة استوكهولم بالسويد عام 1972، والذي خرج بتوصيات تضمنت عقد مؤتمراً عالمياً حول مشكلات المياه في مدينة ماردل بلاتنا بالأرجنتين عام 1977، وصدر عنه إعلان يطالب بضرورة وضع خطط عمل لتقييم مصادر المياه في دول العالم، وضرورة توفير كميات كافية من المياه العذبة الصالحة للشرب لكل البشر. إن عدم حصول أكثر من 1.1 مليار فرد في البلدان النامية على المياه قد دفع مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة إلى إدراج توفير المياه الآمنة ضمن الأهداف الإنمائية للألفية بهدف خفض نسبة السكان الذين لا يحصلون على مياه الشرب إلى النصف بحلول عام 2015.

من هذا المنطلق اخذ موضوع المياه حيزاً كبيراً في معظم المؤتمرات الدولية المعنية بالقضايا البيئية، وأهمها مؤتمر المياه الذي عقد في دبلن بأيرلندا عام 1992م، ومؤتمر قمة الأرض الذي عقد في مدينة ريودي جانيرو بالبرازيل عام 1992، ومؤتمر الأمم المتحدة حول السكان الذي عقد في مدينة القاهرة بجمهورية مصر العربية عام 1994، ومؤتمر القمة العالمي الذي عقد في مدينة جوهانسبرج بجنوب أفريقيا عام 2002، ومؤتمر المياه الذي عقد في المكسيك عام 2006، وقد أكدت هذه المؤتمرات على أهمية الإدارة المستدامة للمياه العذبة بطريقة شمولية بمشاركة كل من مستخدمي المياه وصانعي القرار والمخططين، وضرورة دمج قطاع المياه وبرامجه في الاقتصاد الوطني والسياسة الاجتماعية (العوضي، وآخرون، 2008، ص 244-246).

والمملكة العربية السعودية لا تشكل استثناء بالنسبة لمشكلة الأمن المائي؛ فمتوسط حصة الفرد من المياه الصادرة عن الموارد المتجددة بلغ حوالي 3م240 للشخص الواحد في عام 2010؛ ووفقاً لمؤشر ندرة المياه فإن ذلك يعني أن المملكة بالفعل تحت خط ندرة المياه المعروف عالمياً 1500م3 في السنة. وحيث أن النمو السكاني أخذ بالارتفاع بشكل مستمر فإن متوسط حصة الفرد من المياه المتجددة يقل بشكل سنوي (مجموعة الأغر وأكاديمية البشناق، 2013، ص 8 - 11)؛ ولذلك فإن المملكة تواجه تحديات لتوفير وإنتاج المياه والمحافظة عليها، لا سيما في ظل شح المياه إقليمياً ودولياً مما يؤكد الحاجة الماسة إلى وضع خطط ودراسات إستراتيجية وإقامة مراكز بحثية وتطبيقية للإسهام في إدارة حركة التنمية المائية.

من هذا المنطلق اهتمت المملكة العربية السعودية بإنشاء وتنفيذ 394 سدا بنهاية عام 1433هـ بسعة تخزينية بلغت 1.926.898.524 متراً مكعباً منها 113 سدا في منطقة الدراسة بنسبة 28% من سدود المملكة بهدف الاستفادة منها لأغراض الشرب والري المباشر وتغذية الطبقات الجوفية بالمياه، بالإضافة إلى درء مخاطر السيول والتحكم في مياهها الجارفة ( [www.mowe.gov.sa](http://www.mowe.gov.sa) ) موقع وزارة المياه والكهرباء ، 2014

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

إن وقوع منطقة الدراسة ضمن حزام الدرع العربي الذي يتعرض لحركات باطنية وبدرجات مختلفة وفي مواقع متباينة فهي ذات نشاط زلزالي مستمر ، ( [www.sgs.org.sa](http://www.sgs.org.sa) ) ، يشكل خطراً محسوساً على البنية التحتية. ويتوفر المعلومة المبنية على تحليل البيانات المكانية والوصفية التي تستخدم في الدراسات الجغرافية (العسيري ، 2013 ، ص 1) لصانع القرار من خلال دراسة وتحليل التوزيع الجغرافي للسدود في منطقة عسير، وتقييم مواضعها الحالية وفقاً لعدد من المتغيرات الطبوغرافية والجيولوجية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي، وتقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية لحصاد المياه في المنطقة؛ هو ما تسعى له هذه الدراسة من خلال تحديد المعايير الأساسية التي يمكن اعتمادها في بناء نظام لاختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود في منطقة عسير، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

#### أهمية الدراسة:

تعد دراسة حصاد المياه في منطقة عسير من الأهمية بمكان خاصة بواسطة إنشاء السدود في مواضع مختارة، ويتطلب الأمر توفير المعلومات الضرورية عن بيئة الموقع، ومصادر الموارد المائية وطرق خزنها وتحليلها بالكيفية المناسبة للمخططين ومنتخذي القرار من أجل اختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود، والحد من مشاكل نقص المياه في هذه المناطق، وكذلك تجنب الكثير من المشاكل والآثار السلبية الناتجة عن الاختيار غير الملائم لمواضع السدود.

ويعرف مصطلح حصاد المياه بأنه تلك التقنية التي تستخدم في حجز وتخزين مياه الأمطار والسيول في فترات سقوطها بطرق تختلف باختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها وإعادة استخدامها سواء أكانت للشرب أم للري التكميلي والكمال أم لتغذية المياه الجوفية (الشيخ، 2006، ص2).

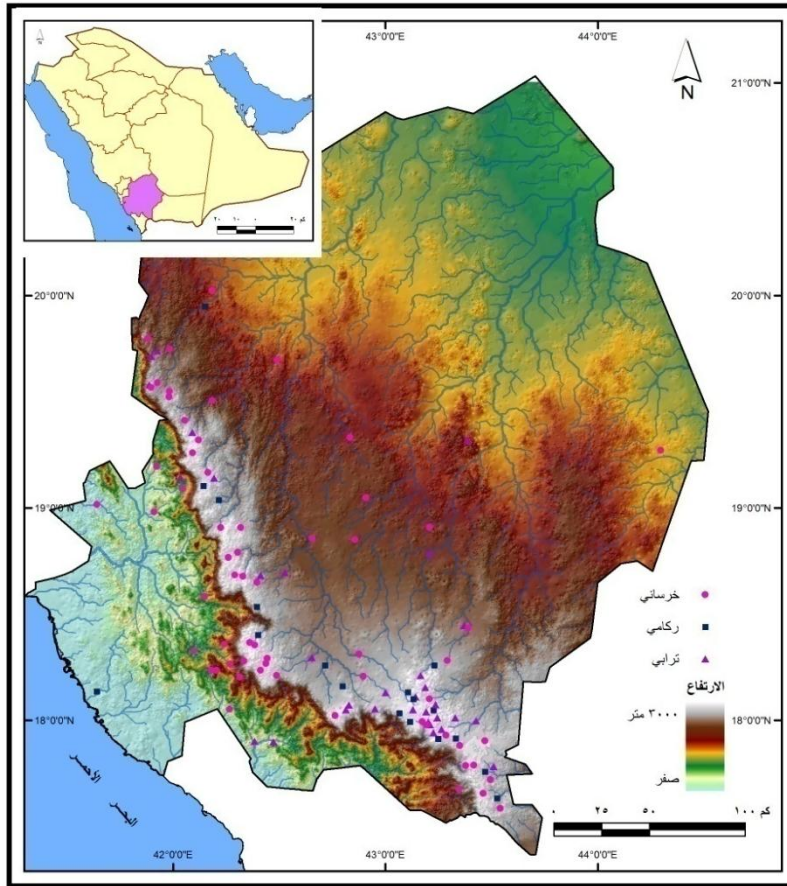
كما يعرف حصاد المياه على أنه جمع لمياه الأمطار من حوض معين يعرف بحوض التصريف أو المستجمع المائي، وهو عملية مورفولوجية أو كيميائية أو فيزيائية تُنفذ على سطح الأرض للاستفادة من مياه الأمطار بتخزين أكبر قدر منها، ويتم ذلك بتجميع مياه الجريان السطحي في منطقة تصريف وتخزين غير معرضة للانجراف لاستخدامها في الري أو لأي أغراض أخرى (عامر، 2013، ص63).

وتشتمل نظم حصاد المياه على ثلاثة مكونات رئيسة أولها: منطقة المستجمع المائي؛ وهي جزء من الأرض يسهم في بعض أو كامل حصته من مياه الأمطار لصالح المنطقة المستهدفة التي قد تكون واقعة خارج حدود ذلك الجزء، وثانيها: مرفق التخزين؛ وهو المكان الذي تحتجز فيه المياه الجارية من وقت جمعها وحتى استخدامها، وثالثها: المنطقة المستهدفة؛ وهي المنطقة التي تستخدم فيها المياه التي جرى حصادها (نعمان، 2013، ص26).

#### تحديد منطقة الدراسة:

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

تتميز منطقة عسير بأنها أوفر مناطق المملكة العربية السعودية مطراً بحيث يمكن تدميتها والاستفادة منها عن طريق إنشاء السدود بهدف تنمية طرق حصاد المياه، وتعد منطقة عسير إحدى المناطق الإدارية في جنوب غربي المملكة العربية السعودية، وتقع بين دائرتي عرض 17° و 21° شمالاً، وبين خطي طول 30° و 41° شرقاً، (شكل 1)، ويحدها من الشمال منطقتي مكة المكرمة والرياض، ومن الجنوب منطقة جازان والحدود الدولية مع جمهورية اليمن، ومن الشرق منطقتي نجران والرياض، ومن الغرب منطقة الباحة ومكة المكرمة والبحر الأحمر (أطلس منطقة عسير، 1405هـ)، وتشغل منطقة عسير مساحة قدرها 84294 كم<sup>2</sup>، وهي تمثل بذلك ما يعادل 3.7% من جملة مساحة المملكة العربية السعودية، ويقطنها نحو 2,051,927 نسمة، يشكلون 7.5% من سكان المملكة، ونموماً سكانياً بمعدل 2.7% سنوياً، (مصلحة الإحصاء العامة والمعلومات، 1431هـ)، وتنقسم منطقة عسير إدارياً إلى 12 محافظة.



شكل (1) موقع منطقة عسير بالنسبة للمملكة العربية السعودية

وتتسم منطقة عسير بطبيعتها الجبلية المرتفعة، ومناخها الموسمي الذي ينسم بسقوط الأمطار الفجائية بكميات تتفاوت بين السنة والأخرى، وعلى الرغم من التفاوت السنوي والمكاني لكمية الأمطار فهي تتعرض للضياح بسبب طبوغرافية السطح والجريان السطحي السريع ولاسيما في المناطق الجبلية المرتفعة شديدة الانحدار، إضافة إلى التبخر والتسرب؛ مما يؤثر بشكل

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

كبير على مدى الاستفادة من كمية الأمطار السنوية، ولهذا فقد أولت المملكة العربية السعودية قضية المياه اهتمامًا خاصًا بهدف القيام بمشروعات السدود الكبيرة لتنمية حصاد المياه في منطقة عسير .

وسوف تركز الدراسة على تقييم مواضع السدود بغرض تنمية حصاد المياه في منطقة عسير، ويعتمد توفير المياه وتخزينها على عدة اعتبارات أهمها: التكوينات الجيولوجية والبنية التكتونية وطبوغرافية السطح والأحوال المناخية والهيدرولوجية والخصائص البيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي، لذا كان لا بد من وضع برنامج شامل ومتكامل للتنمية الموارد المائية يرتكز على دراسة مواضع السدود ليتسنى على ضوءها فهم توزيع موارد المياه وتقرير أحسن السبل وأفضلها للمحافظة عليها والاستفادة منها.

### أسباب اختيار الموضوع:

جاء اختيار موضوع الدراسة إلى عدة اعتبارات نوجزها في النقاط الآتية:

- 1- تواجه المملكة عموماً ومنطقة عسير خصوصاً تحديات كبيرة لتوفير المياه في شتى القطاعات المختلفة.
- 2- تعرض المنطقة في السنوات الأخيرة إلى عدد من الحركات الزلزالية (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية 1435هـ)
- 3- تتمتع منطقة عسير بموارد مائية يمكن تنميتها واستثمارها لتلبية الاحتياجات المتزايدة من المياه لأغراض التنمية المستدامة بالمنطقة.
- 4- الدور الكبير الذي تسهم به السدود في عملية حصاد المياه بمنطقة عسير .
- 5- أهمية تحديد معايير اختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود حتى تقي بالأغراض المشيدة من أجلها دون إلحاق الضرر بالبنية الهندسية للمشروع أو الإضرار ببيئة الموقع.
- 6- الجدوى البيئية والاجتماعية والاقتصادية لإنشاء السدود لغرض تنمية حصاد المياه.

### مشكلة البحث:

تشير تقديرات البنك الدولي إلى أن نصيب الفرد من الموارد المائية العذبة الداخلية المتجددة قد بلغ في المملكة العربية السعودية نحو 83 م<sup>3</sup> / الفرد في عام 2013م، مقارنة بنحو 110 م<sup>3</sup> / الفرد في عام 2002م (http://data.albankaldawli.org., 2013).

إن هذا الانخفاض في نصيب الفرد من المياه قد صاحبه زيادة الطلب على استهلاك المياه عدة مرات - نتيجة تطور كافة القطاعات الاقتصادية والثقافية والاجتماعية، فضلاً عن نمو المدن وخدمات السكان وارتفاع مستوى المعيشة - مما يتطلب ضرورة توفير كميات كافية من المياه، وتطوير الموارد المائية التقليدية (السطحية والجوفية) والأخرى غير التقليدية - تحلية مياه

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

البحر ومعالجة مياه الصرف الصحي - ( الطرياق ، بدون ، ص2)، لتلبية متطلبات التنمية المستدامة التي لن تؤتي ثمارها دون توفير الاحتياجات المائية اللازمة لها.

من هنا اهتمت خطط التنمية الخماسية للمملكة بإنشاء السدود وتطويرها بغرض الاستفادة القصوى من مياه السيول والفيضانات كمورد مائي هام، فقد إنشيء 394 سدا حتى عام 1433هـ للأغراض المختلفة؛ كما أوصت الخطة الإستراتيجية للمياه في المملكة أن تمثل مياه السدود مصدرا رئيسا ثانيا لتلبية الاحتياجات المائية للسكان في منطقة عسير بعد تحلية المياه (وزارة المياه، 1435/1434هـ).

وعلى الرغم من أن إقامة السدود تعد من أنسب الحلول لتخزين كميات المياه الواردة عبر الأودية نتيجة للأمطار، وللحماية من أخطارها وبقدرتها العالية علي امتصاص صدمة السيل (السوقي، 1980 ص 6)، إلا أنها قد تكون مصدرا لوقوع كارثة إنسانية وبيئية عندما لا تعطى الاهتمام الكافي من قبل القائمين على إنشائها وصيانتها واستخدامها باختيار الموضع المناسب للسد.

من هذا المنطلق أصبح من المهم تقييم مواضع تلك السدود بناء على عدة عوامل طبيعية - كالناحية الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية- إضافة إلى العوامل البشرية - كالنطاقات العمرانية والزراعية والمراعي والاستخدام الصناعي والسياحي وشبكات الطرق- ؛ للتعرف على مدى ملاءمتها للقيام بدورها كما يجب؛ من خلال استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد والأساليب الإحصائية المناسبة.

#### تساؤلات الدراسة:

جاءت هذه الدراسة للإجابة على عدة تساؤلات هي:

- 1 - ما نمط التوزيع الجغرافي للسدود بمنطقة عسير؟
- 2 - هل مواضع السدود المقامة حالياً ملائمة للمعايير المحددة لها؟
- 3 - ما الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية للسدود بمنطقة عسير؟

#### أهداف الدراسة:

- 1 - تحليل التوزيع الجغرافي للسدود بمنطقة عسير .
- 2 - تقييم مواضع السدود بغرض تنمية حصاد المياه بمنطقة عسير .
- 3- تقييم الآثار البيئية والاجتماعية والاقتصادية للسدود بمنطقة عسير .

#### مناهج الدراسة وأساليبها:

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

تعد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أحد الأدوات والتقنيات التحليلية الحديثة والفعالة بالنسبة لمتخذي القرار والمخططين لتقييم مواضع السدود لغرض حصاد المياه، حيث تستعمل هذه التقنيات لإنتاج واشتقاق مجموعة معطيات إضافية تفيد في عملية تحديد معايير تقييم مواضع السدود، إذ تعد نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد أحد المنظومات التقنية التي تسهم في هذا الدور؛ نظراً لما تمتلكه من قدرة علمية دقيقة لبناء وتحليل البيانات المكانية والوصفية التي تستخدم في الدراسات الجغرافية.

اعتمدت الدراسة على تحليل المرئيات الفضائية ETM عام 2014 بدقة تمييز مكانية 30م، ونموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييز مكانية 30م التي تم الحصول عليها من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية بالرياض. وقد تم الاستفادة من نموذج الارتفاع الرقمي DEM في تمثيل فئات الارتفاع عن منسوب سطح البحر، وحساب زوايا الانحدارات Slope واتجاهاتها Aspect، كما تم الاستفادة من DEM أيضاً في استخراج أحواض وشبكة التصريف المائي واستخلاص المتغيرات الهيدرولوجية، بمنطقة الدراسة مستعيناً في ذلك ببرنامج ARCGIS Ver.9.3.

كما اعتمدت الدراسة على الخريطة الجيولوجية بمقياس 1:100000 الصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية في عام 1971م، والخريطة الطبوغرافية بمقياس 1:250000 الصادرة عن إدارة المساحة الجوية، ووزارة البترول والثروة المعدنية عام 1402هـ، وخرائط التربة بمقياس 1:250000 الصادرة عن وزارة الزراعة والمياه عام 1986م، وبيانات محطات الأرصاد الجوية. وتم إتباع المنهجين الموضوعي والكمي في الدراسة، كما تم إتباع الأسلوب الكارتوجرافي باستخدام برامج ARCGIS، Excel في التمثيل البياني والخرائطي لاستخلاص وعرض النتائج.

#### أولاً: التوزيع الجغرافي للسدود:

تشتمل موارد المياه التي يمكن استغلالها في المملكة العربية السعودية على المياه السطحية الجارية نتيجة لتساقط الأمطار، وعلى المياه الجوفية الناتجة عن تسرب مياه الأمطار منذ أزمنة جيولوجية بعيدة إلى الصخور الخازنة للمياه، وعلى المياه الباطنية التي تقع على أعماق قريبة من السطح وقد تسربت من الأمطار الحالية التي كثيراً ما تكون سيولاً تملأ مجاري الأودية لفترات وجيزة.

وتوجد عدة طرق وتقنيات لحصاد المياه وتختلف هذه الطرق من منطقة إلى أخرى تبعا لمناخ المنطقة، وطبوغرافية السطح، وكمية الأمطار الساقطة، والخصائص الكنتورية، وطبيعة التربة، والغرض الذي يتم جمع المياه لأجله (خضير، وعمران، 2013، ص334)، وتعد السدود في منطقة عسير أهم الوسائل المتبعة لحصاد المياه الجارية وتغذية المياه الباطنية.

وتمثل السدود منشآت هندسية ذات أشكال وأنماط متعددة تهدف إلى حجز المياه أمامها في مجاري الأودية الموسمية الجريان لأغراض متعددة، وهي سدود متوسطة وصغيرة الحجم مقارنة بالسدود الكبيرة التي تقام على الأنهار الدائمة الجريان. ويبلغ عدد السدود في منطقة عسير 113 سداً أنشئت بهدف تنمية حصاد المياه، ويتباين التوزيع الجغرافي لهذه السدود من حيث أنواعها وموقعها وتاريخ إنشائها وسعتها التخزينية على النحو الآتي:



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

## 1- التوزيع الجغرافي للسدود حسب أنواعها:

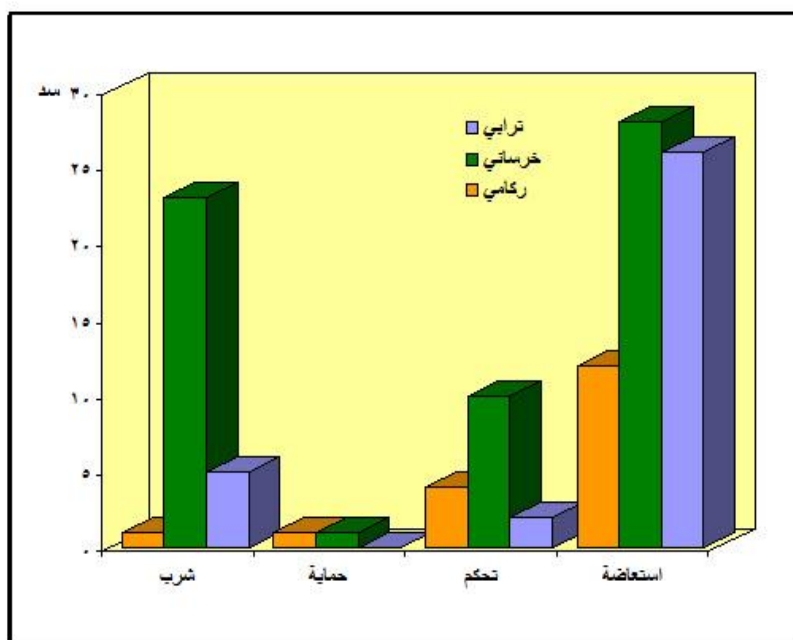
تتعدد أنواع السدود المقامة في منطقة عسير لحصاد المياه، حيث يوجد أربعة أنواع أساسية من السدود حسب الغرض من إنشائها تشمل سدود الاستعاضة والتحكم والحماية والشرب، وتتضمن ثلاثة أنماط حسب نوع المواد المستخدمة، حيث تضم السدود الترابية والخرسانية والركامية.

ومن قراءة بيانات الجدول (1) والشكل (2) يتضح الآتي:

جدول (1) توزيع السدود في منطقة عسير حسب أنواعها

النوع	استعاضة	%	تحكم	%	حماية	%	شرب	%	الإجمالي	%
ترابي	26	39.4	2	12.5	0	0	5	17.2	33	29.2
خرساني	28	42.4	10	62.5	1	50	23	79.3	62	54.9
ركامي	12	18.2	4	25.0	1	50	1	3.5	18	15.9
الاجمالي	66	100	16	100	2	100	29	100	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتمادًا على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (2) أنواع السدود حسب الغرض بمنطقة عسير

#### أ- سدود الاستعاضة:

تعرف سدود الاستعاضة أيضاً باسم السدود الترشيفية (أحمد، 2013، ص56)، ويتمثل الهدف منها في حجز المياه السطحية ومياه الفيضانات بالأودية وتخزينها لفترة مؤقتة، وبالتالي تكثيف الرشح المائي لرفع مستوى المياه الجوفية في منطقة السد، وزيادة الطاقة الإنتاجية للآبار في المناطق خلف السد عن طريق السماح بالتدفق البطيء للمياه في مجرى الوادي. وتعد التغذية الجوفية عن طريق سدود الاستعاضة إحدى الوسائل الهندسية العملية لزيادة موارد المياه في منطقة عسير، وتعرف التغذية الجوفية الصناعية على أنها العملية الهندسية المخطط لها من قبل الإنسان والتي يتم بموجبها تسرب المياه من الأودية إلى باطن الأرض بمعدلات وكميات تفوق التغذية الجوفية الطبيعية عدة مرات (وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه، 2011، ص40).

وترجع أهمية سدود الاستعاضة نظراً لارتفاع معدلات التبخر في المنطقة، بحيث يكون التخزين السطحي غير مجدياً في ظل هذه الظروف المناخية، ومن ثم برزت الحاجة إلى تخزين مياه الأمطار تحت الأرض، وتتم عملية التغذية الجوفية بمساعدة سدود الاستعاضة، أو أحواض التغذية الصناعية، أو آبار الحقن، كما أظهرت النتائج الخاصة بتطبيق معادلات التسرب والاستعاضة غير المشبعة عن طريق تشييد السدود المطاطية زيادة في كمية الاستعاضة بمقدار 35% عن الحالة الطبيعية (Sorman, et.al., 1990, p.11)، وتتميز التغذية الصناعية للخرانات الجوفية يتميز بالتكلفة الرأسمالية المنخفضة، وتكلفة التشغيل والصيانة المنخفضة، كما أنها لا تؤثر في استخدامات الأراضي، وتسمح بالتخزين لفترات طويلة، مع قلة الآثار البيئية، وعدم تلوث المياه الجوفية، والمرونة الزمنية والمكانية (داود، 2013، ص70).

وقد بلغ عدد سدود الاستعاضة في منطقة عسير 66 سداً تمثل 58.4% من إجمالي السدود بالمنطقة، ومعظم هذه السدود من النوع الخرساني والترابي، حيث تشكل نسبة 42.4% و 39.4% على التوالي من إجمالي سدود الاستعاضة بالمنطقة، بينما تشكل سدود الاستعاضة الركامية نسبة 18.2%.

#### ب - سدود التحكم:

يرجع الهدف من إنشاء سدود التحكم إلى ضبط حركة تدفق المياه السطحية في مجاري الأودية، وكميات المياه المنصرفة باتجاه أسفل الوادي، وقد بلغ عدد سدود التحكم في منطقة عسير 16 سداً، تمثل 14.2% من إجمالي السدود بالمنطقة، ومعظم هذه السدود من النوع الخرساني حيث تشكل نسبة 62.5% من جملة سدود التحكم بالمنطقة، بينما تشكل سدود التحكم الركامية والترابية نسبة 25% و 12.5% على الترتيب.

#### ج- سدود الحماية:

تهدف سدود الحماية إلى درء آثار فيضانات الأودية بمنطقة عسير عن طريق تنظيم الجريان ومنع أخطار الجريان المائي السيلي عن المدن والتجمعات السكنية والمشاريع الزراعية، وترجع أهمية سدود الحماية من الفيضانات بمنطقة عسير إلى ما تمثله من مخاطر طبيعية مباشرة على حياة السكان وممتلكاتهم وعلى الأراضي الزراعية في منطقة الدراسة، بسبب الطبيعة

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

الجبالية المرتفعة شديدة الانحدار والخالية من التربة السطحية، وطبيعة الأمطار الإعصارية الغزيرة والمركزة، والتي تسبب الجريان المائي السيلي، مما يحتم ضرورة اتخاذ التدابير المناسبة لدرء أخطار الفيضانات الأودية عن طريق إنشاء سدود الحماية، والتي لا بد أن تكون قادرة على تحمل قوة الفيضانات المدمرة ذات التدفقات العالية.

وقد بلغ عدد سدود الحماية في منطقة عسير سدين فقط يمثلان 1.8% من إجمالي السدود بالمنطقة، أحدهما من النوع الخرساني، بينما الآخر من النوع الركامي.

#### د - سدود الشرب:

تعد سدود الشرب من السدود التخزينية التي تهدف إلى تخزين المياه في بحيرات صناعية أمام السد في أوقات سقوط الأمطار للاستفادة منها مباشرة لأغراض الشرب والصناعة، كما تستعمل مياه هذه السدود في الري التكميلي أثناء فصل التساقط المطري، أو الري الكامل في فصل الجفاف.

وعلى الرغم من أهمية سدود التخزين السطحي في تجميع وتخزين مياه الأمطار المتدفقة عبر مجارى الأودية إلا أن الاستفادة منها في منطقة الدراسة محدوداً على المدى البعيد؛ نظراً لارتفاع نسبة الفاقد من المياه بفعل التبخر، ومع ذلك فإنه يمكن تحقيق جدوى اقتصادية من إنشاء سدود التخزين السطحي في بعض المناطق عن طريق إنشاء سد تخزيني كبير على وادي ضيق بحيث يقلل من التكلفة الاقتصادية ويخفض مساحة المسطح المائي المعرض للتبخر.

وقد بلغ عدد سدود الشرب في منطقة عسير 29 سداً، تمثل 25.6% من إجمالي السدود بالمنطقة، ومعظم (54.9%) من النوع الخرساني، في حين تشكل سدود الشرب الترابية حوالي 29.2%، وبينما شكلت سدود الشرب الركامية 15.9%.

#### 2- التوزيع الجغرافي للسدود حسب موقعها:

يتباين التوزيع الجغرافي للسدود في منطقة عسير بين محافظات منطقة عسير البالغ عددها 12 محافظة. ومن دراسة الجدول (2)، والشكل (3)، يتبين الآتي:

جاءت محافظة سراة عبيدة في المرتبة الأولى، حيث ضمت أكبر عدد من السدود المشيدة في منطقة عسير، حيث بلغت 22 سداً بنسبة 19.5%، وجاء في المرتبة الثانية محافظة أبها بعدد 20 سداً تمثل نسبة 17.7%، تليها في المرتبة الثالثة محافظة ظهران الجنوب بعدد 16 سداً تمثل نسبة 14.2%، ومن ثم تستحوذ هذه المحافظات الثلاث على حوالي نصف (51.4%) عدد السدود بمنطقة عسير.

جدول (2) توزيع السدود بمحافظة منطقة عسير

المحافظة	المساحة كم <sup>2</sup>	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الاجمالي	%
أبها	5692.37	8	2	0	10	20	17.7

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

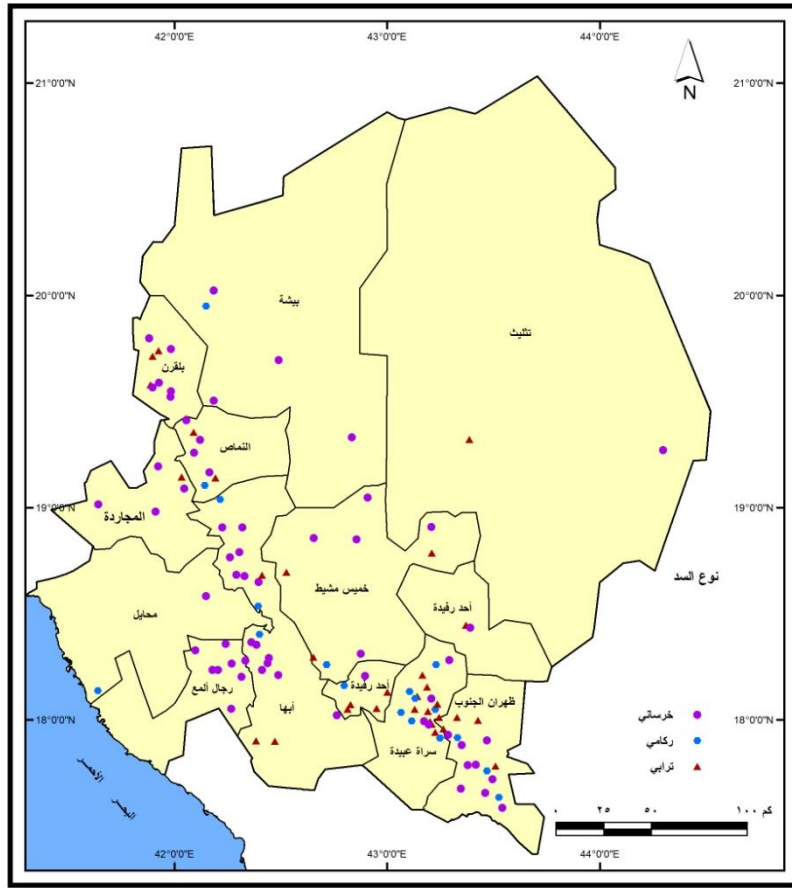
8.0	9	3	0	2	4	6140.17	خميس مشيط
4.4	5	0	1	0	4	15017.85	بيشة
6.2	7	4	0	0	3	1973.37	النماص
1.8	2	0	0	0	2	5768.65	محايل
19.5	22	0	0	7	15	2663.86	سراة عبيدة
1.8	2	1	0	0	1	33386.78	تثليث
7.1	8	4	0	0	4	2750.95	رجال المع
7.1	8	0	0	1	7	3262.86	أحد رفيدة
14.2	16	2	1	2	11	3028.97	ظهران الجنوب
8.0	9	4	0	2	3	1779.19	بلقرن
4.4	5	1	0	0	4	2828.98	المجارده
100	113	29	2	16	66	84294	الإجمالي

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

وجاء في المجموعة الثانية أربع محافظات، شملت محافظتا خميس مشيط وبلقرن حيث ضمت كل منهما 9 سدود، بنسبة 8% من إجمالي السدود بمنطقة عسير، ومحافظتي رجال المع وأحد رفيدة حيث ضمت كل منهما 8 سدود بنسبة 7.1%.

وجاءت بقية محافظات منطقة عسير في المجموعة الثالثة التي ضمت خمس محافظات ضمت 21 سداً مثلت نسبة 18.6% من إجمالي السدود بمنطقة عسير، بينما جاءت محافظتا محايل وتثليث في المرتبة الأخيرة بعدد سدين لكل منهما.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (3) توزيع السدود حسب النوع بمحافظات منطقة عسير

### 3- التوزيع الجغرافي للسدود حسب تاريخ تشييدها:

يشير الجدول (3) والشكل (4) إلى توزيع السدود حسب أنواعها وسنة تشييدها، حيث يتضح الآتي:

- بلغ عدد السدود المشيدة في منطقة عسير حتى عام 1400 هـ 4 سدود بنسبة 3.5% من جملة السدود بمنطقة عسير، حيث شملت سدين خرسانيين، وسد ترابي وسد ركامي، بينما شهدت المدة ما بين 1401 - 1410 هـ إنشاء 45 سداً تشكل نسبة 39.8%، وكان معظمها من السدود الخرسانية التي بلغت 28 سداً بالإضافة إلى 9 سدود ركامية، و8 سدود ترابية.
- اتسمت المدة ما بين 1411 - 1420 هـ بقلة عدد السدود المشيدة بمنطقة عسير حيث بلغت 5 سدود فقط بنسبة 4.4% من إجمالي السدود بمنطقة عسير، منها ثلاثة سدود ركامية وسد خرساني وسد ترابي، في حين شهدت المدة ما بين 1421 - 1430 هـ زيادة نسبية في تشييد السدود بلغت 14 سداً بنسبة 12.3%، وكان معظمها من نوع السدود الترابية التي بلغت 10 سدود، بالإضافة إلى 4 سدود خرسانية.

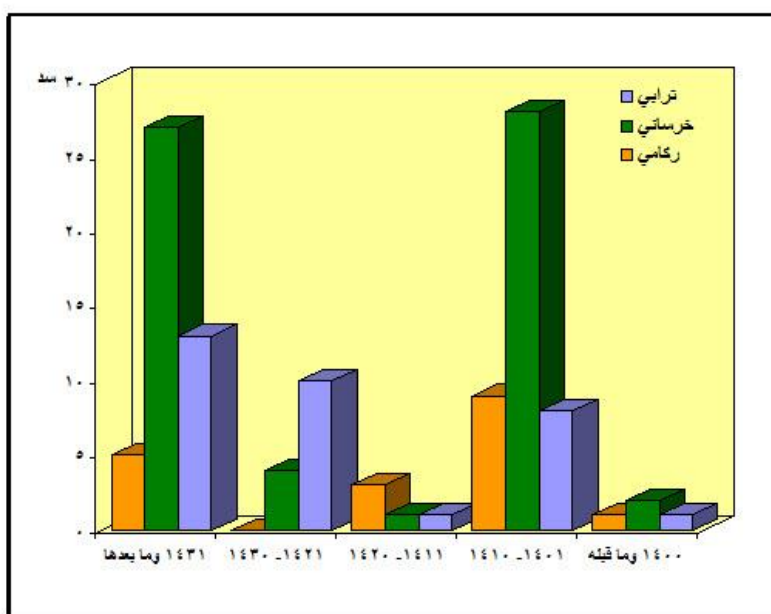
الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

- زادت عدد السدود المشيدة بمنطقة عسير منذ عام 1430 هـ وحتى الآن حيث بلغ 45 سداً تشكل نسبة 39.8%، وكان معظمها من السدود الخرسانية التي بلغت 27 سداً بالإضافة إلى 12 سد ترابي، و5 سدود ركامية.

جدول (3) توزيع السدود في منطقة عسير حسب تاريخ تشييدها

نوع السد	1400 هـ وما قبله	1401-1410 هـ	1411-1420 هـ	1421-1430 هـ	1431 هـ وما بعدها	الإجمالي
ترابي	1	8	1	10	13	33
خرساني	2	28	1	4	27	62
ركامي	1	9	3	0	5	18
الإجمالي	4	45	5	14	45	113

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436 هـ.



4- التوزيع الج - شكل (4) توزيع السدود حسب أنواعها وتاريخ تشييدها بمنطقة عسير

تشير بيانات الجدول (4) والشكل (5) إلى توزيع السدود في منطقتي عسير حسب السعة التخزينية حيث يتضح الآتي:

جدول (4) توزيع السدود في منطقة عسير حسب السعة التخزينية

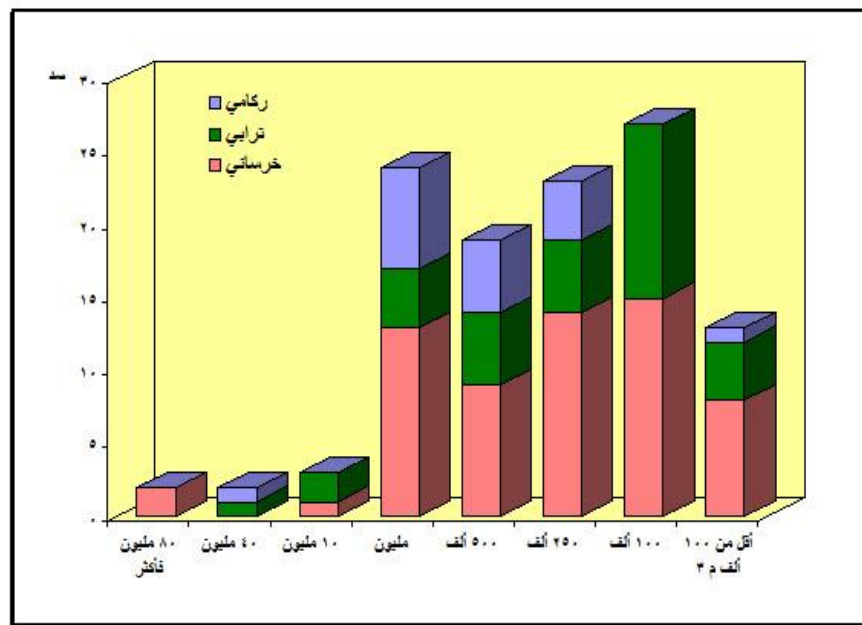
الفئة (م3)	ترابي	خرساني	ركامي	الإجمالي	%
أقل من 100 ألف	4	8	1	13	11.5



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

23.9	27	0	15	12	من 100 لأقل من 250 ألف
20.3	23	4	14	5	من 250 لأقل من 500 ألف
16.8	19	5	9	5	من 500 ألف لأقل من مليون
21.2	24	7	13	4	من مليون لأقل من 10 مليون
2.6	3	0	1	2	من 10 مليون لأقل من 40
1.8	2	1	0	1	من 40 مليون لأقل من 80 مليون
1.8	2	0	2	0	من 80 مليون فأكثر
100	113	18	62	33	المجموع

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على بيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (5) توزيع السدود حسب أنواعها وسعتها التخزينية بمنطقة عسير  
 بمنطقة عسير،  
 اثنین منهما تزيد  
 حيث الحجم والطاقة التخزينية للمياه، وقد تم تشييده عام 1418 هـ، وتبلغ سعته التخزينية 325 ألف م<sup>3</sup>، في حين يبلغ عرضه  
 مجلة منشورات علوم جغرافية Geo-sp Publication

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

507 متراً، وارتفاعه 103 متراً، ويأتي في المرتبة الثانية من حيث الارتفاع بعد سد وادي بيش في منطقة جازان والذي يبلغ ارتفاعه 106 متراً.

بينما يوجد 106 سداً تقل سعتها التخزينية عن 10 مليون م<sup>3</sup>، تشكل نسبة 93.8%، ومن ثم يتضح أن معظم السدود بمنطقة عسير هي من نوع السدود صغيرة الحجم ذات السعة التخزينية المتواضعة.

### ثانياً: تقييم مواضع السدود:

تعد عملية تقييم مواضع السدود لغرض تنمية حصاد المياه في منطقة عسير من الأهمية بمكان، إذ يتطلب الأمر توفير المعلومات الضرورية عن بيئة موضع السد بهدف اختيار المواضع المناسبة لإنشاء السدود، والحد من المشاكل والآثار السلبية الناتجة عن الاختيار غير الملائم لمواضع السدود، وذلك باستخدام التقنيات الحديثة لنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، والتي تساعد في تطبيق معايير التقييم وتحليل واستنتاج البيانات اللازمة لتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير.

وتتطلب المواضع الملائمة لإنشاء السدود عدداً من العوامل التي تؤهل الموضع لاختياره لإقامة السد، بناء على عدة اعتبارات أهمها: الاعتبارات الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والهيدرولوجية والبيدولوجية والنباتية والغطاء الأرضي. وقد تم تحديد هذه العوامل وفقاً لعشر معايير يجب أخذها في عين الاعتبار لتقييم مواضع السدود بمنطقة عسير، وتمثل هذه المعايير العوامل المؤثرة في اختيار مواضع السدود، وقد اعتبر تأثير كل العوامل التي لها دور في تحديد ملائمة موضع السد متساوية، إذ أن مواضع إنشاء السدود يجب أن تتصف بمواصفات متعددة لا يمكن التقليل من أيها، لذا اعتبر تأثير كل العوامل متساوياً، وبما أن المواضع الملائمة لإنشاء السدود يجب أن تقي بالمعايير المحددة، فإن عدم توفر أحد هذه المعايير يقلل من ملائمة الموضع لإنشاء السد حتى مع توفر المعايير الأخرى (عزيز، وأحمد، 2014، ص25).

### 1- معايير تقييم مواضع السدود بمنطقة عسير:

تم الاعتماد في تقييم مواضع السدود على النظام الثنائي (0 - 1) في إعطاء الوزن لصفات وخصائص كل عامل من العوامل، فتم إعطاء القيمة (1) للمواضع الملائمة لإقامة السدود وإعطاء القيمة (0) للمواضع غير الملائمة لإقامة السدود وفقاً للمعايير المحددة، ثم تم حساب الوزن النسبي لمواضع السدود وتصنيفها إلى ثلاث درجات ضمت المواضع الملائمة تماماً، والمواضع الملائمة نسبياً، والمواضع غير الملائمة لإنشاء السدود لغرض حصاد المياه بمنطقة عسير، وفيما يلي تقييم مواضع السدود وفقاً للمعايير المحددة:

#### أ- المعيار الليثولوجي:

تمثل منطقة عسير جزء من التكوين الجيولوجي لشبه الجزيرة العربية، وتتمثل الوحدات الصخرية الجيولوجية للمنطقة فيما يأتي:

#### - الصخور النارية والمتحولة:

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

وهي تنتمي إلى عصر ما قبل الكامبري، وتوجد في جبال السروات، حيث تتكون تلك الجبال أساساً من الصخور النارية كالجرانيت والصخور المتحولة كالنيس والشست، وتغطي مساحات واسعة من هذه التكوينات الصخرية التدفقات البركانية التي يرجع تاريخها إلى الزمنين الثلاثي والرباعي، والمعروفة باسم الحرات (الشريف، 1995، ص51)، وتغطيها التربة الوديانية الحصوية والتنوعات الصخرية.

#### - الصخور الرسوبية:

وتنتشر في منطقة سهل تهامة بمحاذاة ساحل البحر الأحمر، ويغطي بعض أجزاءها تربة حديثة غرينية منقولة ناتجة من تأثير عوامل التعرية على الجبال والصخور البركانية، وأيضاً الكثبان الرملية الريحية، كما تتواجد ترسيبات من السبخات، وترجع الرواسب السطحية إلى الزمن الرباعي الذي اتسم بحدوث فترات مطيرة أدت إلى زيادة قوة جريان الأودية المنحدرة من الجبال؛ مما أدى إلى زيادة التكوينات الرسوبية على طول ساحل البحر الأحمر، حيث يلاحظ زيادة سمك التكوينات الطميية والغرينية بالاتجاه نحو البحر (الودعاني، 2014، ص20).

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (5) والشكل (6) أن وحدة الصخور البركانية الرسوبية تستحوذ على أكبر عدد من السدود في منطقة عسير حيث بلغ عددها 39 سداً تشكل نسبة 34.5% من جملة السدود بالمنطقة، وتضم 20 سداً من نوع الاستعاضة، و 14 سد شرب، وخمسة سدود تحكم.

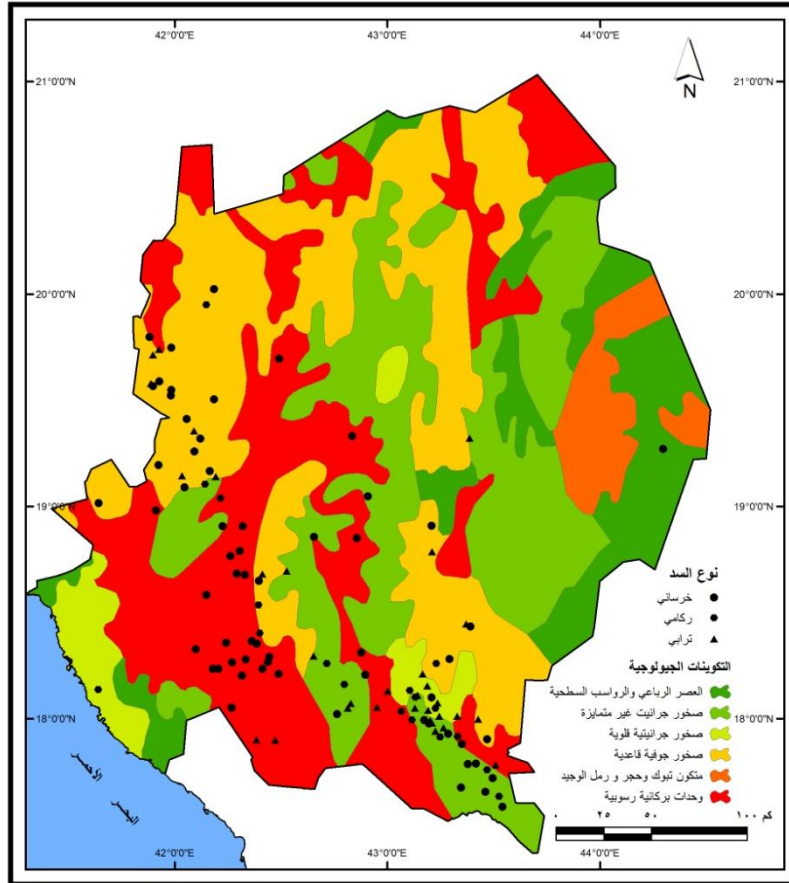
ويأتي في المرتبة الثانية وحدات الصخور الجرانيتية القلوية والجرانيت غير المتمايزة والصخور الجوفية القاعدية، حيث بلغ عدد السدود بكل منهما 73 سداً، ومعنى ذلك أن وحدات الصخور الجوفية والجرانيتية الصلبة تستحوذ على 64.6% من جملة السدود، وهي تضم 46 سد استعاضة، و 14 سد شرب، و 9 سدود تحكم، و 4 سدود حماية.

جدول (5) توزيع السدود في منطقة عسير حسب التكوينات الجيولوجية

نوع التركيب الجيولوجي	المساحة كم <sup>2</sup>	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
الزمن الرباعي والرواسب السطحية	9800	0	0	0	1	1	0.9
صخور جرانيت غير متمايزة	21804	21	6	1	4	32	28.3
صخور جرانيتية قلوية	3566	7	0	2	0	9	8.0
وحدات بركانية رسوبية	23284	20	5	0	14	39	34.5
صخور جوفية قاعدية	22170	18	3	1	10	32	28.3
تكوين تبوك وحجر ورمل الوجيد	3670	0	0	0	0	0	0.0
الإجمالي	84294.0	66	14	4	29	113	100

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على الخريطة الجيولوجية، مقياس 1:100000 الصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (٦) توزيع أنواع السدود بالنسبة للتكوينات الجيولوجية

بينما تضم صخور الزمن الرباعي والرواسب السطحية سداً واحداً بنسبة 0.9%، وهو من نوع سدود الشرب، ولم يتم تشييد أية سدود في مواضع صخور تكوين توك و حجر ورمل تكوين جيد نظراً لضعف الصخور.

ويهدف تحديد المعيار الليثولوجي إلى ضرورة مراعاة أن تكون المواضع المختارة لإقامة السدود واقعة على أراضي صخرية صلبة، بحيث تتحمل إقامة المنشآت الهندسية للسد، وتقاوم الضغوط المتولدة نتيجة لتقل مياه الحصاد المخزنة، ومن ناحية أخرى يفضل تجنب المواضع ذات الطبيعة الصخرية الهشة واللينة والتي قد تشكل خطراً على جسم السد، وقد ينجم عن تجمع مياه الحصاد إحداث خلل في توازن الطبقات الصخرية، بسبب تجمع كميات كبيرة من المياه التي تمثل ثقلاً اصطناعياً إضافياً على سطح الأرض، ومن الممكن أن يؤدي هذا الثقل إلى حدوث هزات أرضية خفيفة بسبب ضغط الماء الذي يسبب أحيانا هبوطاً لقسرة الأرض في موقع السد (كليو، 1985، ص 52).

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

### ب- المعيار التكتوني:

يهدف تحديد المعيار التكتوني إلى ضرورة مراعاة أن تكون المواضع المختارة لإقامة السدود واقعة على أراضي ذات أساس متين، وبعيدة عن نطاقات الحركات الأرضية ومواقع الضعف الجيولوجي التي غالباً ما تشكل خطورة على المنشآت الهندسية للسدود عند حدوث الحركات الزلزالية، وقد تم تحديد حرماً في حدود 200 متراً يحيط بأطراف الفوالق والصدوع الرئيسية بمنطقة عسير، بحيث يجب ألا تكون مواضع السدود ضمن هذا الحرم (الكفري، 2008، ص14).

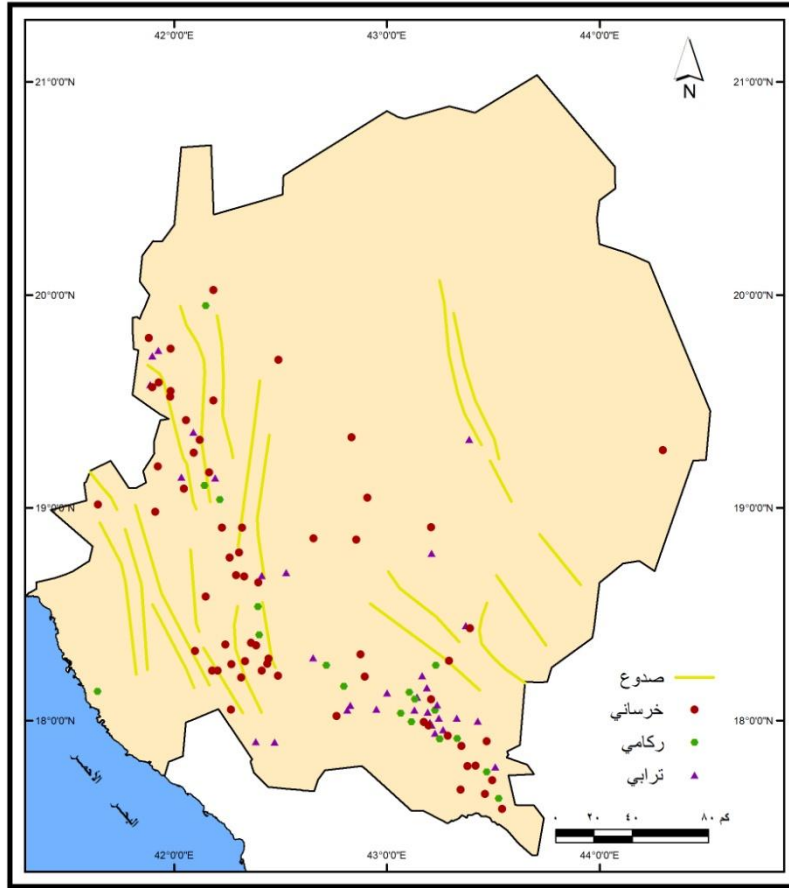
جدول (6) توزيع السدود في منطقة عسير حسب البنية التكتونية

حرم الصدوع	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الاجمالي	%
200	0	0	0	0	0	0.0
400	1	0	0	0	1	6.3
600	5	2	0	4	11	68.7
800	0	0	0	2	2	12.5
1000	1	1	0	0	2	12.5
الاجمالي	7	3	0	6	16	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على الخريطة الجيولوجية، مقياس 1: 100000 الصادرة عن وزارة البترول والثروة المعدنية، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (6) والشكل (7) أنه يوجد 11 سداً تقع على بعد 600 متراً من الانكسارات والصدوع الرئيسية في منطقة عسير، بينما يقع سدان على بعد 800 متراً وسدان على بعد 1000 متراً منها، بنسبة 12.5% لكل منهما، ويوجد سداً واحداً على بعد 400 متراً من الصدوع، ولا توجد سدود تقع على بعد أقل من 200 متراً من الصدوع الرئيسية؛ مما يشير إلى تطبيق المعيار التكتوني بشكل مناسب عند اختيار مواضع السدود بمنطقة عسير.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (٧) توزيع السدود بالنسبة للبنية التكتونية

### ج- معيار ارتفاع السطح:

يعد معيار ارتفاع السطح أحد المعايير الطبوغرافية التي تؤثر على حصاد المياه بمواضع السدود، إذ تؤثر أشكال الأرض في النظم البيئية وظروف المناخ الفصلي والحياة النباتية، وأبرز العوامل المؤثرة في هذا المجال هي التضاريس وما يترتب عليها من وجود أراضي مستوية وسفوح منحدر (مهدي، والخليوي، 1999، ص19)، إضافة إلى العلاقة الارتباطية بين الوحدات الأرضية من جهة وبين الدراسات الهيدرولوجية والأحواض النهرية من جهة أخرى (العزى، 2013، ص16)، ويؤثر ارتفاع السطح بشكل مباشر على كمية ومعدل حصاد المياه في مواضع السدود.

وتتميز منطقة عسير بتنوع مظاهر السطح، حيث يمتد في غربي منطقة عسير وعلى طول ساحل البحر الأحمر سهلاً ساحلياً يعرف باسم سهل تهامة عسير، ويشكل مساحته 17.5% من مساحة منطقة عسير، ويتراوح ارتفاعه ما بين صفر - 150 متراً فوق مستوى سطح البحر، (أمانة منطقة عسير، 1431هـ، ص2)، وإلى الشرق منه تقع تهامة الإصدار التي تمثل الأراضي الانتقالية ما بين سلسلة الجبال والسهول الساحلية، وتنتشر بها الكثير من التجمعات العمرانية.



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

وتمتد شرقاً سلسلة جبال السروات، وتشكل مساحتها 34.3% من مساحة منطقة عسير، وهي تمثل العمود الفقري لمرتفعات الحجاز وعسير، ويبلغ ارتفاعها أكثر من 3000 متراً فوق مستوى سطح البحر (أطلس المياه، 1405هـ)، حيث يصل أقصى ارتفاع 3015 متراً فوق مستوى سطح البحر في قمة جبل السودة الذي يقع شمال غرب مدينة أبها، ويمثل أعلى جبال المملكة العربية السعودية (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، 2012، ص98)، وينحدر من هذه السلاسل الجبلية عدداً من الأودية والمسيلات المائية السريعة الجريان المتجهة نحو البحر الأحمر، ومن ناحية أخرى تتحدر بعض الأودية الكبيرة شرقاً إلى الداخل الصحراوي.

وفي أقصى الشرق تمتد الهضبة الشرقية التي تعرف باسم هضبة عسير وهي أراضي شبه منبسطة تشكل نسبة 48.2% من مساحة منطقة عسير، ويتراوح ارتفاعها ما بين 600-1400 متراً فوق مستوى سطح البحر، وينحدر سطحها انحداراً تدريجياً نحو الشرق والشمال، وتشكل الهضبة الشرقية مع مرتفعات جبال السروات قسم سرة عسير (أمانة منطقة عسير، 1431هـ، ص7)

ويلاحظ تقارب خطوط الكنتور في الأجزاء الشرقية والشمالية الشرقية من منطقة عسير، ويرجع ذلك إلى وجود المرتفعات الشرقية والشمالية الشرقية التي تمثل الحافة الإنكسارية، في حين يلاحظ تباعد خطوط الكنتور بالاتجاه غرباً حيث تكون سهل البيدمنت عند أقدام الجبال الذي يمتد غرباً ليتصل بالسهل شبه المستوى الذي كان له الدور في تكوين الكثبان الرملية والسبخات الشاطئية بالقرب من الساحل.

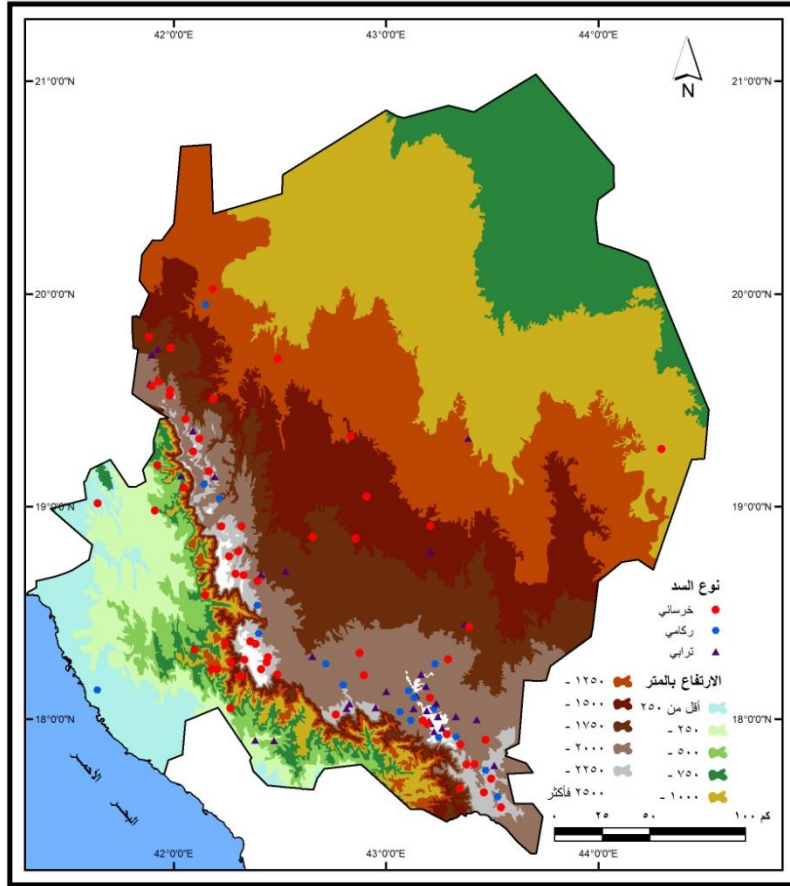
ويتضح من تحليل بيانات الجدول (7) والشكل (8) أن 77 سداً تقع على ارتفاعات تزيد على 2000 متراً فوق مستوى سطح البحر، تشكل نسبة 68.1% من جملة السدود بالمنطقة، منها 44 سد استعاضة، و 18 سد شرب، و 15 سد تحكم، و سد حماية واحد.

جدول (7) توزيع السدود في منطقة عسير حسب الارتفاعات

فئة الارتفاع (م)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
0 - 250	3718	1	0	0	1	2	1.8
250 - 500	3812	0	0	0	1	1	0.9
500 - 750	2119	2	0	0	1	3	2.7
750 - 1000	10321	3	0	0	0	3	2.7
1000 - 1250	20261	1	0	0	1	2	1.8
1250 - 1500	15054	6	0	1	2	9	8.0
1500 - 1750	10061	4	0	0	2	6	5.3
1750 - 2000	8306	5	1	0	4	10	8.8
2000 - 2250	8283	25	10	0	9	44	38.9
2250 - 2500	1817	12	3	1	7	23	20.4
2500 - 3000	542	7	2	0	1	10	8.8
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (٨) توزيع السدود بالنسبة لفئات ارتفاع السطح بمنطقة عسير

بينما يقع 27 سداً على مناسيب تتراوح ما بين 1000 - 2000 متراً فوق مستوى سطح البحر، تشكل نسبة 23.9% من جملة السدود بالمنطقة، وتضم 16 سد استعاضة، و 9 سدود شرب، و سد تحكم واحد، و سد حماية واحد.

في حين تقع 9 سدود على مناسيب تقل عن 1000 متراً فوق مستوى سطح البحر، تشكل نسبة 8.1% من جملة السدود بالمنطقة، وتضم 6 سدود استعاضة، و 3 سدود شرب، ولا يوجد على هذه المناسيب سدود تحكم أو حماية.

#### د- معيار انحدار السطح:

يظهر تأثير انحدار سطح الأرض في حصاد المياه بمواضع السدود واضحاً بين المرتفعات والسفوح شديدة الانحدار وبين المنخفضات أو المناطق المستوية، حيث تكون التربة رقيقة وحجرية في مناطق السفوح شديدة الانحدار، ومن ثم تتعرض الطبقة العلوية من تربة السفوح للانجراف بتأثير الجريان المائي، بينما تكون التربة سميكة ناعمة في المناطق المستوية.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

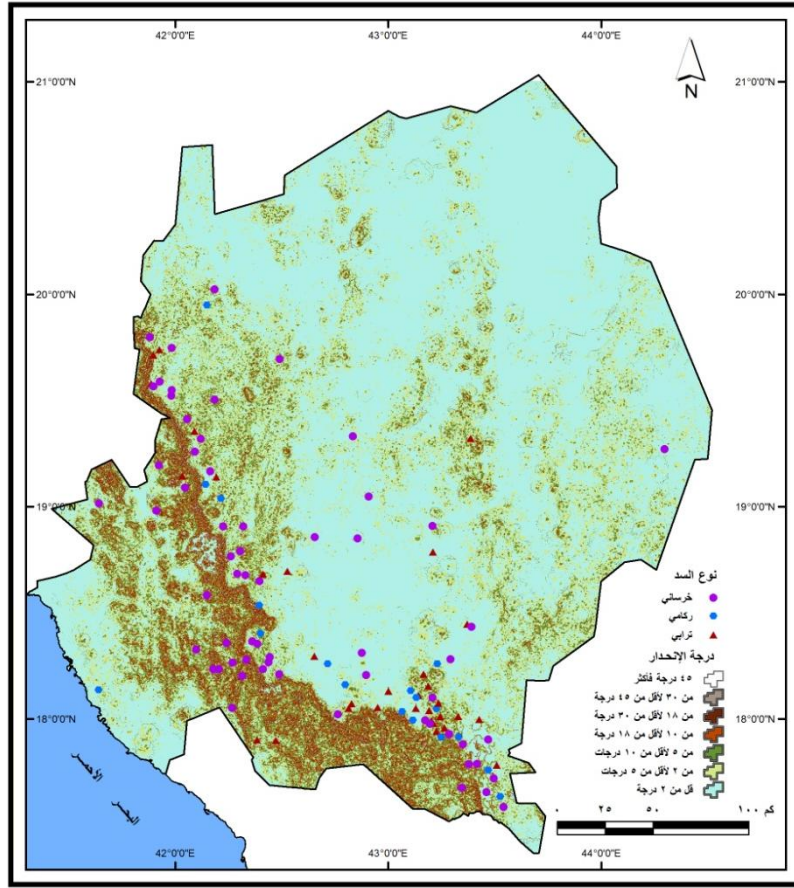
جدول (8) توزيع السدود في منطقة عسير حسب انحدار السطح

الانحدار	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
من صفر لأقل من 2	51284	21	9	0	10	40	35.4
من 2 لأقل من 5	18550	27	5	1	8	41	36.3
من 5 لأقل من 10	8717	9	1	1	6	17	15.0
من 10 لأقل من 18	3933	9	1	0	4	14	12.4
من 18 لأقل من 30	1450	0	0	0	1	1	0.9
من 30 لأقل 45	321	0	0	0	0	0	0.0
من 45 فأكثر	39	0	0	0	0	0	0.0
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (8) والشكل (9) وجود 40 سداً بنسبة 35.4% تقع في أراضي شبه مستوية يتراوح انحدارها ما بين صفر لأقل من 2 درجة، وتشمل 21 سد استعاضة، و 10 سدود شرب، و 9 سدود تحكم، ولا يوجد سدود حماية بهذه المناطق نظراً لقلّة الانحدار الذي لا يشكل خطورة كبيرة لحدوث سيول مدمرة.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (٩) توزيع السدود بالنسبة لدرجات الانحدار بمنطقة عسير

يوجد 41 سداً بنسبة 36.3% تقع في أراضى شبه مستوية يتراوح انحدارها ما بين 2 لأقل من 5 درجة، وتشمل 27 سد استعاضة، و8 سدود شرب، و5 سدود تحكم، وسد حماية واحد، وتقع بيقة السدود التي يبلغ عددها 32 سداً تشكل نسبة 28.3% في مناطق يتراوح انحدارها ما بين 5 لأقل من 30 درجة وتضم 18 سد استعاضة، و 11 سد شرب، سدين تحكم، وسد حماية واحد.

في حين لم يتم إنشاء أية سدود في المناطق التي يزيد انحدارها على 30 درجة لما تمثله من خطورة على المنشآت الهندسية للسدود.

وقد تم تطبيق معيار انحدار السطح باعتباره أحد المعايير الطبوغرافية اعتماداً على طبقة الانحدارات، وتم تحديد المعيار المقبول لانحدارات سطح الأرض التي تقع ضمنها مواضع السدود بالانحدارات التي تتراوح ما بين صفر - 11 درجة وفقاً للمعايير العالمية، بحيث تكون الأرض التي تقع عليها مواضع السدود منبسطة أو ذات انحدارات خفيفة (الكفرى، 2008، ص14).

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

#### هـ - معيار اتجاه الانحدار:

يؤثر اتجاه انحدار السفوح الجبلية في كمية الرطوبة ونظام الأمطار، حيث تتلقى المنحدرات الشرقية كميات أكبر من الأمطار مقارنة مع المنحدرات الغربية التي تشكل مناطق ظل مطري، كما تتعرض السفوح الجنوبية والشرقية إلى قدر أكبر من الإشعاع الشمسي مقارنة بالسفوح الشمالية والغربية (فضة، ودريم، 2013، ص26)، وهذا يؤدي إلى تفاوت الغطاء النباتي من غطاء نباتي كثيف في السفوح الشمالية والشرقية، إلى غطاء نباتي خفيف ومبعثر في السفوح الجنوبية والغربية (الغامدي، 2009، ص1)؛ مما يؤثر بشكل مباشر في كمية حصاد المياه بمواضع السدود.

جدول (9) توزيع السدود في منطقة عسير حسب اتجاه الانحدار

الاتجاه	المساحة كم2	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
مستوي	2185	3	0	0	0	3	2.7
شمالي	12035	8	0	0	4	12	10.6
شمالي شرقي	13226	11	2	0	3	16	14.2
شرقي	11908	8	4	0	4	16	14.2
جنوبي شرقي	8909	6	2	0	3	11	9.7
جنوب	7577	7	0	1	6	14	12.4
جنوب غرب	8253	5	5	1	5	16	14.2
غرب	9582	14	1	0	1	16	14.2
شمال غرب	10619	4	2	0	3	9	8.0
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

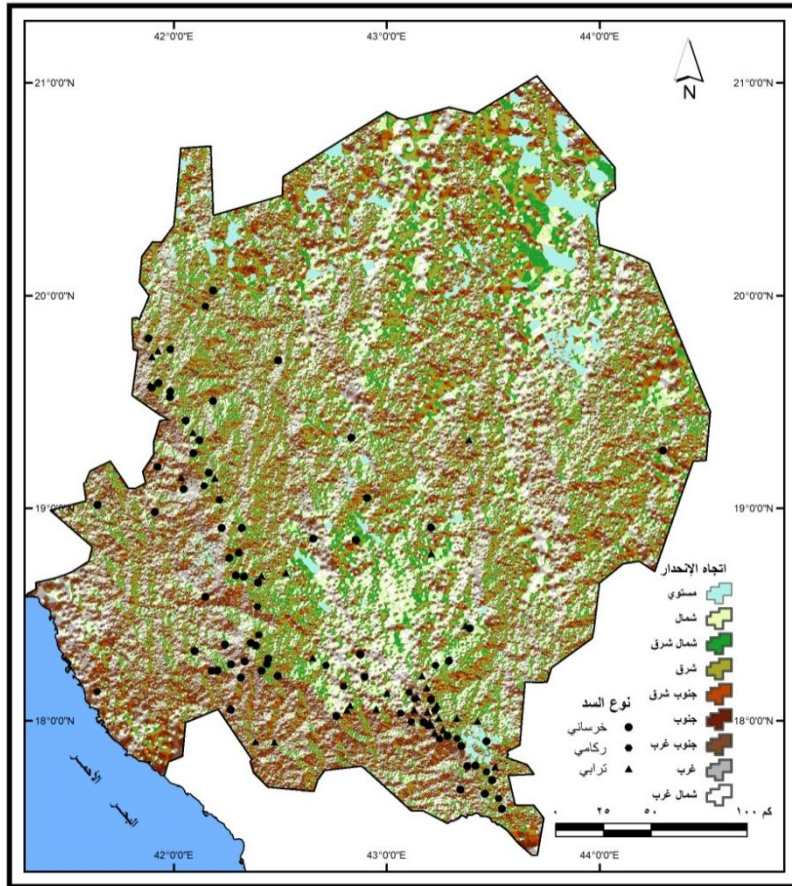
ويتضح من تحليل بيانات الجدول (9) والشكل (10) أن 43 سداً بنسبة 38.1% تقع في المواضع ذات الاتجاهات الشرقية والشمالية الشرقية والجنوبية الشرقية، وهي تضم 25 سد استعاضة، و10 سدود شرب، و8 سدود تحكم، بينما لا تشمل أيه سدود حماية.

يوجد 41 سداً بنسبة 36.2% تقع في المواضع ذات الاتجاهات الغربية والشمالية الغربية والجنوبية الغربية، وهي تضم 23 سد استعاضة، و9 سدود شرب، و8 سدود تحكم، وسد حماية واحد.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

يوجد 12 سداً بنسبة 10.6% تقع في أراضي تتجه انحداراتها صوب الشمال، وتضم 8 سدود استعاضة، و4 سدود شرب، في حين يوجد 14 سداً بنسبة 12.4% تقع في أراضي تتجه انحداراتها صوب الجنوب، وتضم 7 سدود استعاضة، و6 سدود شرب، وسد حماية واحد، بينما ضمت الأراضي المستوية 3 سدود استعاضة فقط تشكل 2.7% من جملة السدود في منطقة عسير.

وقد تم تطبيق معيار اتجاه انحدار السطح باعتباره احد المعايير الطبوغرافية اعتماداً على طبقة اتجاه الانحدار، وتم تحديد المعيار المقبول لاتجاه انحدارات سطح الأرض التي تقع ضمنها مواضع السدود بالاتجاهات الشمالية الغربية والغربية، بحيث تستقبل الأرض التي تقع عليها مواضع السدود أكبر كمية تساقط مطري.



شكل (١٠) توزيع السدود بالنسبة لاتجاهات انحدار السطح بمنطقة عسير

و- المعيار المناخي:



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

تعد مياه الأمطار والتي ينتج عنها المجاري المائية أحد الموارد المائية الرئيسية في المملكة العربية السعودية، ويقنصر استخدام هذه المياه على المناطق الجنوبية الغربية في منطقة عسير، التي تتلقى أكبر قدر من كميات الأمطار في المملكة، ويعتمد كثير من الحقول الزراعية المدرجة على السفوح الشرقية لجبال عسير على مياه الأمطار، وتستغل مياه الأودية العديدة في الزراعة، وذلك بإقامة السدود التي تحول مياه الفيضانات إلى الأراضي الزراعية الواقعة على جانبيها، أو تستغل في زراعة قيعان الأودية بعد تشريبها لمقادير كبيرة من المياه.

وتؤثر الخصائص المناخية خاصة المطر بشكل رئيسي على حصاد المياه بالسدود من خلال كمية التساقط المطري، وشدة تساقط المطر وتوزيعه، ويلاحظ أن الأمطار تقل بدرجة واضحة في المناطق الساحلية المنخفضة وتأخذ في الزيادة كلما اتجهنا إلى الداخل حيث الأراضي الجبلية المرتفعة، حيث تزيد كمية الأمطار السنوية في الإقليم الجبلي عن 300 مم، بينما تتراوح بين 100-300 مم في إقليم التلال والهضاب، وتتناقص في النطاق الساحلي الواقع غربي منطقة الدراسة لتبلغ أقل من 150 مم.

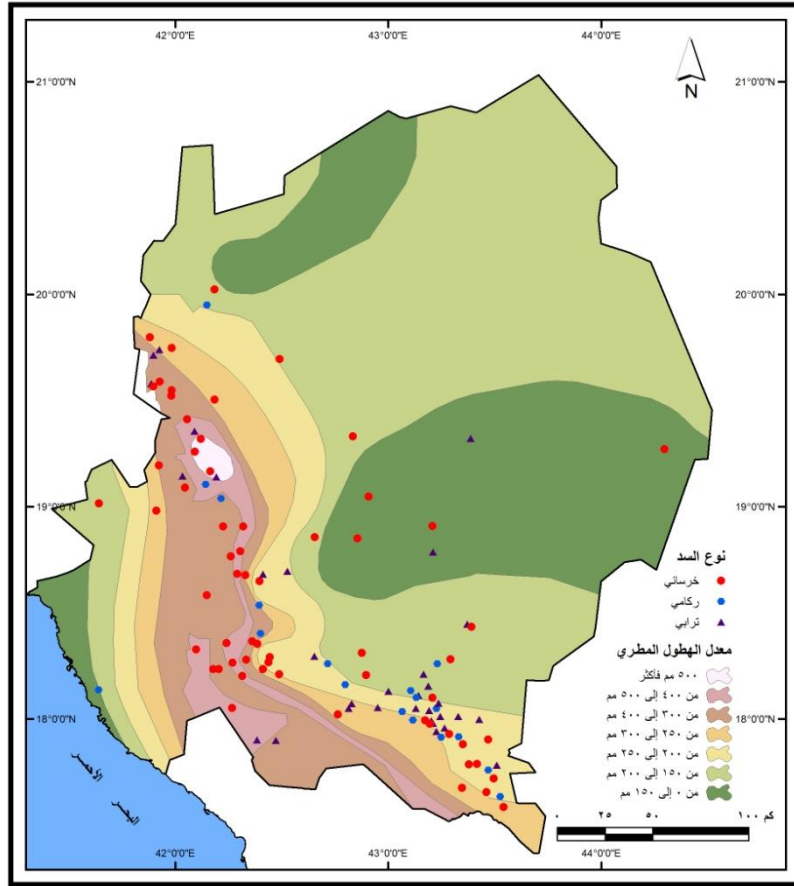
ونظراً لموقع منطقة عسير الفلكي فهي تتبع النظام الموسمي في سقوط الأمطار، فمعظم الأمطار تسقط في فصلي الصيف والخريف وذلك لهبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية، في حين تتأثر المناطق الشمالية بالرياح الشمالية الغربية؛ مما يؤثر على ارتفاع نسبة الأمطار بها شتاء.

جدول (10) توزيع السدود في منطقة عسير حسب خطوط تساوي المطر

معدل التساقط المطري (مم)	المساحة كم <sup>2</sup>	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الإجمالي	%
500 مم فأكثر	327.4	2	0	0	2	4	3.5
من 400 إلى 500	2833.1	5	0	0	7	12	10.6
من 300 إلى 400	8106.7	10	2	0	8	20	17.7
من 250 إلى 300	6141.9	11	2	1	3	17	15.0
من 200 إلى 250	8415.7	22	7	0	4	33	29.2
من 150 إلى 200	37209.0	12	5	1	2	20	17.7
أقل من 150	21029.4	4	0	0	3	7	6.2
الإجمالي	84294.0	66	16	2	29	113	100

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على بيانات الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (11) توزيع السدود حسب نطاقات المطر المتساوي بمنطقة عسير

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (10) والشكل (11) أن معظم السدود تقع ما بين خطى المطر المتساوي 150 - 400 مم، حيث بلغ عددها 90 سداً تشكل نسبة 79.6% من جملة السدود في المنطقة عسير، وغالبية هذه السدود من نوع سدود الاستعاضة حيث بلغت 55 سداً، بالإضافة إلى 17 سد شرب، و 15 سد تحكم، وسدين حماية، بينما بلغ عدد السدود التي تقع فوق خط المطر المتساوي 400 مم فأكثر 16 سداً تشكل 14.2%، وهي تضم 7 سدود استعاضة و9 سدود شرب ولا يوجد بها سدود تحكم أو حماية، في حين بلغ عدد السدود المقامة دون خط المطر المتساوي 150 مم 7 سدود تشكل نسبة 6.2%، وتشمل 4 سدود استعاضة و3 سدود شرب.

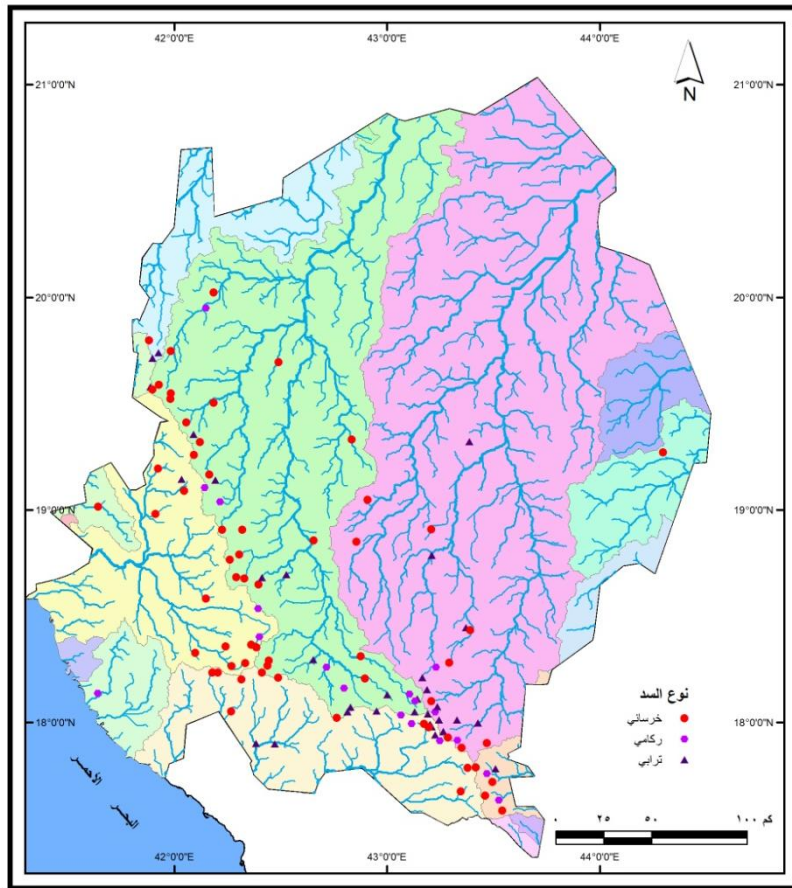
ويعد المعيار المناخي - خاصة كمية الأمطار- من أهم المعايير المحددة لمواقع إنشاء السدود، نظراً لأن كمية الأمطار تعد من العوامل المحددة لعمليات الحصاد المائي بصورة عامة، والسدود الصغيرة خاصة، (عزيز، وأحمد، 2014، ص27)، حيث يؤثر ذلك في كمية التصريف المائي بالأودية ومقدار التغذية المائية للسدود، ويحدد المعيار المناخي لمواقع إنشاء السدود في النطاق الذي يستقبل كميات مطر سنوي تزيد على 50 مم (Awawdeh et.,al.,2010)، إلا أن منطقة

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

عسير تتسم بارتفاع معدلات التساقط المطري، ومن ثم فقد اعتبرت المواضع التي تستقبل كميات مطر كبيرة تتعدى 200 مم سنوياً أكثر المواضع ملائمة لإنشاء السدود، في حين نقل أهمية المواضع التي تستقبل كميات مطر أقل.

### ز- المعيار الهيدرولوجي:

يرتبط المعيار الهيدرولوجي بشبكات التصريف المائي في الأودية الرئيسية التي تتحدر على مرتفعات منطقة عسير، سواء تلك الأودية المنحدرة غرباً إلى البحر الأحمر، وأهمها وادي يبا ووادي كحلي ووادي عتود ووادي ريم، أم الأودية المنحدرة شرقاً ذات التصريف الداخلي وأهمها وادي ببشة ووادي تثليث ووادي حبونة ووادي جلا (شكل 12). وتبرز العلاقة بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف ونظام الجريان السطحي وتغذية الخزانات الجوفية (الجبوري، 2011، ص327).



شكل (١٢) توزيع السدود بالنسبة لأحواض وشبكة التصريف

وتشتمل منطقة عسير على عدد من الأودية الداخلية التي تتجه شرقاً ويبلغ مساحتها حوالي 78.000 كم<sup>2</sup>، وتبلغ كمية تصريفها السنوي 168.4 مليون م<sup>3</sup>، والأودية الخارجية التي تتجه غرباً نحو سواحل البحر الأحمر والتي يبلغ مساحتها حوالي 14163 كم<sup>2</sup>، وتبلغ كمية تصريفها السنوي 546.000 مليون م<sup>3</sup> (Kenzo,1976,p97).

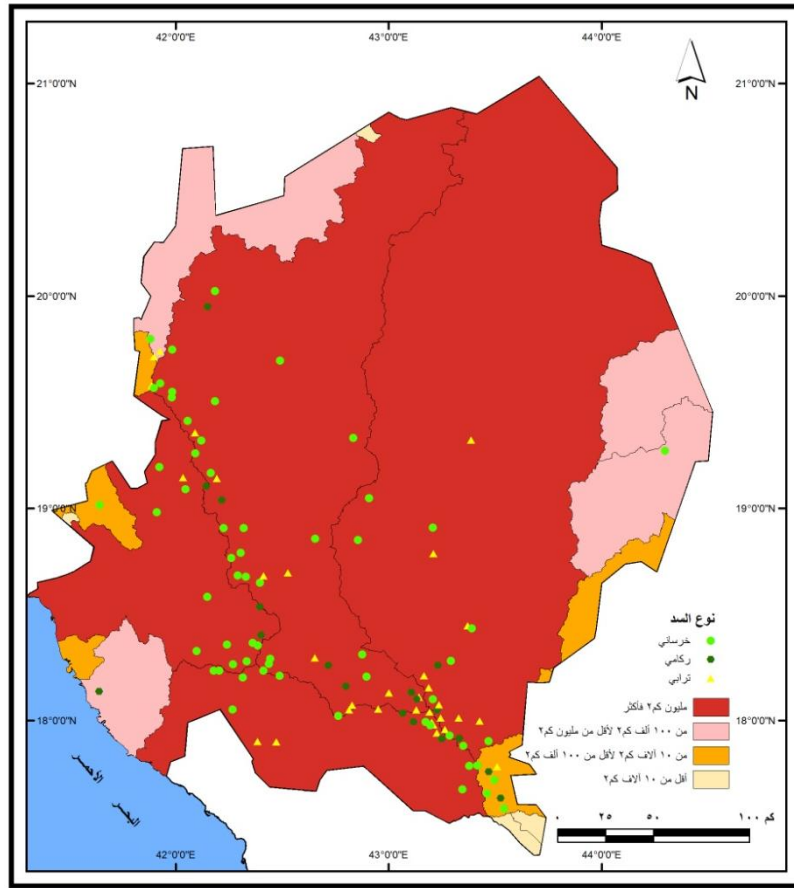
الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

- وتشترك أحواض التصريف في منطقة عسير في مجموعة من الخصائص العامة أهمها:
- التجانس النسبي للتكوينات الجيولوجية التي تمتد عبرها أحواض تصريف الأودية.
  - تتميز أحواض التصريف في منطقة عسير بزيادة اتساعها بالاتجاه صوب المصب وذلك لزيادة أعداد الروافد وبالتالي زيادة مساحة أحواض التصريف وزيادة كمية التصريف ويصاحب ذلك اتساع عرض للمجرى وزيادة عمقه وقلّة أحجام الرواسب وضعف انحدار القطاع الطولي للمجري الرئيسي (الودعاني، 2014، ص28).
  - عادة ما تمتلئ المسيلات المائية في حوض التصريف في أعالي الوادي السيلي بالجلاميد والتكوينات كبيرة الحجم والرواسب الحصوية مما قد يؤدي إلى تحرك تلك الكتل مع المياه المتدفقة في حين يتميز قاع الحوض أو القناة الرئيسية بالعمق والاستقرار وتأخذ شكل حرف V وتسود عمليات النحت الرأسية وإن كانت تتراكم في قاعة الجلاميد والتكوينات الخشنة.
  - كثرة المجاري التي ترفد الأودية على اختلاف رتبها، ويرجع ذلك إلى طبيعة التكوين الصخري لمناطق الأحواض الغنية بالشقوق والفواصل حيث تعمل كمسارات عند تجمع مياه الأمطار فيتكون عدد كبير من الروافد تتجمع فيها كميات كبيرة من المياه وعند وصولها إلى المجرى تزيد من كمية التدفق المائي.
- ويحدد المعيار الهيدرولوجي حجم المياه السطحية التي تجري في حوض التصريف، وحجم التخزين في بحيرة السد في السنوات المطرية حيث يرتبط ذلك بكمية تساقط الأمطار، ومعامل الجريان السطحي، ومساحة حوض التصريف التي يجب أن تكون كافية لملء بحيرة التخزين، ومن ثم يجب أن تكون مواضع السدود المشيدة لغرض حصاد المياه ضمن شبكة المسيلات المائية بأحواض التصريف (زيدان، وجبار، 2011، ص210)، ويمكن التعبير عن المعيار الهيدرولوجي لأحواض التصريف بمعامل الشكل<sup>(1)</sup> والذي يعطى دلالة على قدرة أحواض التصريف على تغذية السدود بالمياه الكافية وقدرتها على استيعاب كمية المياه المخزنة أمام السد، ومن ثم فقد اعتبرت المواضع التي تتضمنها أحواض التصريف كبيرة المساحة أكثر ملائمة لإنشاء السدود عن المواضع التي تتضمنها أحواض التصريف الأقل مساحة.

1- المعيار الهيدرولوجي لحوض التصريف =  $0.5 - 0.282 P(A)$

حيث أن P تمثل محيط الحوض التصريف (كم)، و A تمثل مساحة حوض التصريف (كم<sup>2</sup>) (احمد، 2013، ص60).

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (١٣) المعيار الهيدرولوجي لتقييم مواضع السدود

### ح- المعيار البيدولوجي:

يتأثر تكوين ونشأة التربة وتطورها بخمسة عوامل رئيسة هي: التركيب الجيولوجي والتضاريس والمناخ والعوامل البيولوجية، وكلها تمارس عملها خلال فترة زمنية طويلة يشار إليها عادة بعامل الزمن (حمادة، 2010، ص41)، ومن ناحية أخرى يؤثر نوع التربة التي تتساقط عليها الأمطار على حصاد المياه وكمية المياه المحجوزة أمام السد، حيث يلعب قوام التربة دوراً رئيساً في التأثير على معدل الإرتشاح والناقلية الهيدروليكية للتربة، حيث أن التربة الرملية والحصوية يزيد فيها معدل الإرتشاح مقارنة بالتربة الطميية والطينية، كما أن وجود الفراغات والمسام ويقايا جذوع الأشجار يؤثر على عملية الإرتشاح (الشيخ، 2006، ص4).

وتصنف منطقة الدراسة إلى أربع وحدات أرضية مختلفة تضم مجموعات التربة المتباينة وهي:

– ترب السهول الفيضية: وهي المتكونة على ضفاف مجارى الأودية الرئيسية في المنطقة على هيئة مصاطب متفاوتة في امتدادها العرضي وارتفاعها وبعدها عن المجرى.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

- ترب مجارى قيعان الأودية وهي تمثل نطاق قيعان الأودية الرئيسية.
- الترب المتكونة من رواسب الجاذبية الأرضية والموجودة بالقرب من المنحدرات أو المرتفعات الجبلية المحيطة بالأودية.
- الترب المحلية المتكونة بالمرتفعات خاصة مرتفعات المنطقة الجنوبية الغربية (العمري، 1998، ص35).

جدول (11) توزيع السدود في منطقة عسير حسب نوع التربة

نوعية التربة	المساحة كم <sup>2</sup>	استعاضة	تحكم	حماية	شرب	الاجمالي	%
توري أورثنتس	14015	4	0	0	1	5	4.4
يودي سامنتس	981	0	0	0	0	0	0.0
هابل أكوبتيس	1730	1	0	0	1	2	1.8
كامب أورثيدس	4898	0	0	0	0	0	0.0
توري فلوفنتس	3517	22	7	1	6	36	31.9
كالسي أورثيدس	1902	0	0	0	1	1	0.9
أراضي صخرية	2435	7	1	0	0	8	7.1
سال أورثيدس	113	0	0	0	0	0	0.0
توري سامنتس	10557	0	2	0	1	3	2.7
حجارة بركانية	2829	0	0	0	0	0	0.0
جيسي أورثيدس	41317	32	6	1	19	58	51.3
الإجمالي	84294	66	16	2	29	113	100

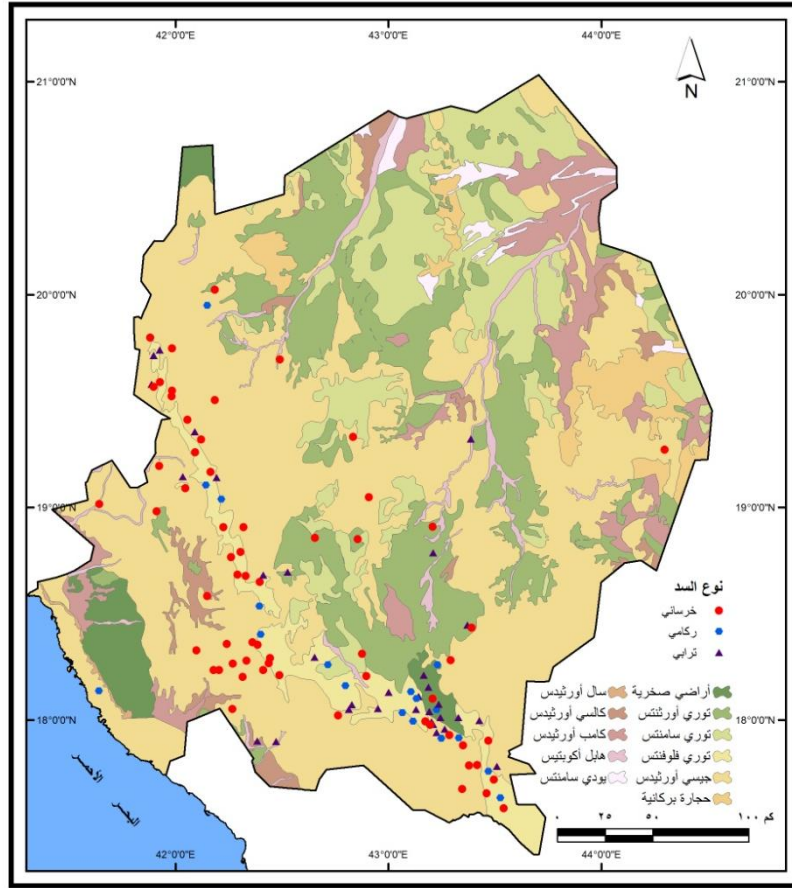
المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة التربة الصادرة عن وزارة الزراعة والمياه عام 1986م، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (11) والشكل (14) أن حوالي نصف عدد السدود تقع في أراضي التربة جيسي أورثيدس، حيث بلغت 58 سداً تشكل نسبة 51.3% من جملة السدود بمنطقة عسير، بينما يقع 36 سداً تقع أراضي التربة توري فلوفنتس بنسبة 31.9%، وتضم هاتين الفئتين مجتمعة 83.2% من جملة السدود، وتشمل 54 سد استعاضة، و25 سد شرب، و13 سد تحكم، وسدين حماية.

بينما تتوزع بقية مواضع السدود في أراضي ذات تراتب مختلفة منها الأراضي الصخرية التي ضمت 8 سدود تشكل 7.1% من جملة السدود بالمنطقة، منها 7 سدود استعاضة وسد تحكم.



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (١٤) توزيع السدود بالنسبة لأنواع التربة بمنطقة عسير

#### ط- معيار الغطاء النباتي:

يرتبط انتشار ووجود النباتات، بالعوامل الطبيعية كالمناخ والتضاريس والتربة، حيث تعد هذه العوامل من أهم المحددات في تنوع النبات الطبيعي واختلاف كثافته من إقليم إلى آخر، حيث تنتشر النباتات بشكل متجانس مع الأقاليم المناخية (حمادة، 2010، ص53)، ويؤثر الغطاء النباتي في حصاد المياه بمواضع السدود من خلال: زيادة الناقلية الهيدروليكية، وزيادة تكوين ظاهرة البقع المائية وبالتالي تزيد عملية التبخر، كمل يشكل الغطاء النباتي حواجز أمام المياه وبالتالي زيادة كمية الماء المعرضة للتبخر.

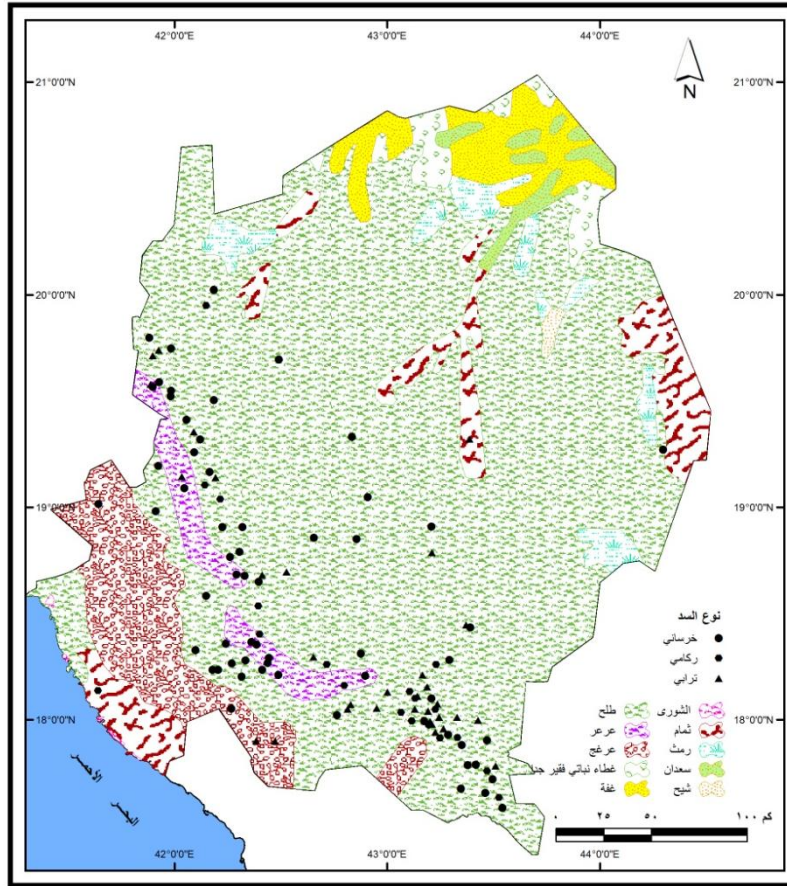
جدول (12) التوزيع المساحي لأنواع النبات الطبيعي في منطقة عسير

النوع	المساحة (كم <sup>2</sup> )	النوع	المساحة (كم <sup>2</sup> )
ثمام	5553.35	عرعر	2482.75
رمث	2539.81	عرجج	6481.01

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

1597.50	غطاء نباتي فقير جدا	1148.54	سعدان
3213.85	غفة	175.74	شبيح
45.21	الشورى	61056.24	طلح
		84294.00	الإجمالي

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة توزيع الغطاء النباتي، مشروع الدراسات التخطيطية الشاملة لمنطقة عسير، الدراسات البيئية والطبيعية 1431هـ، وبيان بمشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير الصادر عن وزارة الزراعة والمياه، بيانات غير منشورة، 1436هـ.



شكل (١٥) توزيع السدود بالنسبة للغطاء النباتي بمنطقة عسير

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

تشتهر عسير بغاباتها الكثيفة، ومراعيها الغنية؛ وذلك بسبب عامل الارتفاع، وكمية سقوط الأمطار؛ حيث نمت أنواع من الأشجار بما يتناسب، ومعدلات الارتفاع في المنطقة، ودرجة ميل السطح، وتقع منطقة عسير في شرق المنطقة النباتية السودانية المتميزة بغناها الفلوري، ويتنوع غطاءها النباتي؛ وذلك نظراً لوقوعها جنوب مدار السرطان، مما يعرضها للرياح الموسمية المحملة بالأمطار، بالإضافة إلى ارتفاع المنطقة، وانخفاض متوسط درجات الحرارة، وزيادة كمية الأمطار، وارتفاع رطوبة الهواء؛ مما وفر لهذه المنطقة غطاء نباتي معتدل يتألف بشكل أساسي من غابات يسودها نبات العرعر، والزيتون البري (العثم) والغفة والثمام والعرعج، كما يتضح من الجدول (12) والشكل (15).

#### ي - معيار الغطاء الأرضي:

تشهد منطقة عسير نمواً سكانياً متزايداً واكمه نمواً عمرانياً واقتصادياً كبيراً؛ مما يتطلب تشييد السدود التي تكفل تدبير الاحتياجات المائية اللازمة لتلبية متطلبات التنمية الاقتصادية والاجتماعية بالمنطقة، وقد ينتج عن تدخل الإنسان العشوائي المتمثل بالقطع الجائر للأشجار والشجيرات، والذي ينتج عنه تعرية التربة وتعرضها للانجراف، كما تعاني بعض أجزاء منطقة عسير من الاستغلال السيئ للأرض عن طريق التوسع الزراعي والرعي الجائر والنمو العمراني، الأمر الذي أدى إلى زيادة الضغط على الموارد المائية والبيئية بالمنطقة بشكل قد يهدد بمشاكل بيئية كبيرة تعوق عمليات التنمية المنشودة.

ويعد معيار الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض المعيار العاشر الذي يجب الإحاطة به في عملية تقييم مواضع السدود لغرض تنمية حصاد المياه بمنطقة عسير، حيث تعد مناطق الاستخدامات البشرية بمثابة المناطق المستهدفة التي تستخدم فيها المياه التي يجري حصادها، ومن ثم فانه ينبغي أن تكون مواضع السدود المشيدة لغرض حصاد المياه بعيدة قدر الإمكان عن شبكة الطرق والتجمعات العمرانية والمناطق الزراعية ومناطق الغابات والمراعي والمناطق الصناعية والسياحية والاستعمالات الخاصة، بينما قد يكون من الملائم تشييد السدود في المناطق الجبلية ومجاري الأودية ومناطق البحيرات والمستنقعات والأراضي الصحراوية وأراضي الفضاء.

ويتضح من تحليل بيانات الجدول (13) والشكل (16) أن معظم مساحة منطقة عسير تمثلها الأراضي ذات الغطاء الطبيعي، حيث شكلت نسبة 96.2% من جملة مساحة المنطقة، ويتنوع الغطاء الأرضي ما بين مناطق سفوح الجبال والمنحدرات، ومناطق السبخات، ومناطق الحرات، والمناطق الجبلية غير المستغلة، ومجاري الأودية والسيول، والأراضي الفضاء من الهضاب والسهول، ومناطق الكثبان الرملية، والأراضي الصحراوية.

بينما شكلت استعمالات الأراضي المعمورة نسبة 3.8% من جملة مساحة المنطقة، وشملت التجمعات العمرانية والمناطق الزراعية ومناطق الغابات والمراعي والقمم الخضراء والمناطق الصناعية والمناطق السياحية وشبكة الطرق والاستعمالات الخاصة والمطار.

جدول (13) مساحة الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض بمنطقة عسير

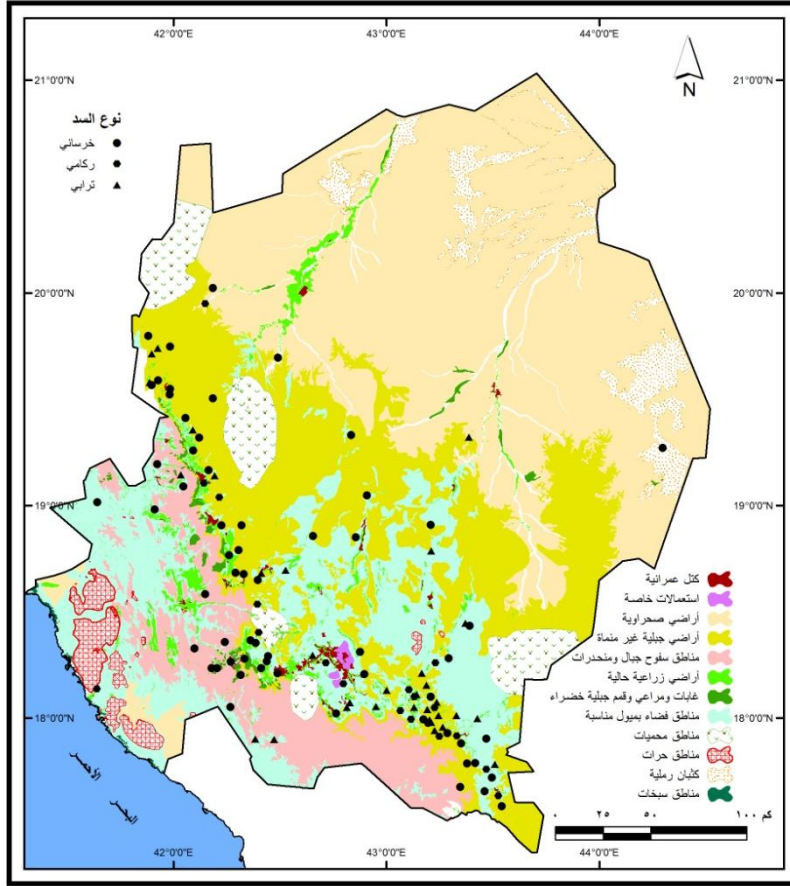
البيان	إجمالي مساحة الاستخدام	%
--------	------------------------	---

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

1.2	1020.6	التجمعات العمرانية
1.9	1563.0	المناطق الزراعية
0.4	331.0	مناطق الغابات والمراعي والقمم الخضراء
0.003	2.6	المناطق الصناعية
0.2	159.3	المناطق السياحية
0.05	40.2	شبكة الطرق
0.2	126.0	الاستعمالات الخاصة
0.01	7.2	المطار
3.8	3249.9	إجمالي فرعى الاستعمالات العمرانية (الجزء المعمور)
7.4	6228.0	مناطق سفوح الجبال والمنحدرات
0.02	16.0	مناطق السبخات
1.6	1381.0	مناطق الحرات
25.0	21501.8	المناطق الجبلية ( غير مستغلة)
2.2	1830	الأودية ومجاري السيول
16.8	14253.5	الأراضي الفضاء ( هضاب- سهول)
4.0	3368.0	مناطق الكثبان الرملية
38.4	32256.0	الأراضي الصحراوية
96.2	80834.1	إجمالي فرعى (الاستعمالات الطبيعية)
100.0	84084	إجمالي عام (مساحة المحافظة)

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة استخدامات الأرض بمنطقة عسير، مشروع الدراسات التخطيطية الشاملة لمنطقة عسير، 1431هـ.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان



شكل (١٦) توزيع السدود بالنسبة للغطاء الارضي بمنطقة عسير

## 2- النموذج المستخدم في تقييم مواضع السدود بمنطقة عسير:

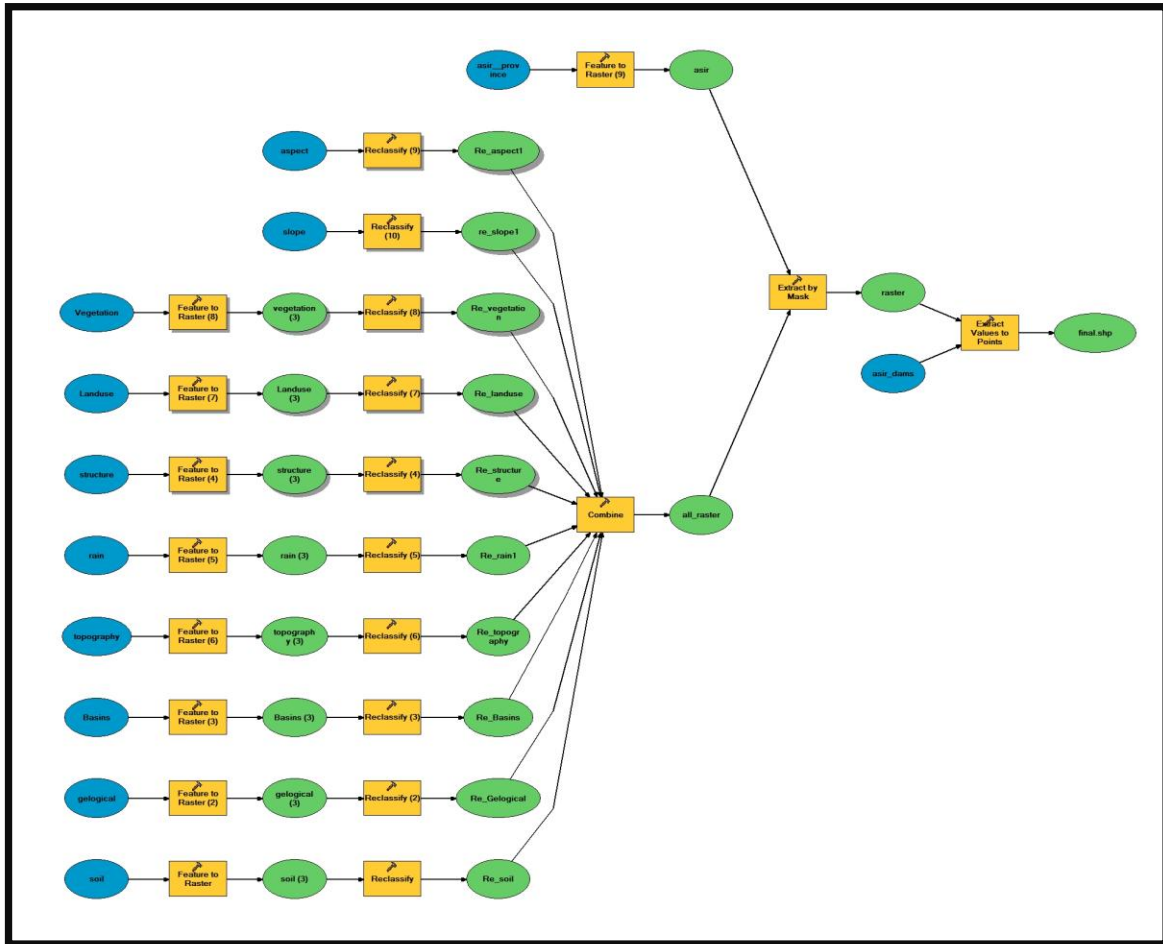
بعد استعراض معايير تقييم مواضع السدود، يمكن نمذجة البيانات الخاضعة للدراسة والتحليل في ضوء نموذج يعبر عن البيانات بصورة مجمعة، كما يوضحها شكل (17).

وقد تم إتباع أساليب التحليل المكاني لتحديد درجة الملائمة لمواضع السدود، مستعيناً بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية كأدوات تحليل الملائمة Suitability Analysis مثل: Spatial Analyst التي تتميز بقدرتها على تحليل البيانات وخاصة المكانية والمرتبطة بقاعدة البيانات الوصفية التي تبين خصائص المواضع والتعرف على درجة الملائمة، وتعمل هذه التقنية على صياغة فرصة لاستكشاف وتحليل الموضع بأسلوب تراكمي من خلال تحليل مجموعة من الطبقات الرئيسة المشكّلة لبيانات الموضع سواءً أكانت البيانات وصفية أم مكانية والتي تعمل على تحديد مدى ملائمة الموضع من عدمه.

وقد تم إنتاج الخرائط التحليلية الرقمية من خلال جمع مجموعة الصفات لموضع معين عن طريق الأسلوب التراكمي Cumulating Overlay Method لمجموعة من الطبقات المكونة للموضع (Lengley & Batty, 1996)، كما تم استنتاج

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

الحسابات التراكمية باستخدام البيانات الشبكية، إذ يتميز أسلوب التحليل المكاني الشبكي بقدرته العالية في التعامل بأسلوب النمذجة.



شكل (17) النموذج المستخدم في تقييم مواضع السدود بمنطقة عسير



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

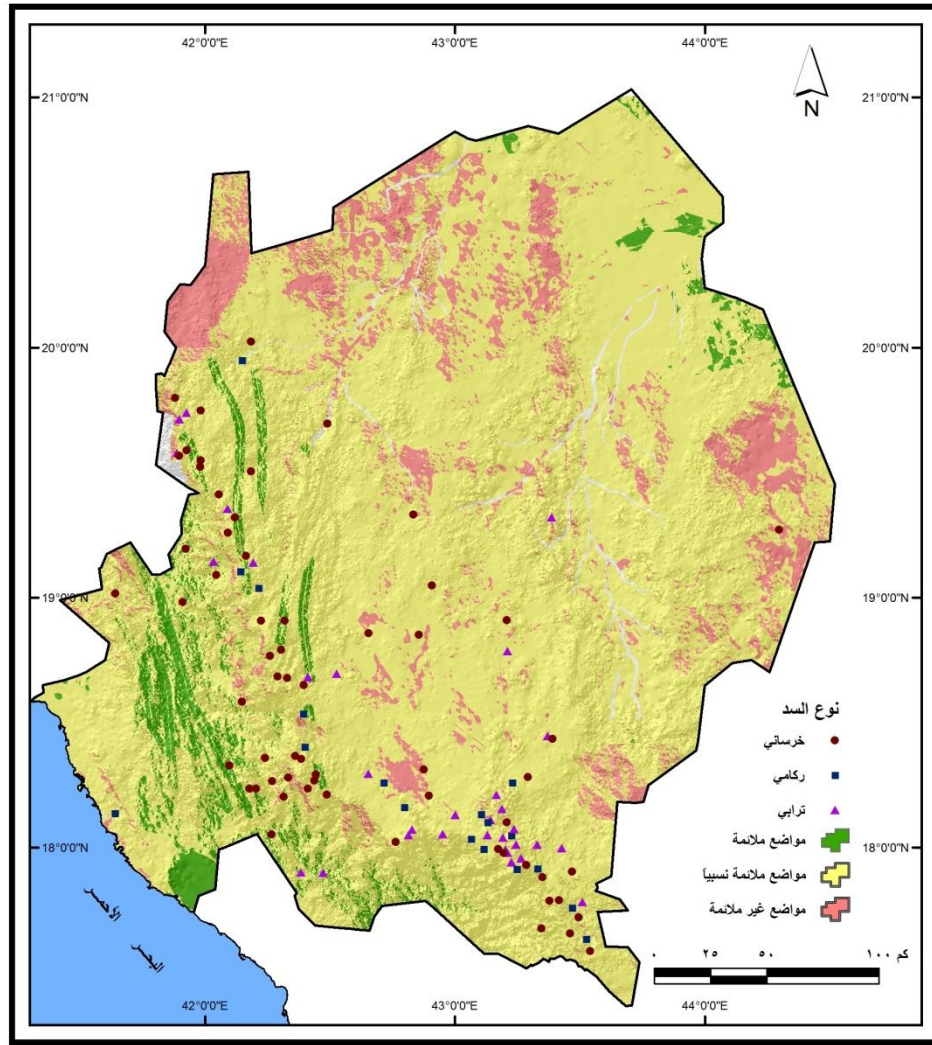
ومن خلال إجراء أسلوب التطابق التراكمي لجميع المعايير المستخدمة في التقييم، تم استنتاج خريطة التقييم النهائي الموضحة بالشكل (18) حيث خلصت مرحلة التحليل المكاني للموقع إلى تحديد ثلاث مناطق تتفاوت في درجة ملائمتها لمواضع السدود، ويتسم كل منها بدرجة حساسية بيئية مستمدة من الخصائص الموضعية المشاركة في التقييم.

جدول (14) درجة ملائمة مواضع السدود بمنطقة عسير

النوع	استعاضة		تحكم		حماية		شرب		الإجمالي	
	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%	العدد	%
ملائم	2	3.0	0	0.0	0	0.0	3	10.3	5	4.4
ملائم نسبياً	64	97.0	15	93.7	2	100	24	82.7	105	92.9
غير ملائم	0	0.0	1	6.3	0	0.0	2	7.0	3	2.7
الإجمالي	66	100	16	100	2	100	29	100	113	100.0

المصدر: الجدول من إعداد الباحث اعتماداً على تطبيق معايير التقييم والنمذجة الآلية.

ومن الجدول (14) والشكل (18) والمحق ( 1 ) تبين أن معظم مواضع السدود في منطقة عسير ملائمة نسبياً للمعايير المحددة، حيث بلغ عددها 105 سداً، تشكل نسبة 92.9% من إجمالي السدود في المنطقة، تشمل 64 سد للاستعاضة، و24 سد للشرب، و15 سد للتحكم، وسدان اثنان للحماية. بينما ظهرت 5 سدود تشكل نسبة 4.4% من إجمالي السدود تقع في مواضع ملائمة للمعايير، شملت سدان للاستعاضة، و3 سدود للشرب، في حين توجد 3 سدود تشكل نسبة 2.7% من إجمالي السدود تقع في مواضع غير ملائمة، وقد ضمت سدان للشرب، وسداً واحداً للتحكم.



ثالثاً: تقييم

### شكل (١٨) تقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير

- المحدد البيئي: ويمثل في الظروف المناخية والبيولوجية وبإيرها في الانماط المعيشية السائدة وذلك انعكاسات التكنولوجيا المستخدمة على البيئة والصحة العامة.
- المحدد الاجتماعي: ويتمثل في أنماط الاستهلاك ومدى التقبل العام للتقنيات الحديثة ذات الآثار الجانبية الخطرة.
- المحدد التكنولوجي: ويتمثل في تقنيات تقليل الفاقد من التسرب والقدرات التكنولوجية الذاتية والخبرات المتوفرة.
- المحدد الاقتصادي: ويتمثل في التكلفة والعائد.
- المحدد السياسي والقانوني: ويتمثل في التكنولوجيا المطلوبة والقيود السياسية والقانونية المفروضة والأعراف المنظمة لاستخدام الموارد المائية (البغدادى، 2014، ص183)

ويوضح الجدول (14) مجالات تقييم الأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للسدود في منطقة عسير:

جدول (14) مجالات تقييم الأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للسدود في منطقة عسير

جوانب الضعف	جوانب القوة	
- عدم وجود موارد مائية كافية باستمرار	- التساقط المطري الغزير	

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

<ul style="list-style-type: none"> <li>- التكوينات الجيولوجية الصلبة</li> <li>- الانحدار الشديد للسطح</li> <li>- اهتمام الحكومة بتنمية حصاد المياه</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- جفاف المناخ والظروف الصحراوية</li> <li>- التذبذب الفصلي والسنوي لسقوط المطر</li> <li>- ارتفاع الحرارة وزيادة التبخر</li> </ul>
<p><b>الفرص</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- الحماية من السيول والفيضانات.</li> <li>- تقليل الأمراض والأوبئة</li> <li>- تحسين الظروف البيولوجية</li> <li>- تغذية المياه الجوفية</li> <li>- تنمية المراعي الطبيعية والغابات.</li> </ul>	<p><b>المخاطر</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- مخاطر السيول والفيضانات</li> <li>- تعرية وانجراف التربة</li> <li>- زيادة الهزات الأرضية</li> <li>- الهبوط الأرضي</li> <li>- إزالة الغابات والمراعي</li> <li>- التأثير على حركة الحيوان</li> <li>- التأثير على مواطن الطيور</li> </ul>
<p><b>جوانب القوة</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- توفر رؤوس الأموال</li> <li>- تحسين البيئة بموقع السد</li> <li>- تكون بحيرة التخزين وتنميتها</li> </ul>	<p><b>جوانب الضعف</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- البعد عن المراكز الاقتصادية</li> <li>- ضعف الاستثمارات في حصاد المياه</li> </ul>
<p><b>الفرص</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تكثيف وتنويع الزراعة.</li> <li>- تحقيق الأمن الغذائي</li> <li>- تنمية الثروة الحيوانية والغابية.</li> <li>- الاستغلال الأمثل لموارد المياه</li> <li>- زيادة الدخل ورفع مستوى المعيشة</li> <li>- التنمية السياحية</li> </ul>	<p><b>المخاطر</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- فقدان أراضي زراعية</li> <li>- تجريف التربة الخصبة</li> <li>- فقدان ثروة بستانية وغابية وشجرية</li> <li>- التأثير على مراعي الحيوان</li> </ul>
<p><b>جوانب القوة</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- زيادة نسبة السكان الريفيين</li> <li>- احتياج المجتمع للمشروعات المائية</li> <li>- تقبل السكان لتنمية حصاد المياه</li> </ul>	<p><b>جوانب الضعف</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- عدم وجود موارد مياه سطحية</li> <li>- البعد عن مناطق التركيز</li> <li>- ضعف خدمات البنية التحتية</li> <li>- النزوح للمدن والمراكز الحضرية</li> </ul>
<p><b>الفرص</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- انتقال سكان جدد لموقع السد</li> <li>- إعادة توزيع السكان</li> <li>- تحسين مستوى المعيشة</li> <li>- تطوير المناطق الريفية</li> </ul>	<p><b>المخاطر</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تهجير السكان من موضع السد وبحيرته</li> <li>- المسائل الأمنية</li> <li>- مخاطر غمر المناطق العمرانية</li> </ul>

المصدر: من إعداد الباحث.

واستناداً إلى الحقائق العلمية فإن السدود في المناطق الجافة إن لم تكن بقصد درء الفيضانات فهي ذات فوائد محددة نوعاً ما، وقد تكون في بعض الأحيان ضارة بالبيئة الزراعية، وذات تأثير سلبي على خزن المياه في بطون الأودية إذ لم تتخذ الإجراءات المناسبة حيال هذا الأمر، ويعود السبب في الأثر السلبي لإنشاء السدود على مجارى الأودية في المناطق الجافة بصورة خاصة إلى تأثير الطمي المنقول والمحمل بكميات الكالسيوم شحيحة الذوبان في المياه، بالإضافة إلى ذلك فإن

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

الرواسب المتجمعة والمتراكمة في حوض السد تعمل على تقليص التسرب إلى باطن الأودية؛ مما يجعل المياه المخزونة في أحواض السدود عرضة لحرارة الشمس والهواء العاملين الأساسيان في عملية التبخر، إضافة إلى أن عملية ترسب الرسوبيات في خزانات السدود تعد من المشاكل المهمة التي تؤثر بشكل مباشر على أداء الخزانات نتيجة النقصان في سعة التخزين والتي بدورها تؤثر على عملية التشغيل (Issa, et.al. 2013, p.46).

ومن ناحية أخرى؛ فإن إنشاء السدود الصغيرة في هذه المناطق التي تتصف بقلّة المياه خلال بعض فترات العام سوف يحسن من ظروفها البيئية ويدعم التنمية المستدامة لهذه المناطق (Al-Taiee & Rasheed, 2011, p.15)، كما أن عدم إقامة السدود على الأودية بالمناطق الجافة بالذات ذا تأثير سلبي أيضاً على كمية مخزون المياه في بطون الأودية، والسبب هنا يعود إلى أن المواد العضوية المنتشرة في المياه ما تلبث إلا فترة وجيزة من الزمن قبل أن تتحلل فتتعدن، ومعظم المواد المتمعدنة تنتقل من مياه السيول إلى بطون الأودية، لذا فإن جزء كبير من هذه المواد ضئيلة الحجم تترشح مع مياه السيول وتتجمع في نطاق قريب من سطح الأرض، ومع مرور الزمن تشكل هذه المواد مع الطمي وكربونات الكالسيوم طبقة متصلبة لا ينفذ منها الماء بسهولة؛ مما يؤدي إلى تناقص كمية كبيرة من المياه المخزونة في باطن الأودية تحت الظروف المناخية السائدة.

ومن ثم فإن الخيار الواقعي في مثل هذه الظروف يعتمد على إقامة السدود وبصورة خاصة في المناطق المعرضة للفيضانات، ومن ثم إعادة خزن المياه المتجمعة خلفها إلى باطن الأودية المقامة عليها هذه السدود، وذلك بحقن تلك المياه في باطن الأرض من خلال آبار تغذية اصطناعية يتم حفرها في بحيرة السد وهذا يقلل كثيراً ما يفقد بالتبخر، وفي هذه الحالة يصبح للسدود دوراً إيجابياً كبيراً وأساسياً على البيئة الصحراوية الجافة (الشيخ، 2006، صص6-7).

وتجدر الإشارة إلى أهمية القيام بإشراك المجتمع المحلي والقطاع الخاص في عملية إدارة وتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير عن طريق تخصيص بعض المشروعات المائية، وتحويل ملكيتها إلى القطاع الخاص، وتمكينه من إدارة الأنشطة الحكومية ذات الطابع التجاري، وإعطاء القطاع الخاص حرية أكبر، ومساحة أوسع من أجل النمو والمشاركة بفاعلية في الاقتصاد الوطني للمجتمع (الهندي، 2003، ص4).

#### الخلاصة:

جرى تقييم مواضع 113 سداً في منطقة عسير، لضمان تحقيق الأهداف المرجوة من إنشائها مثل ثبات واستقرار جسم السد، وتحقيق أفضل استغلال للموارد بالمنطقة، وتحقيق التوازن البيئي وتقليل الآثار السلبية من إقامة السد، واستدامة الخدمة التي من أجلها أنشئ السد، وتحقيق أكبر عائد اقتصادي من قيام السد، مع ضمان تحقيق الرضا الاجتماعي لمواطني المنطق، وقد شملت الدراسة تحليل التوزيع الجغرافي لمواضع السدود من حيث أنواعها ومواقعها وتاريخ تشييدها وسعتها التخزينية، ووضعت عشر معايير تم تطبيقها لتقييم مواضع السدود لتنمية حصاد المياه بمنطقة عسير، وشملت المعيار الليثولوجي، والتكتوني، وارتفاع السطح، وانحدار السطح، واتجاه الانحدار، والمعيار المناخي، والهيدرولوجي، والبيدولوجي، والنباتي والغطاء الأرضي.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

وأوضحت الدراسة أهمية تقييم مواضع السدود لتفعيل دور تقنية حصاد المياه والتي أصبحت إحدى الآليات المهمة لتنمية الموارد المائية في منطقة عسير والمتمثلة في مياه الأمطار، حتى يمكن الاستفادة منها في الاستخدامات الحياتية المختلفة ومنها توفير احتياجات مياه الشرب للإنسان والحيوان والزراعة وإثراء الغطاء النباتي، وتغذية الخزانات الجوفية، كما أن استخدام هذه التقنيات يمكن أن يسهم بدور مهم في حماية القرى والمدن والبنى التحتية بالمنطقة، بالإضافة إلى حماية المنشآت والمشروعات الزراعية من أخطار السيول والفيضانات.

وتوصلت الدراسة إلى أن معظم مواضع السدود في منطقة عسير ملائمة نسبياً للمعايير المحددة، حيث بلغ عددها 105 سداً تشكل نسبة 92.9% من جملة السدود في المنطقة، بينما يوجد 5 سدود تقع في مواضع ملائمة للمعايير، و3 سدود تقع في مواضع غير ملائمة.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

#### المصادر والمراجع

أولاً: المصادر والمراجع العربية:

- 1- أحمد، صلاح عبد الله (2013): حصاد المياه والتغذية الجوفية في جمهورية السودان، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.
- 2- أطلس منطقة عسير (1405هـ): إمارة منطقة عسير، كلية الملك خالد العسكرية، الحرس الوطني، أبها.
- 3- البغدادى عبد الصاحب ناجي (2014): الاستراتيجيات العامة لتنمية الموارد المائية السطحية في محافظة النجف الأشرف، مجلة كلية الآداب، جامعة الكوفة، المجلد 1، العدد 20.
- 4- الجبورى، عبد الحق خلف حمادة (2011): تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضل المواقع لإنشاء سد على وادي الملح في ناحية العلم، مجلة الفراهيدي، كلية الآداب، جامعة تكريت، العدد 8.
- 5- الشريف، عبد الرحمن صادق (1995): جغرافية المملكة العربية السعودية الجزء الأول، دار المريخ، الرياض.
- 6- الشيخ، عبد الملك عبد الرحمن (2006): حصاد مياه الأمطار والسيول وأهميته للموارد المائية في المملكة العربية السعودية، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة، الرياض.
- 7- الطرياق، عبد العزيز بن سليمان (بدون)، المياه بالمملكة السياسات والتحديات، الندوة الاقتصادية للمياه بالمملكة جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- 8- العسيري، فايز محمد آل سليمان (2014): بناء قاعدة بيانات جيوبينية لحوض وادي أبها بمنطقة عسير - دراسة جغرافية -، مجلة كلية الآداب، جامعة المنصورة، العدد الرابع والخمسون، مصر.
- 9- العزي، احمد محمد صالح (2013): التقييم الجيومورفولوجي لحوض وادي النفط باستخدام التقنيات الجغرافية المعاصرة، مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية، المجلد 8، العدد 2.
- 10- العمري، عبد الله مناع عبد الرحمن (1998): الخواص البيدولوجية لترب وادي بيشه، رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض.
- 11- العوضي، نادر محمد، ومصطفى، عبد المنعم مصطفى، والعجمي، ضاري ناصر (2008): أخطار تهدد البيئة العالمية، معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت.
- 12- الغامدي، سعد أبو راس (2009): تأثير خصائص التضاريس في التغطية النباتية لمنطقة بلاد زهران بجبال السروات دراسة منهجية في الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد 13.
- 13- الكفري، عبد المجيد (2008): استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحديد المواقع الملائمة لإقامة سدود لتجميع مياه الأمطار والسيول، الملتقى الدولي جيوتونس، تونس.
- 14- المجموعة الاستشارية الهندسية (1423هـ): خرائط الأساس المعدة لمنطقة عسير، الحدود من واقع إحداثيات، دليل التسميات السكانية، أبها.
- 15- المديرية العامة للشئون البلدية والقروية لمنطقة عسير (1431هـ): مشروع الدراسات التخطيطية الشاملة لمنطقة عسير.
- 16- الهندي، وحيد أحمد (2003): تجارب دولية في تخصيص الموارد المائية، المؤتمر الدولي الثاني للمياه في الدول العربية، بيروت.
- 17- الودعاني، إربس علي سلمان (2014): مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غربي المملكة العربية السعودية منظور جيومورفولوجي، مجلة جامعة جازان للعلوم الإنسانية، المجلد 3، العدد 1، جازان.
- 18- حمادة، صفاء عبد الجليل كامل (2010): الخصائص الطبوغرافية وتأثيرها على الغطاء النباتي في محافظة نابلس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد، رسالة ماجستير، كلية الدراسات العليا، جامعة النجاح الوطنية، نابلس.
- 19- خضير، احمد عيادة، وعمران، انتظار مهدي (2013): مورفومترية حوض وادي شعيب الركاشي وإمكانية استثماره في حصاد المياه، مجلة العلوم الإنسانية، كلية التربية، جامعة بابل، العدد 18.



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

- 20- داود، محمد عبد الحميد محمد (2013): إعادة شحن الخزانات الجوفية اصطناعيا في المناطق الجافة، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.
- 21- زيدان، حسين، وجبار، دلال (2011): اختيار مواقع لإنشاء سدود صغيرة في منخفض الكعرة باستخدام تقنيات التحسس النائي والتحليل المكاني، مجلة كلية الهندسة، المجلد 17، العدد 4.
- 22- عبد الوهاب محمد عامر (2013): المناهج العلمية في مجال حصاد المياه والمياه الجوفية، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.
- 23- عزيز، تحسين عبد الرحيم، وأحمد هونة عبدالله كاك (2014): إمكانيات حصاد مياه السدود الصغيرة في مرتفعات شربوت باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتحسس النائي، المجلة الدولية للبيئة والمياه، المجلد 3، العدد 2.
- 24- فضة، إباد حكم، ودريم، عبدالله محمد حسين (2013): تقييم التغيرات المكانية للغابات في جبال السروات بمنطقة عسير جنوب غرب المملكة العربية السعودية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وتنظم المعلومات الجغرافية، الملتقى الثامن لتنظم المعلومات الجغرافية، بالمملكة العربية السعودية، الدمام.
- 25- كليب، عبد الحميد أحمد (1985): الإنسان كعامل جيومورفولوجي ودوره في العمليات الجيومورفولوجية النهرية، رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، العدد 80.
- 26- مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، مرئية فضائية + ETM بدقة تمييز مكانية 30م عام 2014م.
- 27- \_\_\_\_\_، نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة تمييز مكانية 30م.
- 28- مصلحة الإحصاء العامة والمعلومات (1431هـ): النتائج الأولية لتعداد السكان، منطقة عسير.
- 29- وزارة البترول والثروة المعدنية (1971م): الخريطة الجيولوجية، مقياس 1: 100000.
- 30- \_\_\_\_\_، (1402هـ): إدارة المساحة الجوية، الخريطة الطبوغرافية، مقياس 1: 250000.
- 31- وزارة الدفاع والطيران (2013م): الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة، بيانات غير منشورة للفترة ما بين (1985 - 2011م).
- 32- وزارة الزراعة والمياه (1986م): أطلس التربة بالمملكة العربية السعودية.
- 33- \_\_\_\_\_ (1405هـ): أطلس المياه، الرياض.
- 34- \_\_\_\_\_ (1436هـ): مشروع تشغيل وصيانة سدود منطقة عسير، بيانات غير منشورة.
- 35- وزارة الشؤون البلدية والقروية، أمانة منطقة عسير (1431هـ): مشروع إعداد المخطط الإقليمي لمنطقة عسير، الرياض.
- 36- وزارة المياه والكهرباء ، 2014 / [www.mowe.gov.sa](http://www.mowe.gov.sa).
- 37- مهدي، عبد الخالق، والخليوي، عبد الوالي (1999): الجغرافيا النباتية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.
- 38- نعمان، عبدالله عبدالقادر أحمد (2013): تقنيات وطرق مناسبة لحصاد مياه الأمطار كاستراتيجية للتأقلم مع تقلبات هطول الأمطار في المناطق الجافة، حلقة العمل القومية حول حصاد المياه والتغذية الجوفية الاصطناعية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، سلطنة عمان، مسقط.
- 39- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2012): المملكة العربية السعودية حقائق وأرقام، الرياض.
- 40- هيئة المساحة الجيولوجية السعودية (2014): المملكة العربية السعودية ([www.sgs.org.sa](http://www.sgs.org.sa)).
- 41- وزارة البلديات الإقليمية وموارد المياه (2011): السدود في سلطنة عمان، مسقط.
- ثانياً: المراجع غير العربية:

- 42- Al-Taiee, T.M. & Rasheed, A.M. (2011): Hydro engineering Feasibility Study of Surface Runoff Water Harvesting in Al-Ajeej Basin, North West Iraq, Tikrit Journal of Eng. Sciences, Vol.18, No.1
- 43- Awawdeh M., (2010): Mapping Potential Sites for Rainwater Harvesting (Dams) in the Pan-Handle of Jordan Using Geographic Information Systems, 4th International Conference on Water Resources and Arid Environments, Riyadh, Saudi Arabia.

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

- 44- Issa, I.E; Al-Ansari, N; Knutsson; S. (2013): Assessment of Sedimentation Characteristics and Capacity Curve for Mosul Dam Reservoir, Iraq, Dams and Water Resources Engineering And Environmental Engineering.
- 45- Kenzo, T. & Urtec, A.(1976): Southern Region Project Study, Existing Condition, V.1.
- 46- Lengley, P. A. & Batty, M., (1996): Spatial Analysis: Modeling in A GIS Environment, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- 47- Sorman, A; Abdulrazzak, M. J; Al-Hames, A. (1990): A Proposed Artificial Groundwater Recharge Scheme For Wadi Systems, JKA Univ., Met., Env., Arid Land Agric. Sci., Vol. 1.
- 48- <http://data.albankaldawli.org.>, 2013

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

ملحق رقم ( 1 )

التقييم	الموقع	اسم السد	نوع السد	الغرض من السد	كمية التخزين م <sup>3</sup>	العرض (بالمتر)	الطول (بالمتر)	تاريخ الانشاء	خط الطول	دائرة العرض
ملائم	بيشة	الملك فهد	خرساني	استعاضة	325000000	103	507	1418	42.48989	19.6964
ملائم	رجال ألمع	روام	خرساني	استعاضة	150000	13	75	1407	42.09947	18.32932
ملائم	النماص	بدوة	خرساني	شرب	2000000	30	92	1422	42.16468	19.16806
ملائم	بيشة	البطنة	خرساني	شرب	150000	10	360	1404	42.65544	18.85839
ملائم	النماص	عوص	خرساني	شرب	658000	21	100	1431	42.12131	19.3193
ملائم نسبيا	خميس مشيط	حجلا	ترابي	استعاضة	1000000	11	110	1398	42.65325	18.29719
ملائم نسبيا	خميس مشيط	المضة	ترابي	استعاضة	42500000	14	1150	1404	43.21043	18.78693
ملائم نسبيا	باشوت	باشوت	ترابي	شرب	200000	12	250	1404	41.88858	19.57972
ملائم نسبيا	بلقرن	يفيف	ترابي	استعاضة	690000	14	150	1403	41.92571	19.74074
ملائم نسبيا	بلقرن	نبا	ترابي	تحكم	750000	14	140	1404	41.89706	19.71382
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	السروى	ترابي	تحكم	48000	4	120	1403	43.12954	18.05042
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	العادية	ترابي	استعاضة	480000	11	170	1404	43.26424	17.9588
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الزهرة	ترابي	استعاضة	100000	10	175	1404	43.22614	17.94208
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	الفيض	ترابي	استعاضة	2500000	25	130	1405	43.42869	17.99918
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	كتام	خرساني	حماية	100000	15	66	1431	43.54308	17.58633
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	المحزمة	ركامي	تحكم	1500000	22	280	1400	43.10586	18.13468
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	العسران	ركامي	تحكم	60000	11	200	1404	43.0665	18.03477
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	عنم	ركامي	استعاضة	2000000	24	120	1405	43.22713	18.04985
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	القبضة	ركامي	استعاضة	260000	10	50	1405	43.52587	17.63468
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الجوة	ركامي	تحكم	500000	14	90	1419	43.24898	17.91433
ملائم نسبيا	ظهران	الحرجة	ركامي	استعاضة	280000	12	160	1405	43.33207	17.91573

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

ملائم نسبيًا	الجنوب	سراية	ركامي	استعاضة	1000000	15	170	1405	42.14333	19.10454
ملائم نسبيًا	الجنوب	النماص	ركامي	استعاضة	500000	20	130	1401	42.39447	18.5365
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	ركامي	تحكم	6400000	22	340	1402	42.71589	18.26041
ملائم نسبيًا	الجنوب	خميس مشيط	ركامي	استعاضة	1400000	14	140	1403	42.39976	18.40276
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	ركامي	استعاضة	301000	8	233	1403	42.79758	18.16248
ملائم نسبيًا	الجنوب	خميس مشيط	خرساني	شرب	2130000	33	350	1394	42.48794	18.2122
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	خرساني	تحكم	688000	38	111	1405	42.43791	18.26905
ملائم نسبيًا	الجنوب	عشران	خرساني	استعاضة	2000000	10	50	1403	42.36191	18.36749
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	خرساني	استعاضة	60000	18	70	1404	42.44406	18.29157
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	خرساني	تحكم	60000	15	28	1404	42.41319	18.23625
ملائم نسبيًا	الجنوب	السودة	خرساني	استعاضة	1000000	13	75	1399	43.47091	17.90349
ملائم نسبيًا	الجنوب	ظهران	خرساني	استعاضة	300000	13	157	1401	41.98361	19.54959
ملائم نسبيًا	الجنوب	بقرن	خرساني	شرب	60000	15	50	1404	41.88247	19.79938
ملائم نسبيًا	الجنوب	بقرن	خرساني	شرب	300000	8	100	1403	42.7637	18.023
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	خرساني	شرب	1064000	8	95	1405	42.85584	18.85086
ملائم نسبيًا	الجنوب	خميس مشيط	خرساني	شرب	400000	13	120	1404	42.39729	18.65016
ملائم نسبيًا	الجنوب	أبها	خرساني	شرب	108000	12	260	1425	43.18775	18.15528
ملائم نسبيًا	الجنوب	سراة عبيدة	ترايبي	استعاضة	90000	5	80	1431	43.14172	18.11175
ملائم نسبيًا	الجنوب	سراة عبيدة	ترايبي	استعاضة	150000	14	100	1425	42.95161	18.05593
ملائم نسبيًا	الجنوب	سراة عبيدة	خرساني	تحكم	250000	14	70	1404	43.20805	18.10147
ملائم نسبيًا	الجنوب	سراة عبيدة	خرساني	تحكم	350000	18	100	1404	43.29365	18.28306
ملائم نسبيًا	الجنوب	سراة عبيدة	خرساني	استعاضة	182000	20	100	1407	42.2408	18.35815
ملائم نسبيًا	الجنوب	رجال ألمع	خرساني	استعاضة	192000	15	70	1407	42.20546	18.23671
ملائم نسبيًا	الجنوب	رجال ألمع	خرساني	شرب	130000	10	100	1403	42.27012	18.26624
ملائم نسبيًا	الجنوب	رجال ألمع	خرساني	استعاضة	300000	6	80	1403	42.2683	18.05333
ملائم نسبيًا	الجنوب	رجال ألمع	خرساني	شرب	50000	8	55	1403	42.1785	18.23587

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

ملائم نسبيا	رجال ألمع	حسوة	خرساني	شرب	20000	8	45	1403	42.315	18.20417
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	عراعر	خرساني	تحكم	963000	37	143	1405	43.46266	17.65635
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	شراقب	خرساني	استعاضة	790000	16	70	1404	43.35047	17.88197
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	ال فروان	خرساني	تحكم	150000	18	140	1404	43.49589	17.72234
ملائم نسبيا	النماص	سروم النماص	ترابي	استعاضة	390000	14	110	1420	42.19261	19.14012
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الرشيد	ركامي	استعاضة	500000	9	90	1420	43.2309	18.25985
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	النحرة	ترابي	استعاضة	350000	9	90	1423	43.20219	17.99306
ملائم نسبيا	محایل	ذهبان	ركامي	استعاضة	2290000	15	250	1417	41.64017	18.13822
ملائم نسبيا	النماص	عياش	خرساني	شرب	481000	17	95	1425	42.05567	19.41208
ملائم نسبيا	المجاردة	بني قيس	ترابي	استعاضة	117000	15	130	1425	42.03401	19.14474
ملائم نسبيا	خميس مشيط	ابو خضاعة	خرساني	تحكم	100000	5	65	1404	42.89734	18.20851
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الرميد	ترابي	استعاضة	90000	7	100	1425	43.20998	17.9815
ملائم نسبيا	النماص	الغرابة	خرساني	استعاضة	1500000	60	120	1425	42.30525	18.79085
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	الوقيرة	ترابي	استعاضة	124000	6	139	1425	43.32892	18.01357
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	ايفاض الطلحة	ترابي	شرب	748000	9	433	1428	43.51	17.78417
ملائم نسبيا	الدرب	مرية	ترابي	شرب	10000000	38	215	1429	42.38383	17.902
ملائم نسبيا	أبها	عتود تهامة	ترابي	شرب	10000000	37	237	1429	42.47272	17.89961
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	آل درهم	خرساني	استعاضة	86700	15	168	1433	43.17514	17.99394
ملائم نسبيا	خميس مشيط	خضار الحمية	ترابي	استعاضة	1124733	9	648	1433	42.52727	18.69739
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	آل ثابت	ركامي	استعاضة	500000	10	120	1433	43.47028	17.75917
ملائم نسبيا	بلقرن	ثما	خرساني	تحكم	325000	15	145	1402	41.98269	19.52261
ملائم نسبيا	بيشة	مسكة	خرساني	استعاضة	2400000	15	166	1431	42.18588	20.02349

الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

ملائم نسبيا	تنومة	غالبية	ركامي	شرب	2150000	23	133	1431	42.21486	19.03946
ملائم نسبيا	باللسمر	خرص	خرساني	شرب	800000	9	80	1431	42.31944	18.90772
ملائم نسبيا	النماص	الغرة	خرساني	استعاضة	2115000	20	65	1431	42.09247	19.26053
ملائم نسبيا	خميس مشيط	المسيرق	خرساني	استعاضة	200000	18	55	1431	42.90917	19.04833
ملائم نسبيا	بيشة	جاش	ترابي	استعاضة	122000	11.5	175	1431	43.38833	19.32183
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	آل بسام	ترابي	استعاضة	116000	6	190	1431	43.19222	18.04167
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	طليحة الشرف	ترابي	استعاضة	150000	9	100	1431	43.37167	18.44667
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	آل عيفة	خرساني	استعاضة	210000	20.5	129	1432	43.41775	17.79078
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	الفقاعيس	ترابي	استعاضة	160000	17	70	1431	43.24583	18.0125
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	آل حديلة	ترابي	استعاضة	160000	13	230	1431	42.81381	18.05114
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	الصمخية	ترابي	استعاضة	300000	10	232	1432	42.82953	18.07314
ملائم نسبيا	أبها	ريمة	خرساني	استعاضة	150000	8	60	1431	42.38649	18.35501
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	المشرب	خرساني	استعاضة	120000	5	450	1432	43.39167	18.43528
ملائم نسبيا	النماص	الدهناء	خرساني	شرب	12000000	13	70	1404	43.20829	18.90883
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	العزيزاء	خرساني	تحكم	150000	11	80	1404	43.19633	17.9785
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	جوف آل معمر	ترابي	استعاضة	400000	13	262	1428	43.16723	18.21192
ملائم نسبيا	سراة عبيدة	القرىحاء	ترابي	استعاضة	26105	7.5	186.5	1433	43.14222	18.11083
ملائم نسبيا	أبها	بهوان	ترابي	استعاضة	1782000	11	507	1431	42.41306	18.68281
ملائم نسبيا	باللسمر	سدوان	خرساني	شرب	300000	28	125	1431	42.22506	18.90858
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	محلة عراةرة	خرساني	استعاضة	135000	14	100	1431	43.28667	17.93158
ملائم نسبيا	باللحم	الخلصا	خرساني	استعاضة	240000	19	60	1431	42.26144	18.76725
ملائم نسبيا	ظهران الجنوب	الغائل	خرساني	استعاضة	300000	11	45	1432	43.34667	17.67753
ملائم نسبيا	أحد رفيدة	الهجلة	ترابي	استعاضة	500000	12.5	200	1431	43.00255	18.13208
ملائم نسبيا	بيشة	شيهانة	خرساني	استعاضة	350000	15	65	1431	41.92756	19.58885
ملائم نسبيا	ظهران	الدافعة	خرساني	شرب	305000	20	60	1432	43.37952	17.78698



الدكتور / فايز بن محمد آل سليمان

ملائم نسبيًا	الجنوب	جربة المجاردة	خرساني	استعاضة	600000	16	100	1432	41.923	19.19506
ملائم نسبيًا	المجاردة	جبل خاط	خرساني	استعاضة	500000	18	150	1432	42.04672	19.08997
ملائم نسبيًا	بارق	شرى	خرساني	استعاضة	275247	9	208	1434	41.91125	18.98197
ملائم نسبيًا	المجاردة	يبه	خرساني	شرب	80913300	47	234	1434	41.64278	19.01556
ملائم نسبيًا	البشاير	شداد	خرساني	شرب	800000	12	95	1432	41.89714	19.56647
ملائم نسبيًا	سراة عبيدة	وادي العمل	ترايبي	استعاضة	110000	16	50	1431	43.23586	18.07603
ملائم نسبيًا	بيشة	هرجاب	خرساني	استعاضة	4642000	20.5	201.25	1431	42.83552	19.33277
ملائم نسبيًا	سراة عبيدة	قرضان	ركامي	استعاضة	800000	17	195	1431	43.11558	17.99403
ملائم نسبيًا	بيشة	القوباء	خرساني	استعاضة	2000000	25	120	1431	42.18506	19.50439
ملائم نسبيًا	البشاير	الفوهة	خرساني	شرب	2500000	19	100	1431	41.98442	19.74806
ملائم نسبيًا	محابل	مرة	خرساني	استعاضة	62000	23	130	1431	42.14894	18.58353
ملائم نسبيًا	أبها	صبح	خرساني	شرب	250000	13	70	1431	42.32972	18.67806
ملائم نسبيًا	النماص	عمق باللحمر	خرساني	شرب	700000	25	70	1431	42.2925	18.68472
ملائم نسبيًا	النماص	طريف	ترايبي	شرب	500000	15	60	1431	42.09083	19.35528
ملائم نسبيًا	بيشة	تبالة	ركامي	حماية	68410000	49.25	420	1432	42.15	19.95
ملائم نسبيًا	سراة عبيدة	حلباء	ركامي	استعاضة	390000	41	114.18	1434	43.13222	18.10083
غير ملائم	خميس مشيط	تندحة	خرساني	تحكم	4200000	25	120	1404	42.87685	18.31268
غير ملائم	رجال ألمع	العوص	خرساني	شرب	35000	9	55	1403	42.33365	18.27994
غير ملائم	النماص	ترجس	خرساني	شرب	9809600	27	205	1430	44.29861	19.27083

من عمل الباحث اعتمادا على بيانات وزارة المياه والكهرباء

جامعة القاضي عياض  
كلية الآداب والعلوم الإنسانية  
مراكش  
المغرب

## "الإنتاج الزراعي في المغرب بين الفقه المالكي ومخطط المغرب الأخضر"

### مقدمة:

إن الحمد لله نحمده ونستعينه ونستغفره، ونعوذ بالله من شرور أنفسنا وسيئات أعمالنا، من يهد الله فلا مضل له، ومن يضل فلا هادي له، وأشهد ألا اله إلا الله وحده لا شريك له وأشهد أن محمدا عبده ورسوله.  
أما بعد:

فإن الفقه الإسلامي فقه واسع يشمل كل ما يحتاجه المسلم في حياته اليومية ومعاشه، ومن أهم المجالات التي تطرق لها الفقه الإسلامي بصفة عامة، والفقه المالكي بصفة خاصة: موضوع الزراعة، حيث أفردوا لها أبوابا خاصة بها تكلموا فيها عن أحكامها وأقسامها (المزارعة، المغارسة، المساقاة)، و بما أن المغاربة قد اختاروا الفقه المالكي مذهباً لهم، فقد ظلوا إلى عصور متأخرة يتحاكمون إليه في موضوع الزراعة، تأصيلاً وتطبيقاً، آخذين بعين الاعتبار أعراف الناس وعاداتهم .  
ويعتبر الإنتاج الزراعي في المغرب من أهم الموارد الاقتصادية التي تعتمد عليها الدولة في تحقيق الأمن الغذائي للمجتمع المغربي، بالإضافة إلى جلب العملة الصعبة عن طريق تصدير المنتوجات الزراعية، وتوفير مناصب الشغل لأبناء المجتمع.

ولهذا فإن الدولة المغربية قد اعتمدت مجموعة من السياسات الاقتصادية للنهوض بهذا المجال الحيوي، إلا أنها باءت بالفشل، حتى اهتدت الدولة سنة 2008 إلى ما يسمى بمخطط المغرب الأخضر: وهو سياسة أو إصلاح زراعي اعتمدته الوزارة للنهوض بالقطاع الفلاحي، حيث وضعت مجموعة من البنود التي تصب في سياق تطوير الفلاحة العصرية والرفع من دخل صغار الفلاحين، والتنافسية وتحسين المردودية.

وقد أظهر هذا المخطط نجاحاً ملموساً عند دخوله حيز التنفيذ ومظاهر نجاحه مثبتة في ثنايا الكتاب.  
وعليه فإن اجتماع الفقه المالكي ومخطط المغرب الأخضر في علة الرفع من مردودية الإنتاج الزراعي كان من أكبر الدواعي والأسباب التي جعلتني أهتم بدراسة الموضوع في جانبين أساسيين:  
الأول منهما فقهي يصب في بيان مساهمة الفقه المالكي في دراسة المجال الفلاحي تأصيلاً واستنباطاً .  
والثاني منهما واقعي عصري يبين مدى مساهمة مخطط المغرب الأخضر في الدفع بالعجلة الفلاحية إلى الأمام، فاخترت لهذه الدراسة العنوان التالي: "الإنتاج الزراعي في المغرب بين الفقه المالكي ومخطط المغرب الأخضر".

وقد قسمت البحث في هذا الموضوع إلى مبحثين، تكلمت في المبحث الأول عن المبادئ والأهداف العامة لمخطط المغرب الأخضر، ثم المبحث الثاني عن النتائج الأولى لمخطط المغرب الأخضر، ثم ختمت الموضوع بملخص استخلصت فيها أهم النتائج المتوصل إليها.

## المبحث الأول: مخطط المغرب الأخضر: المبادئ والأهداف

### تمهيد:

قامت وزارة الفلاحة المغربية في أبريل 2008 بوضع استراتيجية للنهوض بالقطاع الفلاحي لتجاوز تلك العراقيل التي تحول دون تقدم هذا القطاع، وهذه الإستراتيجية تتمثل في "مخطط المغرب الأخضر"، الذي هو عبارة عن اصلاح زراعي<sup>1</sup>، أو سياسة زراعية<sup>2</sup>، وضعتها الدولة للنهوض بالقطاع الفلاحي.

وقد حظي هذا المشروع برعاية الملك محمد السادس، حيث تم التوقيع عليه بين الأطراف المعنية أمام جلالته. ويرتكز مخطط المغرب الأخضر على مجموعة من المبادئ للوصول إلى الأهداف المرسومة.

### المطلب الأول: المبادئ التي يقوم عليها مخطط المغرب الأخضر

تقوم استراتيجية مخطط المغرب الأخضر على مجموعة من الركائز في شكل مبادئ أهمها<sup>3</sup>:  
**المبدأ الأول:** اعتبار الفلاحة أهم قاطرة للتنمية خلال 10 إلى 15 سنة المقبلة، حيث سيعمل مخطط المغرب الأخضر على جعل الفلاحة تساهم بـ 70 إلى 100 مليار درهم في الناتج الداخلي الخام، بعد أن كانت لا تتجاوز مساهمتها 74 مليار درهم.

**المبدأ الثاني:** اعتماد التجميع كنموذج لتنظيم الفلاحين<sup>4</sup>.

**المبدأ الثالث:** ضمان تنمية للفلاحة المغربية في مجموعها دون أي إقصاء

وذلك يتضح من خلال الدعامتين الأساسيتين التي يقوم عليهما مخطط المغرب الأخضر.

**المبدأ الرابع:** تشجيع الاستثمار الخاص

**المبدأ الخامس:** اعتماد مقاربة تعاقدية لإنجاز مخطط المغرب الأخضر

**المبدأ السادس:** جعل من التنمية الفلاحة المغربية تنمية مستدامة:

**المبدأ السابع:** تهيئ إصلاح الإطار القطاعي للفلاحة

أما أهداف مخطط المغرب الأخضر فتتقسم إلى قسمين أهداف اقتصادية، وأخرى اجتماعية .

**المطلب الثاني: الأهداف الاقتصادية لمخطط المغرب الأخضر وحفظ مقاصد الشريعة**

<sup>1</sup> - الإصلاح الزراعي: هو تغير اجتماعي واقتصادي له تأثير في زراعة الأقطار التي لازالت زراعية بالدرجة الأولى / انظر الإصلاح الزراعي بين المبدأ والتطبيق لدورين وريز، وهو مترجم إلى العربية: ص 17.

<sup>2</sup> - السياسة الزراعية: هي مجموعة الاجراءات التي تتخذها الدولة تجاه القطاع الزراعي في سبيل تحقيق أهداف محددة تتضمنها الخطط الزراعية. / انظر السياسات الزراعية في البلدان العربية للدكتورة منى رحمة: ص 11.

<sup>3</sup> - وثيقة مخطط المغرب الأخضر: ص 30-40.

<sup>4</sup> - مقدمة في علم البساتين لصلاح الدين محمود البيتم، ص: 439.

يحمل مخطط المغرب الأخضر أهدافا اقتصادية تراعي مقاصد الشريعة وتسهم في الحفاظ على الكليات الخمس، ومن أهم هذه الأهداف:

### 1- تحقيق الاكتفاء الذاتي من المنتجات الزراعية

يعتبر تحقيق الاكتفاء الذاتي من المنتجات الزراعية من أهم الأهداف الاقتصادية لمخطط المغرب الأخضر، فسد حاجات المجتمع وتحقيق الأمن الغذائي وهو المقصود من الزراعة في الإسلام. وتبقى حاجات المجتمع بصفة عامة والمجتمع المغربي بصفة خاصة متعددة، ويتم تحقيق ذلك في الإسلام على ثلاث مستويات وهي مقاصد الشريعة الإسلامية الضرورية، والحاجيات، والكماليات، أو التحسينيات. لهذه الأسباب دعا الإسلام لممارسة الإنتاج وفرض ذلك على كل قادر طوال حياته<sup>5</sup>، قال تعالى: "هُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمْ الْأَرْضَ ذُلُولًا فَأَمْشُوا فِي مَنَاكِبِهَا وَكُلُوا مِنْ رِزْقِهِ وَإِلَيْهِ النُّشُورُ"<sup>6</sup>.

فالحق سبحانه سخر الأرض للإنسان ومكنه منها، ليتمكن من الحصول على رزقه المتمثل في الزرع والغرس وشق العيون والأنهار وحفر الآبار<sup>7</sup>.

### 2- تحقيق الأمن الغذائي والاستقرار الاقتصادي:

إن الاستقرار الاقتصادي مرتبط بتحقيق الأمن الغذائي، وتحقيق الأمن الغذائي من أولويات مخطط المغرب الأخضر، فلا حديث عن استقرار اقتصادي دون تحقيق الأمن الغذائي، فهذا الأخير يقوي روح العمل في الفرد المسلم.

### 3- الاستغلال المعقول للموارد الزراعية.

إن من بين المبادئ التي يركز عليها مخطط المغرب الأخضر، استغلال الموارد الزراعية استغلالا معقولا، وذلك من خلال وضع إستراتيجية جديدة للإشادة الفلاحي تطمح إلى جعل المعرفة الفلاحية في صلب الانشغالات، إضافة إلى تطوير وتنمية منظومة تدبير المعلومات، وتكوين دفعة جديدة من المستشارين الفلاحين الخواص لدعم المنظومة<sup>8</sup>.

### 4- توفير فرص العمل:

يهدف مخطط المغرب الأخضر إلى توفير حوالي 600 ألف منصب شغل منها 100 ألف منصب شغل في قطاع الصناعات الغذائية، فالشريعة الإسلامية تدعو إلى العمل الطيب المنتج لقوله عز وجل: "فَإِذَا قُضِيَتِ الصَّلَاةُ فَانْتَشِرُوا فِي الْأَرْضِ وَابْتَغُوا مِنْ فَضْلِ اللَّهِ وَاذْكُرُوا اللَّهَ كَثِيرًا لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ"<sup>9</sup>.

### المطلب الثالث: الأهداف الاجتماعية لمخطط المغرب الأخضر

تتجلى هذه الأهداف فيما يلي<sup>10</sup>:

#### 1- مراعاة أحكام الشريعة الإسلامية

#### 2- مراعاة المصلحة الشرعية

5 - التنمية الزراعية في ضوء الشريعة الإسلامية لخلف سليمان بن صالح بن خضر النمري ص: 78.

6 - سورة الملك الآية 16.

7 - الجامع الأحكام القرآن للقرطبي: 215 / 18، بتصرف.

8 - وثيقة فلاحية بعنوان: رؤية استراتيجية جديدة للإشادة الفلاحي ص 8.

9 - سورة الجمعة الآية 10

10 - التنمية الزراعية في ضوء الشريعة الإسلامية لخلف سليمان بن صالح بن خضر النمري، ص 111.

3- تحقيق العدالة الإجتماعية في توزيع الدخل

4- توفير الخدمات الاجتماعية العامة للمجتمع الزراعي

5- تحقيق التكافل الاجتماعي في المجتمع الزراعي

فهذه العناصر الخمس من المتطلبات إذن التي ينبغي توفرها في كل إصلاح ، ولما كان مخطط المغرب الأخضر هو إصلاح زراعي وجب أن تتوفر فيه هذه العناصر .

### المبحث الثاني: النتائج الأولى لمخطط المغرب الأخضر

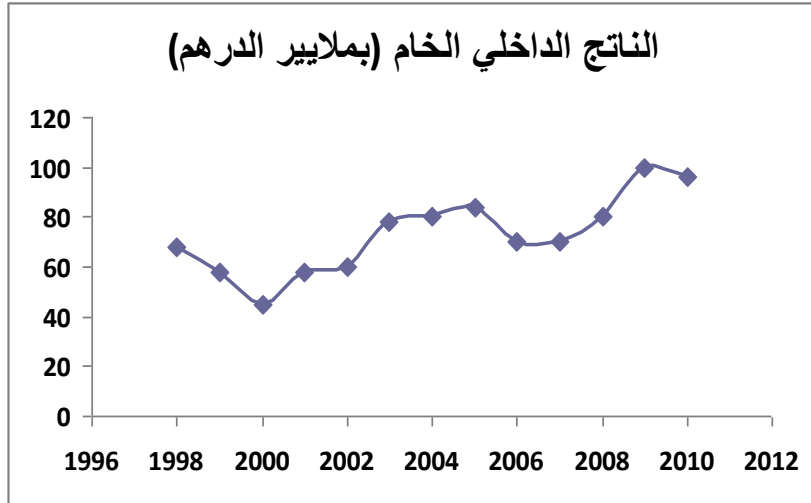
تمهيد:

حقق مخطط المغرب الأخضر مجموعة من التطورات ، وهو لا يزال في بدايته، حيث عرف القطاع الفلاحي تطورا هاما في السنوات الثلاثة الأخيرة، ظهرت مؤشراتنا على مجموعة من المستويات : الناتج الداخلي الخام، مجال التشغيل ، استعمال المساحات الصالحة للزراعة، السقي، الصادرات والواردات الفلاحية، سلاسل الإنتاج (الحبوب، القطني،الزراعات السكرية،الحوامض، الزيتون، الخضروات ).

المطلب الأول : الناتج الداخلي الخام<sup>11</sup> .

بفضل سياسة مخطط المغرب الأخضر عرف الناتج الداخلي الخام الفلاحي ارتفاعا مهما، مما أعاد القطاع الفلاحي إلى مركز الاقتصاد كمحرك للتنمية، ويمثل المبيان التالي هذا التطور .

شكل رقم 1:



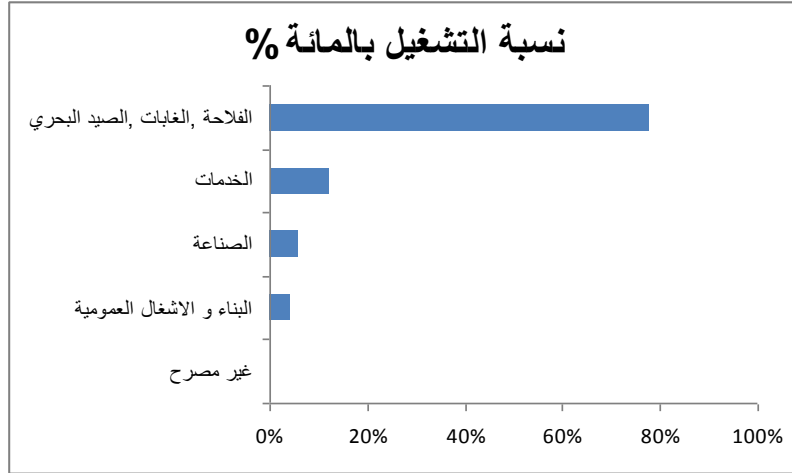
انطلاقا من معطيات المبيان يتضح أن الناتج الداخلي الخام عرف ارتفاعا واضحا في السنتين الأخيرتين 2009 و 2010 .

المطلب الثاني : مجال التشغيل<sup>12</sup> .

<sup>11</sup> - وثيقة رسمية عن وزارة الفلاحة المغربية، بعنوان الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص 6.

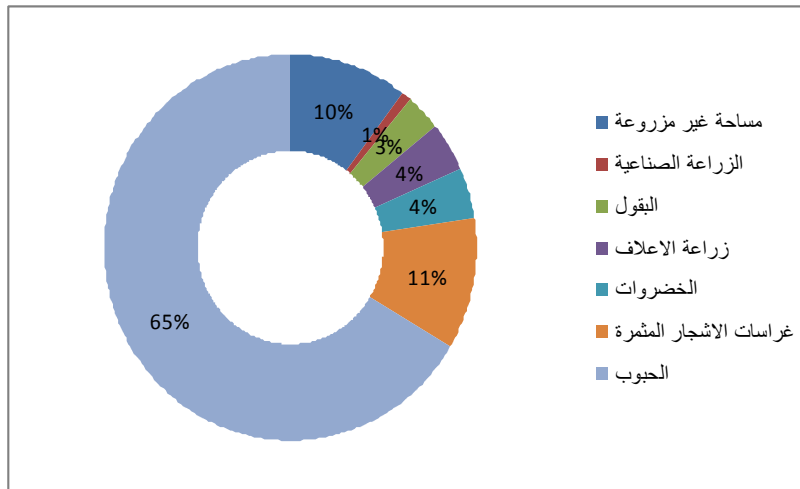
<sup>12</sup> الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص : 7.

شكل رقم 2:



من خلال المبيان يتضح التطور الكبير الذي عرفه قطاع الفلاحة على مستوى التشغيل، حوالي 78 في المائة، وهذا إن دل على شيء فهو يدل على نجاح سياسة مخطط المغرب الأخضر .  
المطلب الثالث: استعمال المساحات الصالحة للزراعة<sup>13</sup>

شكل رقم 3:



المطلب الرابع: السقي<sup>14</sup>

<sup>13</sup> - الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص: 8.

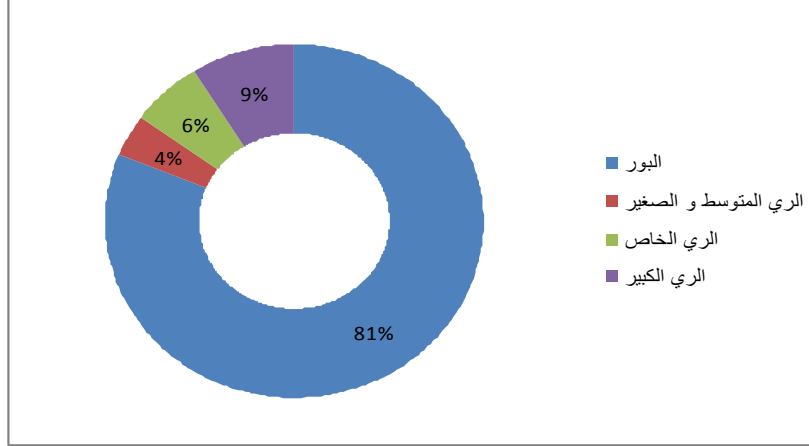
<sup>14</sup> - الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص: 9.



تعتبر سياسة السدود التي وضعها الملك الحسن الثاني رحمه الله سياسة موفقة، إذ بفضلها تغلب المغرب عن مجموعة من المشاكل الخاصة بالسقي، حيث أن المعدل السنوي للتساقطات يقدر بـ 29 مليار متر مكعب، ويمثل الاحتمال المائي حوالي 20 مليار متر مكعب، يضم 16 مليار متر مكعب من المياه السطحية، و4 مليار متر مكعب من المياه الجوفية.

وتتوزع المساحات السقوية في المغرب على الشكل التالي :

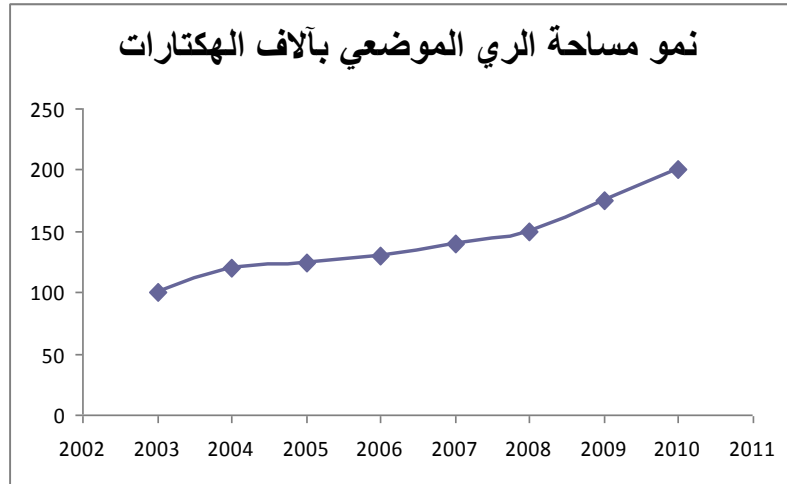
شكل رقم4:



وفي هذا الإطار يهدف مخطط المغرب الأخضر إلى تحويل استغلال المساحات المسقية حالياً بالطرق التقليدية إلى السقي الموضعي، 500 ألف هكتار في أفق 2020، حيث ستتحمل الدولة مصاريف السقي الموضعي تشجيعاً منها للضيعات التي لا تتجاوز مساحتها 5 هكتارات، أو في إطار سياسة التجميع.

ويفضل سياسة مخطط المغرب الأخضر عرف السقي الموضعي نمو ملحوظاً في السنتين الأخيرتين :

شكل رقم5:



المطلب الخامس: الصادرات والواردات الفلاحية<sup>15</sup>

أولاً: الصادرات

<sup>15</sup> - الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص 10.

تعتبر تنمية الصادرات الفلاحية والغذائية من الأهداف الكبرى التي يسعى إلى تحقيقها مخطط المغرب الأخضر، وبفعل الجهود المبذولة أصبحت هذه الصادرات تمثل حوالي 12 في المائة من الصادرات الوطنية، ففي سنة 2008 بلغت قيمة الصادرات الفلاحية حوالي 15,2 مليار درهم، وفي 2009 بلغت 13,9 مليار درهم، وفي سنة 2010 بلغت 15,8 مليار درهم.

#### ثانيا: الواردات<sup>16</sup>

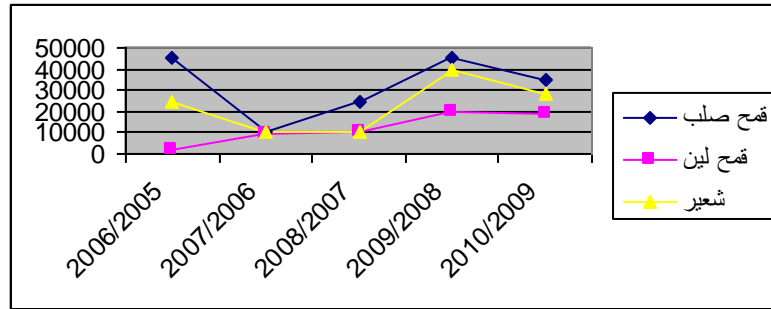
في الوقت الذي يحقق فيه المغرب اكتفاء ذاتيا على مستوى إنتاج بعض المنتجات الزراعية ، فإنه يعرف نقصا كذلك في بعض المنتجات الزراعية الأخرى، مما يضطره إلى استيرادها من الخارج ، ويفضل سياسية مخطط المغرب الأخضر، فإن هذه الواردات بدأت تتراجع نسبتها في السنوات الأخيرة ،

#### المطلب السادس: سلاسل الإنتاج

##### 1 - الحبوب<sup>17</sup> :

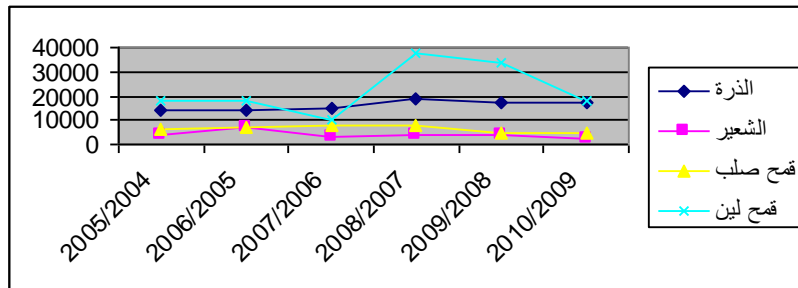
يمثل المبيان التالي إنتاج الحبوب الثلاث الأساسية(ب 1000 قنطار).

شكل رقم 6:



ومع هذا التطور الذي تشهده زراعة الحبوب فإن المغرب لا يزال متأخرا في إنتاج بعض الحبوب مما يضطره إلى الاستيراد لسد حاجياته الداخلية منها، ويمثل المبيان التالي حجم الاستيراد (ب 1000 قنطار).

شكل رقم 7:



من خلال هذه الإحصائيات يتضح أن استيراد الحبوب يزداد وينقص حسب نوعية الموسم هل هو موسم جاف، أم موسم رطب؟، إلا أن في السنوات الأخيرة، نلاحظ تراجع مهم في هذه الواردات، باستثناء الذرة التي لا تزال نسبة استيرادها مرتفعة، نظرا لضعف الإنتاج الوطني منها.

<sup>16</sup> - نفسه، ص: 11.

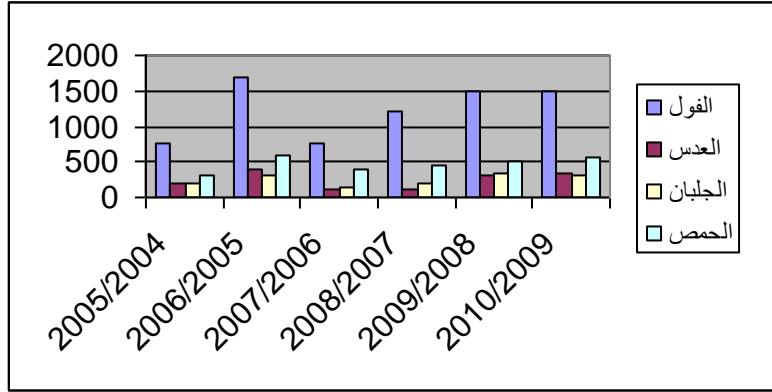
<sup>17</sup> - نفسه، : 12-13.

ولأهمية الحبوب في المغرب، تم إنشاء المكتب الوطني المهني للحبوب والقطاني<sup>18</sup>.

## 2 - القطني<sup>19</sup> :

يعتبر المغرب من البلدان الأكثر استهلاكاً للقطني خاصة في الفصل البارد، وبعد أن كان مصدراً لها أصبح مستورداً لهذه الأنواع من القطني بسبب ارتفاع الطلب وتراجع العرض. ويبين المبيان التالي إنتاج القطني ب 1000 قنطار

شكل رقم 8:

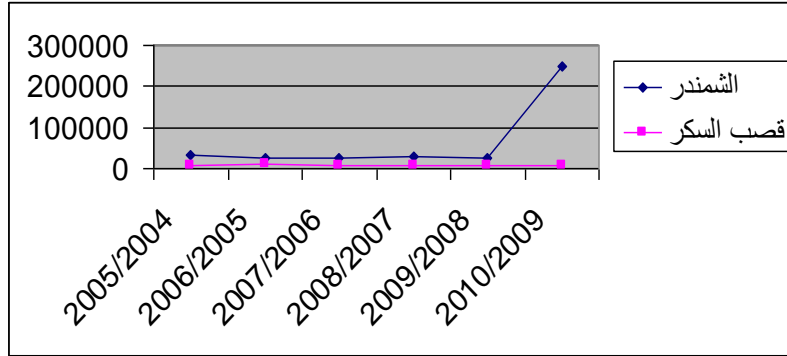


## 3 - الزراعات السكرية<sup>20</sup> :

يتميز قطاع الزراعات السكرية بمؤهلات عالية، فهو قطاع منظم بصفة محكمة حول فاعل وطني مجمع لجمعيات الفلاحين المنتجين.

واليك هذا المبيان الذي يبين إنتاج الزراعات السكرية ب 1000 قنطار :

شكل رقم 9:



<sup>18</sup> - هو عبارة عن مؤسسة مهنية أحدثت سنة 1937 لدعم وتسويق المنتج الوطني من الحبوب والقطاني، يسهر على تسيير وتتبع تموين البلاد بالحبوب والقطاني ومشتقاتها، وهو فاعل اقتصادي على مستوى عبور الحبوب للمواني/ انظر: وثيقة رسمية تعريفية عن المكتب الوطني للحبوب والقطاني.

<sup>19</sup> - وثيقة الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص 14.

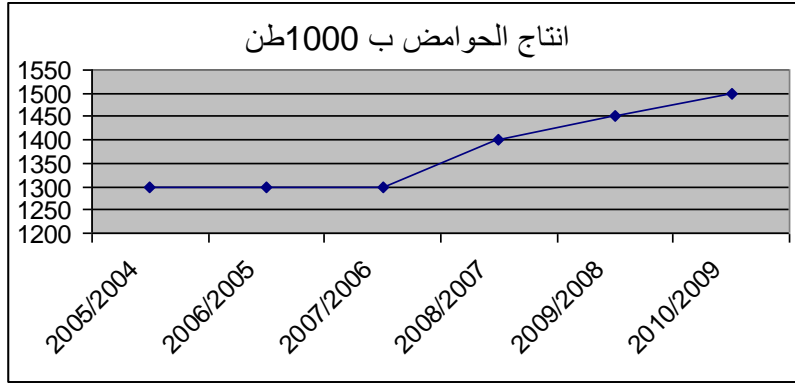
<sup>20</sup> - وثيقة الفلاحة المغربية بالأرقام سنة 2010: ص 15.

من خلال المبيان يتضح أن إنتاج الزراعات السكرية يرتفع وينخفض تبعاً لكمية

التساقطات التي يعرفها الموسم الزراعي .

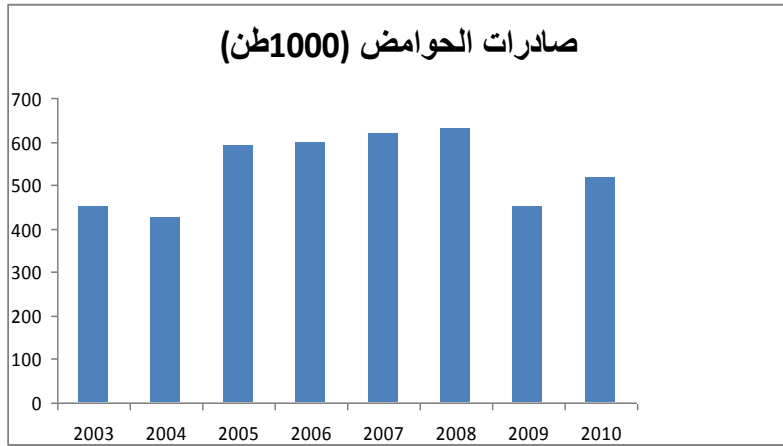
4 - الحوامض<sup>21</sup> :

تعتبر الحوامض من أهم سلاسل الإنتاج الزراعي بالمغرب، وقد عرفت تطوراً منذ زمن قديم، بسبب ارتفاع الطلب الداخلي والخارجي، وقد شهد هذا القطاع تقدماً ملموساً في السنوات الأخيرة بفضل سياسة مخطط المغرب الأخضر .  
شكل رقم 10:



وبتحقيق الاكتفاء الذاتي من إنتاج الحوامض توجه المغرب إلى تصدير هذا المنتج نحو السوق الأوروبية استجابة للطلب المتزايد عليه .

شكل رقم 11:

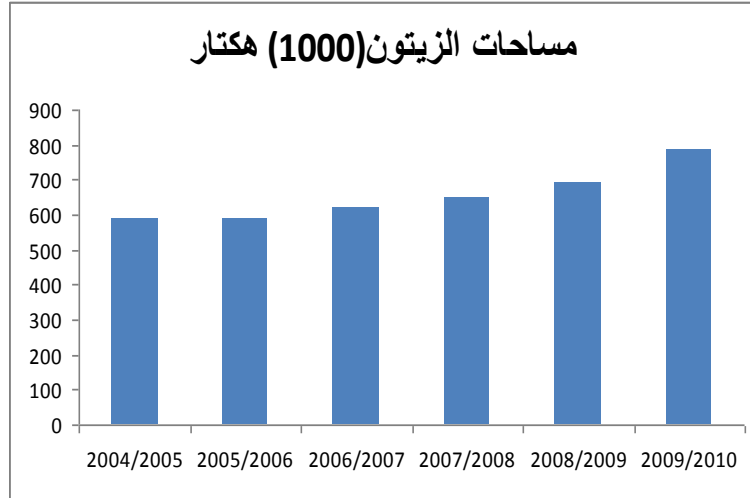


5- الزيتون<sup>22</sup> :

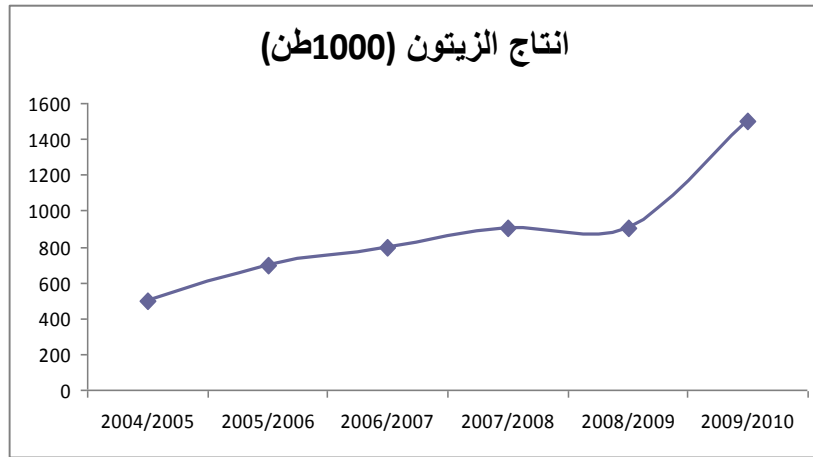
شكل رقم 12:

<sup>21</sup> - نفسه، ص: 16-17 .

<sup>22</sup> - نفسه، ص: 18-19 .



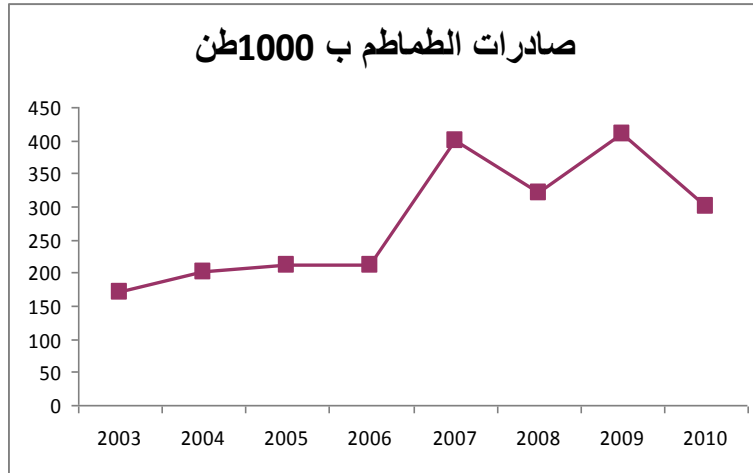
إذن من خلال المبيان يتضح أن السنوات الأخيرة 2008- 2009- 2010 عرفت تطورا ملحوظا على مستوى المساحة المغروسة بالزيتون وهذا راجع إلى سياسة مخطط المغرب الأخضر. وقد نتج عن ارتفاع المساحة المغروسة، ارتفاع مستوى الإنتاج في السنوات الأخيرة . شكل رقم 13:



#### 6 - الخضروات : الطماطم أنموذجاً

يتوفر المغرب على ميزات هامة في مجال إنتاج الطماطم، تحت البيوت المغطاة، مما جعل منه مصدرا لهذا المنتج الزراعي بامتياز .

شكل رقم 14:



#### خلاصة:

ومما سبق يمكن القول بأن الفقه المالكي قد اعتنى بالجانب الزراعي عناية مهمة، كما أن مخطط المغرب الأخضر قد استطاع- وهو لا يزال في بدايته- أن يغير من وضع الفلاحة المغربية إلى الأحسن والأفضل، فكل المبيانات التي عرضناها تبين بوضوح أن جل المنتجات الزراعية عرفت ارتفاعا على مستوى الإنتاج في الثلاث سنوات الأخيرة، وهذا إن دل على شيء فهو يدل على قوة مخطط المغرب الأخضر الرامية إلى إحداث التغيير، والسير بالقطاع الفلاحي إلى الأمام .

#### لائحة المصادر والمراجع

##### القرآن الكريم برواية ورش عن نافع

- أبو الحسن مسلم بن الحجاج القشيري النيسابوري (المتوفى: 261هـ)، المسند الصحيح المختصر بنقل العدل عن العدل إلى رسول الله صلى الله عليه وسلم، حققه: محمد فؤاد عبد الباقي: دار إحياء التراث العربي - بيروت.
- أبو داود سليمان بن الأشعث السجستاني (المتوفى: 275هـ)، سنن أبي داود، دار الكتاب العربي . بيروت.
- أبو عبد الله محمد بن أبي بكر بن عبد القادر الحنفي، الطبعة: الخامسة، 1420هـ / 1999م، مختار الصحاح لزين الدين الرازي (المتوفى: 666هـ)، تحقيق: يوسف الشيخ محمد: المكتبة العصرية الدار النموذجية، بيروت - صيدا.
- أبو عبد الله محمد بن أحمد بن أبي بكر بن فرح الأنصاري الخزرجي شمس الدين القرطبي (المتوفى : 671هـ)، الجامع لأحكام القرآن، الطبعة: الثانية، 1384هـ - 1964م تحقيق : أحمد البردوني وإبراهيم أطفيش: دار الكتب المصرية - القاهرة.
- أبو عبد الله محمد بن إسماعيل البخاري الجعفي الجامع المسند الصحيح المختصر من أمور رسول الله صلى الله عليه وسلم وسننه وأيامه المعروف بصحيح البخاري الطبعة: الأولى، 1422هـ، حققه: محمد زهير بن ناصر الناصر ، دار طوق النجاة .
- أبو عبد الله محمد بن يزيد القزويني ابن ماجه، وماجة اسم أبيه يزيد (المتوفى: 273هـ)، سنن ابن ماجه، تحقيق: محمد فؤاد عبد الباقي: دار إحياء الكتب العربية - فيصل عيسى البابي الحلبي.



- أبو عمر يوسف بن عبد الله بن محمد بن عبد البر بن عاصم النمري القرطبي (المتوفى: 463هـ)، 1387 هـ، التمهيد لما في الموطأ من المعاني والأسانيد: بتحقيق: مصطفى بن أحمد العلوي، محمد عبد الكبير البكري: وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية - المغرب.
- أبو محمد الحسين بن مسعود البغوي (المتوفى: 510هـ)، معالم التنزيل في تفسير القرآن الطبعة: الرابعة، 1417 هـ - 1997 م، حققه وخرج أحاديثه محمد عبد الله النمر - عثمان جمعة ضميرية - سليمان مسلم الحرش، دار طيبة للنشر والتوزيع.
- أبو الوليد سليمان بن خلف بن سعد بن أيوب بن وارث التجيبي القرطبي الباجي الأندلسي (المتوفى: 474هـ)، المنتقى شرح الموطأ: الطبعة: الأولى، 1332 هـ، مطبعة السعادة - بجوار محافظة مصر.
- ابن أنس مالك، الموطأ للإمام، الطبعة الأولى 1430هـ - 2009م، برواية يحيى بن يحيى الليثي وعليه زيادات، رواية يحيى أبي مصعب الزهري المدني ورواية محمد بن الحسن الشيباني، تحقيق كلا حسن علي مؤسسة الرسالة ناشرون دمشق - سوريا.
- إبراهيم مصطفى، المعجم الوسيط: مجمع اللغة العربية بالقاهرة (أحمد الزيات / حامد عبد القادر / محمد النجار): دار الدعوة.
- ابن حجر العسقلاني أحمد بن علي، فتح الباري شرح صحيح البخاري، 1379هـ، رقم كتبه وأبوابه وأحاديثه: محمد فؤاد عبد الباقي: دار المعرفة - بيروت.
- ابن سليمان بن صالح بن خضر النمري، طبعة 1416 هـ - 1995 م، التنمية الزراعية في ضوء الشريعة الإسلامية، مع دراسة تطبيقية على المملكة العربية السعودية، والمملكة الأردنية الهاشمية، للدكتور جامعة أم القرى معهد البحوث العلمية وإحياء التراث الإسلامي مركز بحوث الدراسات الإسلامية مكة المكرمة .
- جواد سعد العارف، الطبعة الأولى 1431 هـ - 2010 م، التخطيط والتنمية الزراعية، دار الراجحة للنشر والتوزيع الأردن - عمان.
- جواد سعد العارف، الطبعة الأولى 1431 هـ - 2010 م، الاقتصاد الزراعي، دار الراجحة للنشر والتوزيع الأردن - عمان .
- الدمغي محمد راكان، الطبعة الأولى 1408 هـ - 1988م، نظرية الأمن الغذائي من منظور إسلامي.
- طنطيش جمعة رجب، الإمكانات الزراعية في العالم الإسلامي ووسائل توظيفها، الطبعة الأولى خريف 1991 م، منشورات مركز دراسات العالم الإسلامي.
- طاهر سليمان خليفة، الطبعة الأولى 1429 هـ - 2008 م، الزراعة والأغذية في القرآن الكريم، دار اقرأ للطباعة والنشر والتوزيع سورية- دمشق.
- محمود المصري عبد العزيز، الطبعة الأولى 1420 هـ - 1999 م، قانون المياه في الإسلام، تقديم عبد الله فكري الخاني، دار الفكر دمشق .
- محمود اليتيم صلاح الدين مقدمة في علم البساتين، 1995 م، الجامعة المفتوحة/ طرابلس.
- منى رحمة، الطبعة الأولى - أكتوبر 2000مركز السياسات الزراعية في البلدان العربية للدكتورة دراسات الوحدة العربية، بيروت.
- النجفي سالم توفيق، الطبعة الأولى أكتوبر 1993إشكالية الزراعة العربية- رؤية اقتصادية معاصرة-، مركز دراسات الوحدة العربية.
- وريز دروين، الطبعة الأولى فبراير 1975، الإصلاح الزراعي بين المبدأ والتطبيق، ترجمه للعربية خير الدين حسيب و حسن أحمد السلطان، دار الطليعة للطباعة والنشر بيروت.
- وثائق فلاحية رسمية**
- المملكة المغربية وزارة الفلاحة والصيد البحري -المغرب الأخضر- الفلاحة المغربية بالأرقام 2010.
- المملكة المغربية وزارة الفلاحة والصيد البحري، - المغرب الأخضر- تسويق المنتجات الفلاحية في خدمة الفلاح وفي خدمة المستهلك.
- المملكة المغربية وزارة الفلاحة والصيد البحري، - المغرب الأخضر- رؤية استراتيجية جديدة للإرشاد الفلاحي بالمغرب.
- المملكة المغربية وزارة الفلاحة والصيد البحري، - المغرب الأخضر- المكتب الجهوي للاستثمار الفلاحي للحوز مراكش.
- المملكة المغربية، وثيقة عن المكتب الوطني المهني للحبوب والقطاني.
- المواقع الإلكترونية**

[www.ada.gov.ma](http://www.ada.gov.ma)

[www.agriculture.gov.ma](http://www.agriculture.gov.ma)