

# Identification of potential sites for the implementation of water harvesting techniques in South-East Tunisia

## Identification des sites potentiels d'implantation des travaux de conservation des eaux et du sol dans le Sud-est tunisien

NESRINE KADRI<sup>1</sup>, NACEUR MAHDHI<sup>2\*</sup>, HAMMOUDA AICHI<sup>1</sup>, SIHEM JEBARI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ecole Supérieure d'Agriculture Mograne-Zaghwan

<sup>2</sup> Institut des Régions Arides de Médenine

<sup>4</sup> Institut National de recherche du Génie Rural, Eaux et de Forêt

\*Corresponding author: naceur.mahdhi@ira.rnrt.tn

**Abstract** – Identifying potential sites for soil and water harvesting techniques (SWHT) is an important step in maximizing runoff collection and land productivity in arid and semi-arid areas. The objective of this work is to present a methodology allowing planners to optimize the choice of implantation of SWH techniques in arid regions through the GIS-AMC coupling (geographic information system-multicriteria analysis) and this by integrating biophysical and socio-economic data on the environment. This methodology was applied in the Oum Zessar watershed (southeastern Tunisia). The biophysical and socioeconomic suitability criteria were selected based on the literature and the opinion of a panel of experts and a group of farmers. For each criterion, five proficiency levels were identified, namely "very high", "high", "medium", "low" and "very low". Weights were assigned to the criteria according to their relative importance using a Hierarchical Analysis Process (HAP method). Maps of potential sites for WHT techniques were then generated using a Geographic information a system. The results of the identification of potential sites show five levels of adequacy for the implementation of SWHT at the scale of the Oued Oum Zessar watershed. The very unfavorable and unfavorable areas occupy respectively 5700 ha (16%) and 1083 ha (3%). On the other hand, the areas classified as moderately favorable and favorable occupy 8206 (22%) and 6947 (19%) respectively. The very favorable areas are more representative, they occupy 14764 ha, or 40.23% of the total area of the study area (36700 ha). Finally, the results of this research can be used to assist in effective planning of water and soil resource management to ensure sustainable water development in Tunisia and other regions suffering from water scarcity.

**Keywords:** Potential sites, SWHT, AMC, GIS, HAP, Southeastern Tunisia

**Résumé** - L'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES est une étape importante pour la maximisation de la collecte des eaux de ruissellement et de la productivité des terres dans les zones arides et semi-arides. L'objectif de ce travail est de présenter une méthodologie permettant aux aménagistes d'optimiser le choix d'implantation des techniques de CES dans les régions arides moyennant le couplage SIG-AMC (système d'information géographique-analyse multicritère) et ce en intégrant des données biophysiques et socio-économiques sur le milieu. Cette méthodologie a été appliquée dans le bassin versant d'Oum Zessar (sud-est de la Tunisie). Les critères d'adéquation biophysiques et socioéconomiques ont été sélectionnés sur la base de la littérature et l'opinion d'un panel d'experts et de groupe d'agriculteurs. Pour chaque critère, cinq niveaux d'aptitude ont été identifiés, à savoir « très élevé », « élevé », « moyen », « faible » et « très faible ». Les pondérations ont été affectées aux critères en fonction de leur importance relative en utilisant un Processus d'Analyse Hiérarchique (méthode PAH). Des cartes des sites potentiels d'implantation des techniques de CES ont été ensuite générées à l'aide d'un système d'information géographique. Les résultats d'identification des sites potentiels montre cinq niveaux d'adéquation pour l'implantation des travaux de CES à l'échelle du bassin versant d'Oued Oum Zessar. Les zones très peu favorable et peu favorable occupent respectivement 5700 ha (16%) et 1083 ha (3%). Par contre, les zones classées moyennement favorable et favorable occupent respectivement 8206 (22%) et 6947 (19%). Les zones très favorables sont plus représentatives, elles occupent 14764 ha, soit 40.23% de la surface totale de la zone d'étude (36700 ha). Les résultats de cette recherche peuvent être utilisés pour aider à la planification efficace de la gestion des ressources en eau et en sol pour assurer un développement durable de l'eau en Tunisie et dans d'autres régions souffrant de pénurie d'eau.

**Mots clés :** Sites potentiels-CES-AMC-SIG-AHP-Sud-Est Tunisien



## 1. Introduction

En raison de sa situation géographique entre la Méditerranée et le Sahara, la Tunisie est parmi les pays les moins dotés en ressource en eau dans le bassin méditerranéen. Les ressources en eau potentielles, y compris les eaux souterraines se limitent à 4700 millions de m<sup>3</sup>, dont seulement 4000 millions de m<sup>3</sup> sont mobilisables par des aménagements hydrauliques (MA, 2017). Les eaux de surface contribuent pour environ 57% aux ressources globales dont 600 millions, soit 22%, potentiellement mobilisables par les ouvrages de conservation des eaux et des sols (Louati et al, 1998 ; Mahdhi et al, 2005).

En zone aride, et plus précisément dans le sud-est tunisien, la récolte des eaux de ruissellement constitue une ressource alternative devant la rareté et la faiblesse des ressources en eau souterraines. Ces eaux récoltés par une multitude des travaux de CES, jouent un rôle important dans le fonctionnement de systèmes de production agricoles non irrigués, majoritaires dans la région (Sghaier et al, 2002; Kadri et al, 2021). Toutefois, si dans un passé non lointain ces eaux de surface ont paru suffisantes, voir même abondantes pour le développement agricole dans cette zone, la situation actuelle n'est plus tellement rassurante. La poussée démographique, les développements agricoles et industriels ont entraîné une pression croissante sur ces ressources en eau et ont accentué l'écart entre ressources et besoin en eau.

Face à l'ampleur de ces phénomènes et à la priorité accordée au secteur agricole dans la politique de développement économique et social, l'Etat tunisien a pris la relève de la population concernant l'aménagement du territoire (étatisation de travaux de CES). Il s'est engagé, depuis les années quatre-vingt, dans une politique de maîtrise des eaux de surface et de sauvegarde des terres en pente, basée en grande partie sur l'investissement. Des stratégies successives et complémentaires de conservation des eaux et du sol soutenues par des instruments législatives et institutionnels ont été entreprises (Mahdhi et al, 2005; Zahar, 2007). Les objectifs prioritaires de ses stratégies étaient le renforcement de la complémentarité entre les différents types de ressources en eau en zone aride (entre des eaux de surface variables et incertaines, et des eaux souterraines plus au moins renouvelables), l'amélioration de la productivité et de l'efficacité de l'agriculture pluviale, la maîtrise et la valorisation optimale des eaux de ruissellement et l'amélioration de revenus des agriculteurs (Zahar, 2007, Kadri, 2016). En revanche, malgré l'importance des réalisations enregistrées, l'identification de sites potentiels pour l'implantation des travaux de CES à grande échelle a toujours été un grand défi et nécessite des études plus approfondies (Ammar et al. 2016 ; Kadri, 2018). L'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES dépend de plusieurs critères (Wu et al, 2018 ; Rana et Suryanarayana, 2020). Un groupe d'études se concentre sur des critères biophysiques tels que les précipitations, le système de drainage, la pente, l'utilisation des terres, le type de sol (Kadam et al. 2012; Kumar et al., 2008), et l'autre groupe, se concentrent sur l'intégration des paramètres socio-économiques (régime foncier, distance par rapport à l'établissement/cours d'eau/routes/zone agricole, densité de population, coût connexe) aux composantes biophysiques (Kahinda et al, 2008; Ziadat et al., 2012; Krois et Schulte, 2014).

Les méthodes et outils qui ont été appliqués pour identifier les sites appropriés en utilisant des critères biophysiques et socio-économiques sont classées en quatre principaux groupes : système d'information géographique (SIG) et télédétection (RS) (Bamne et al., 2014; Al-Shamiri et Ziadat 2012), Modélisation hydrologique (HM) avec SIG / RS (Mahmoud et Alazba 2014), Analyse multicritère (MCA) intégrée à HM et SIG / RS (Krois et Schulte 2014; Khan et Khattak, 2012) et MCA intégré à un SIG (Kahinda et al., 2009 ; Sayl et al., 2017 ; Wu et al, 2018). Néanmoins ces méthodes, ont certaines limites, mais l'outil SIG / RS est un outil d'application de première étape pour l'identification de sites appropriés, tandis que pour des résultats plus précis et des régions riches en données, l'intégration de HM basé sur le MCA et le SIG sont des méthodes et / ou des outils fortement recommandés. Le MCA (AHP) et le SIG offrent un potentiel élevé pour la sélection de sites RWH dans les régions pauvres en données (Ammar et al. 2016). Dans cet article une analyse décisionnelle multicritère (MCDA) intégré à un SIG et intégrant sept critères biophysiques et six critères socio-économiques est retenue pour l'identification des sites potentielles d'implantation des travaux de CES dans le bassin d'Oued Oum Zessar, sud-est tunisien retenue comme zone d'étude. Dans ce que suit, l'article a été structuré autour de deux axes : le premier à caractère plutôt méthodologique, le second étant basé sur l'analyse concrète des résultats. La première partie est consacrée à la présentation et à la justification de la zone d'étude et de la présentation de l'approche méthodologique utilisée. La deuxième partie met en œuvre l'approche évoquée pour l'identification des sites potentiels d'implantation. Ces résultats permettent d'illustrer l'intérêt de l'approche proposée.

## 2. Présentation et justification du choix de la zone étudiée

Le bassin versant d'Oued Oum Zessar est localisé au sud-Est tunisien (nord-ouest du Gouvernorat de Médenine). Il couvre une superficie de 36700 ha. Administrativement, il relève à trois Délégations (Médenine Nord, Sidi Maklouf et Bénikdache) du Gouvernorat de Médenine (carte 1). Le choix de la zone d'étude est justifié par des raisons pratiques et aussi méthodologiques. En effet, ce bassin versant est considéré parmi les plus importants des bassins versant du sud est tunisien et qui a bénéficié d'un grand intérêt socio-économique matérialisé par la réalisation d'un certain nombre de projets de développement et d'importants programmes de conservation des eaux et du sol. Les techniques les plus distinguées dans le bassin versant d'Oued Oum Zessar comportent trois grandes actions dont, les plus répondues sont les actions d'aménagements (jessours et banquettes) suivi par les actions de mobilisation des eaux de surface installés dans les lits des oueds (ouvrage de recharge et d'épandage) (Mahdhi et al, 2005 ; Kadri, 2018).

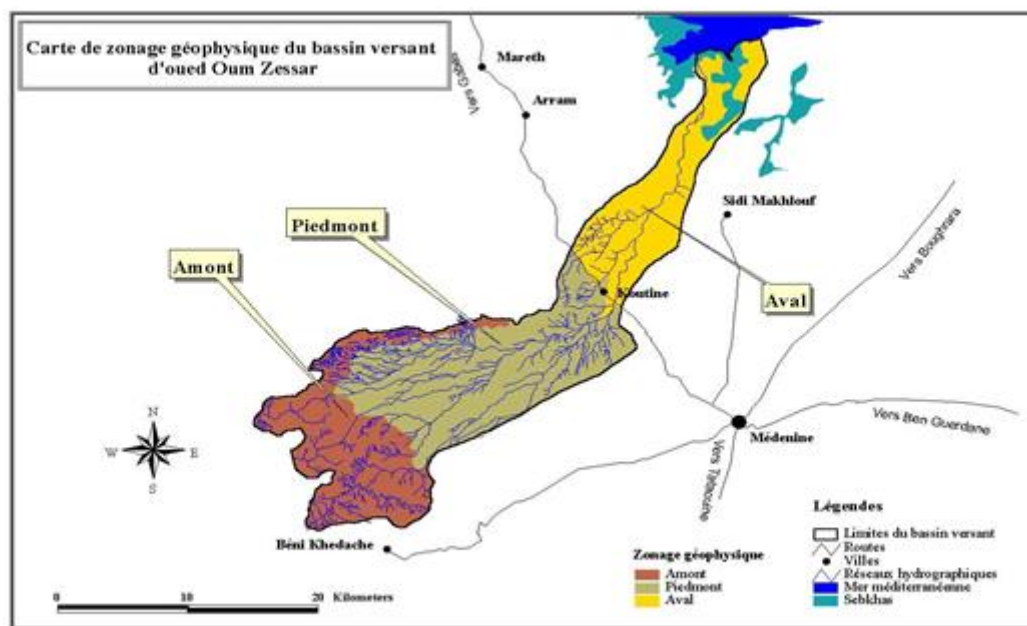


Figure 1 : Carte de localisation géographique du bassin versant d'Oued Oum Zessar

Deux grandes zones (ou strates) interconnectés ont été identifiées. La première strate, correspond à la partie aval du bassin versant présentant un large bassin d'eau souterraine peu profonde alimenté par le drainage des montagnes de la partie amont. Sur cette dernière, la pression sur la ressource est de plus en plus intensive vu l'évolution rapide du nombre des puits de surface (259) et de forages (5). Il s'agit de la même ressource mais de plusieurs usages. La partie supérieure du bassin correspond à la partie amont (zone amont et zone de piedmont). Elle est aménagée par tant d'ouvrage de recharge, d'épandage et des travaux de CES. De même les prises sur oueds représentent une source d'approvisionnement non négligeable.

Le problème au niveau du bassin versant d'Oued Oum Zessar est à la fois un problème d'une demande supérieur à l'offre et un problème de partage de la ressource entre usagers. Sur la partie aval, zone d'irrigation intensive et à vocation maraîchère (cultures valorisantes de l'eau), il s'agit d'une demande des ressources en eau qui croit sans cesse. Sur la partie amont, avec la création des travaux de CES, il y a une demande naissante autour de ces aménagements argumentée par le développement locale et la rentabilisation de ces aménagements (Mahdhi et al, 2005).

## 3. Matériels et méthodes

La méthodologie proposée dans cette recherche est basée sur l'intégration de SIG et MCA afin de localiser les sites les plus appropriés pour les techniques de CES dans le bassin versant d'Oum Zessar (figure 2).

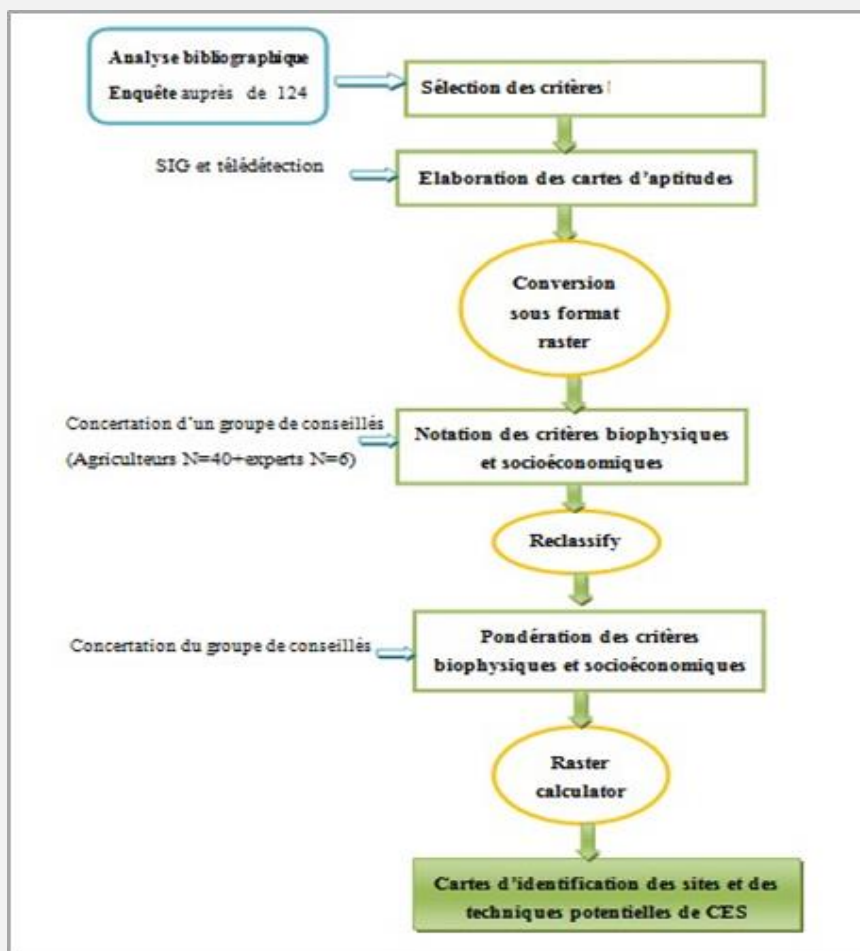


Figure 2 : Organigramme de la méthodologie adoptée

Les principales étapes de la génération des cartes de cette étude ont été les suivantes :

- Sélection de critères biophysiques et socio-économiques sur la base d'une vaste revue de la littérature et de la concertation avec un grand nombre d'experts locaux ;
- Évaluation des niveaux de critères appropriés pour chaque technique de CES (agriculteurs et experts);
- Attribution d'un poids argumenté à chaque critère sélectionné (agriculteurs et experts);
- Génération de cartes d'adéquation.

### 3.1. Sélection des critères

L'identification des sites et des techniques potentielles de CES dépend de plusieurs critères. Sur la base de la littérature et des réponses des agriculteurs à un questionnaire semi-structuré, sept critères biophysiques et six facteurs socio-économiques ont été retenus pour cette étude (tableau 1).

Tableau 1 : Critères biophysiques et socioéconomiques sélectionnés

Critères biophysiques	Critères socioéconomiques
Précipitations	% des ménages sans accès à l'eau potable
Pente	% ménages sous le seuil de la pauvreté
Texture du sol	% de la population non active économiquement
Profondeur du sol	Population
Occupation du sol	Exode rural
Indice de végétation : SAVI et Indice de brillance du sol IB	Familiarité des agriculteurs avec les techniques de CES
Indice de brillance du sol IB	

### 3.2. Notation des critères biophysiques et socioéconomiques

À cause des différentes échelles des critères, l'AMC nécessite que les valeurs trouvées sur la carte des critères soient converties en unités comparables. Autrement dit, il faut formuler l'aptitude des différents critères sur une échelle de mesure commune qui indique à quel point chaque critère répond à l'identification des sites potentielles de CES dans le bassin versant d'Oued Oum Zessar. Par conséquent, les critères biophysiques et socioéconomiques ont été reclassés en cinq unités comparables de catégories d'aptitude, à

savoir : 5 (aptitude très élevée), 4 (aptitude élevée), 3 (aptitude moyenne), 2 (aptitude faible), et 1 (aptitude très faible). Le niveau d'adéquation des critères a été jugé par 6 experts de différents domaines : hydrologie, géologie, pédologie, agronomie, parcours, foresterie et socio-économie...) de l'Institut des Régions Arides de Médenine et de CRDA de Médenine et un groupe d'agriculteurs de la zone d'étude. Au cours de la même réunion, les groupes d'experts et d'agriculteurs ont chacun rempli les tableaux des niveaux d'adéquation en donnant des scores à chaque classe de chaque critère, puis nous avons calculé le score moyen des experts et des agriculteurs.

### 3.3. Attribution de pondérations aux critères

Étant donné que les critères d'évaluation ne sont pas d'égale importance, des pondérations différentes ont été attribuées. Afin de déterminer ces poids, nous avons utilisé la méthode AHP en appliquant la comparaison par paires qui consiste à déterminer l'importance relative entre deux critères impliqués dans l'identification des sites potentiels pour les techniques de CES. Une matrice par paires est ensuite générée en utilisant le score attribué entre deux critères et donné par les jugements (agriculteurs et experts) sur une échelle continue de 9 points (Figure 3).

Importance élevée		Egale	Importance faible													
9	8	7	6	5	4	3	2	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9

Figure 3 : Echelle de comparaison des paires (Saaty, 1980)

### 3.4. Génération de cartes d'adéquation

L'étape suivante de la méthodologie d'évaluation consiste à calculer l'adéquation globale pour la mise en œuvre des techniques de CES. Toutes les couches thématiques générées représentant les critères biophysiques et socio-économiques ont été soumises à une analyse SIG à l'aide d'Arc Gis 10.1. Toutes les cartes étaient :

- converties en format raster ;
- reclassées en utilisant la reclassification raster selon les scores donnés par les agriculteurs et les experts ;
- combinées moyennant le module '*Raster calculator*', tout en appliquant la formule suivante :

$$S = \sum_{i=1}^n W_i * X_i$$

où: S: aptitude; W: poids du critère i; X: score du critère i; n: nombre de critères. L'adéquation globale sera également classée sur une échelle de 1 à 5, 1 (très faible aptitude), 2 (faible aptitude), 3 (adéquation moyenne), 4 (aptitude élevée) et 5 (très haute aptitude). Enfin, nous obtenons la carte des critères biophysiques et la carte des critères socio-économiques. La combinaison de ces deux cartes permet de générer la carte finale.

## 4. Résultats et discussion

### 4.1. Elaboration des cartes des critères biophysiques et socioéconomiques

L'élaboration des cartes des critères biophysiques et socioéconomiques est une étape cruciale dans la détermination des sites potentiels d'implantation des techniques de CES dans le bassin versant d'Oued Oum Zessar. Les critères de décision sélectionnés sont évalués grâce aux fonctionnalités d'analyse spatiale des SIG. Chaque évaluation aboutit à une carte représentant, pour toutes les surfaces élémentaires, leur adéquation au critère considéré.

#### 4.1.1. Carte des critères biophysiques

Les critères biophysiques utilisés dans notre travail sont : les précipitations, la pente, la profondeur du sol, la texture du sol, l'occupation du sol, L'Indice de Brillance IB et l'indice de végétation SAVI. Pour chaque critère biophysique, une carte a été élaborée en utilisant le SIG.

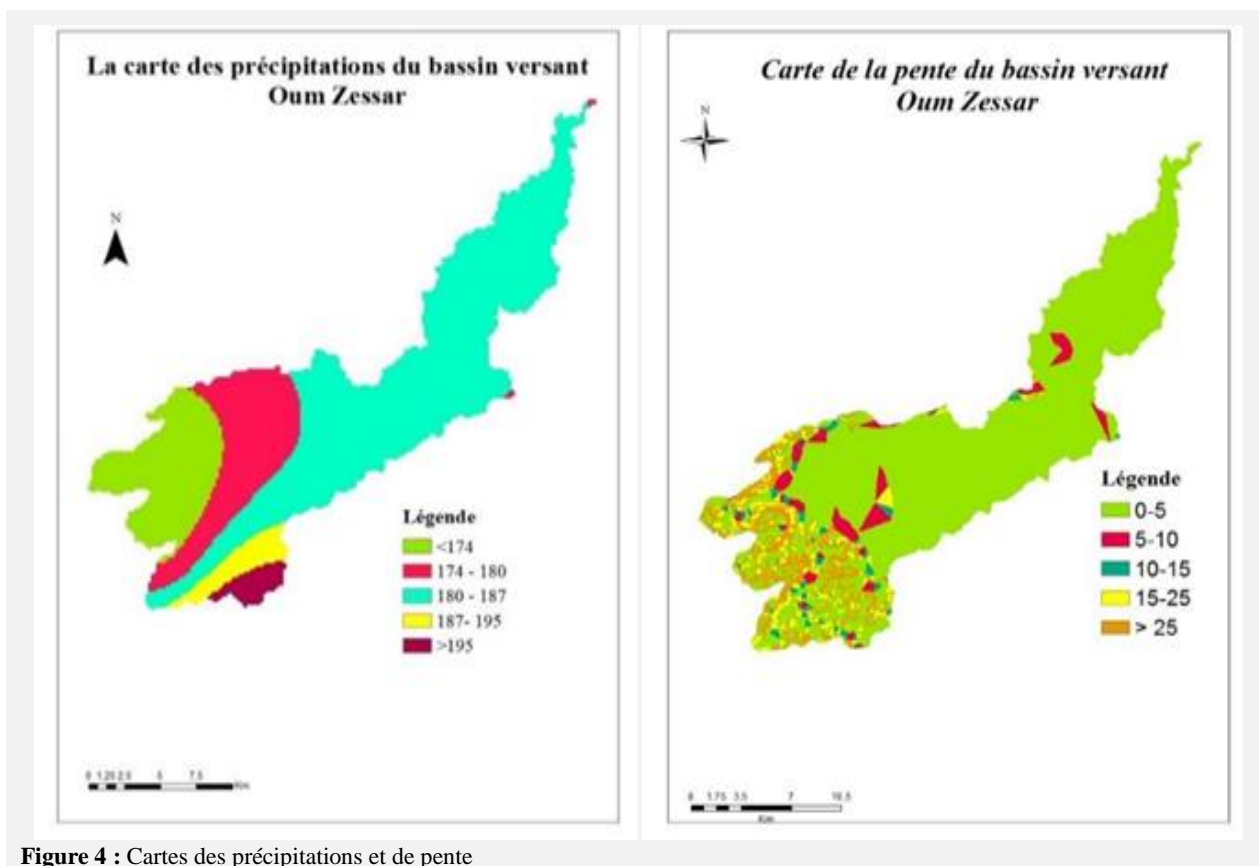
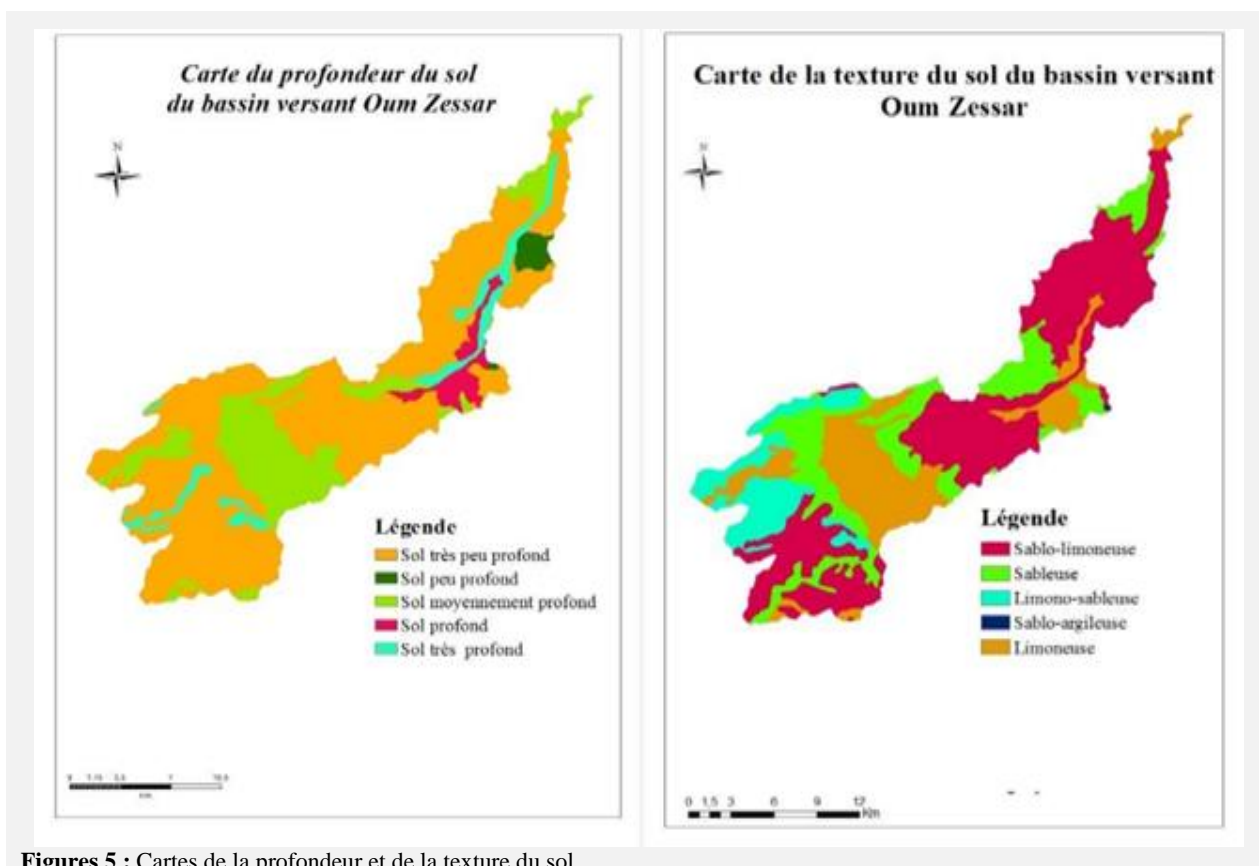


Figure 4 : Cartes des précipitations et de pente



Figures 5 : Cartes de la profondeur et de la texture du sol

#### 4.1.2. Carte des critères socioéconomiques

Les critères socioéconomiques adoptés dans notre méthodologie sont : la population, l'exode rural, le pourcentage des ménages sous le seuil de la pauvreté, le pourcentage des ménages sans accès à l'eau potable, le pourcentage des ménages non actifs économiquement, la familiarité des ménages avec les techniques de

CES. Les informations retenues de l'INS et les données de l'enquête qui a été faite dans le BV Oum Zessar (2016) par la Laboratoire d'Economie et Sociétés Rurales (LESOR) d'IRA Médenine, permettent de générer les cartes suivantes.

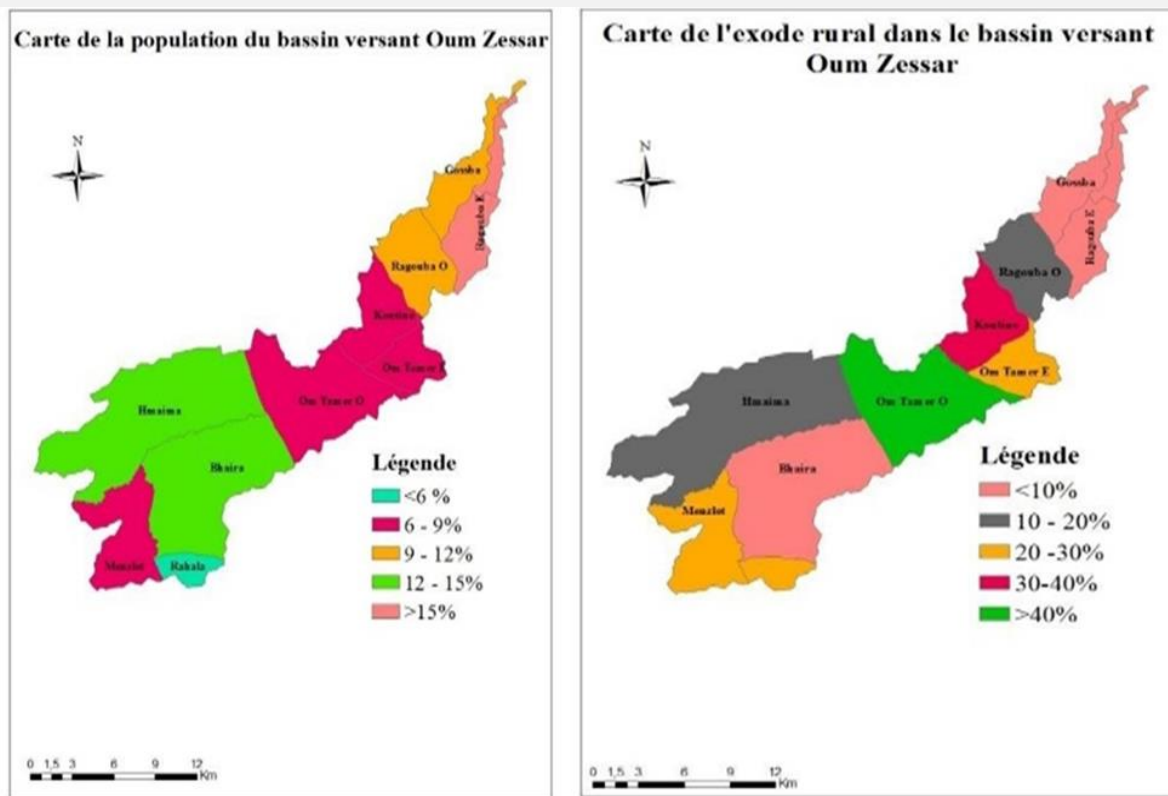


Figure 6 : Cartes de la population et d'exode rural

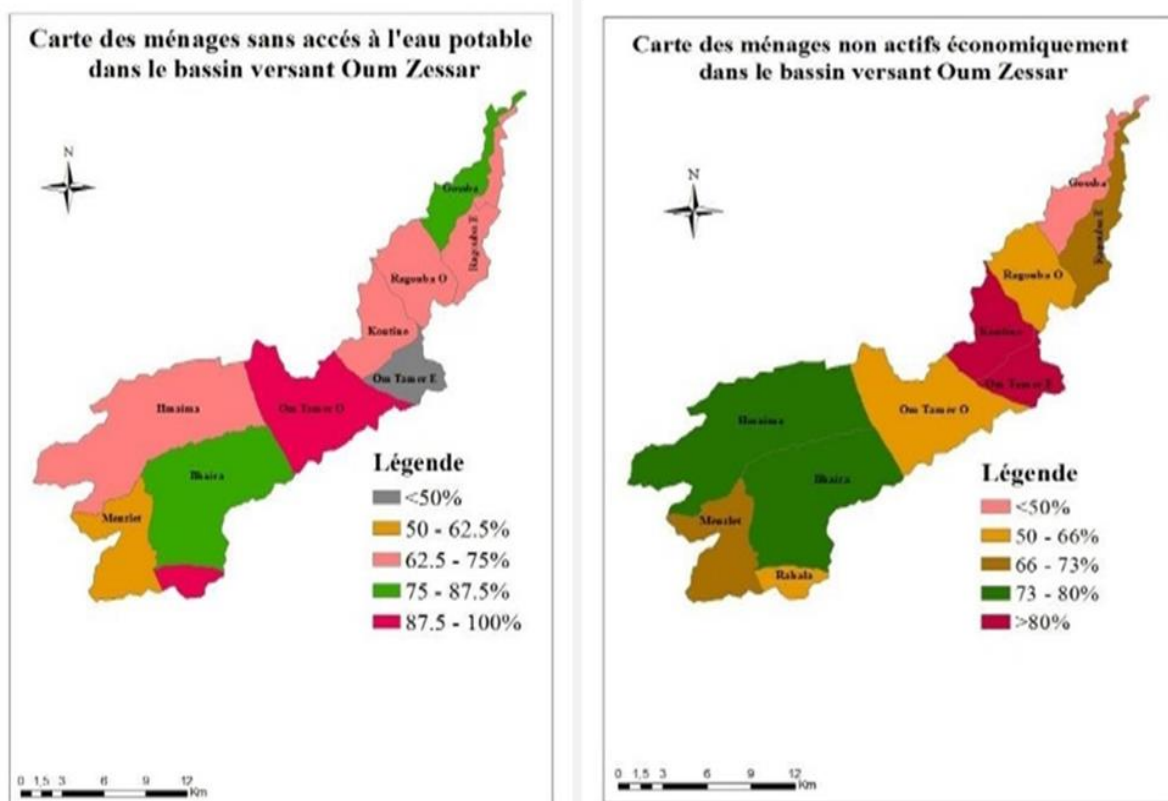


Figure 7 : Cartes des ménages sans accès à l'eau et des ménages non actifs

### 4.1.3. Notation des critères biophysiques et socioéconomiques

Afin de déterminer l'aptitude des différents critères biophysiques et socioéconomiques à l'identification des sites et des techniques potentielles de CES dans le bassin versant d'Oued Oum Zessar, les experts de CRDA et IRA Médenine avec les agriculteurs ont reclassé les critères en cinq classes, à savoir : 5 (aptitude très élevée), 4 (aptitude élevée), 3 (aptitude moyenne), 2 (aptitude), et 1 (aptitude très faible). Ce système de classement a été utilisé dans plusieurs études (Malczewski et al., 2004; Mbilinyi et al., 2007) et il s'est révélé être une méthode fiable et efficace (Mahmoud et Alazba, 2014).

**Tableau 2 :** Notation des critères biophysiques

Critères	Degré d'aptitude				
	Très élevée	Elevée	Moyenne	Faible	Très faible
Précipitations	>195	188-195	181-187	175-180	<174
Pente	> 25	16-25	11-15	5-10	<5
Profondeur du sol	Très Profond	profond	Moyen	Peu profond	Très peu profond
Texture du sol	Sableuse	Sablo-limoneuse	Limono-sableuse	Limoneuse	Sablo-argileuse
Occupation du sol	C.D jessours	C.D Tabias	Parcours	Sol nu	Roche mère
SAVI	0,4-1	0-50	0,23-0,3	102-150	0-0,1
IB	0,3-0,4	51-101	0,1-0.23	151-200	201-255

**Tableau 3 :** Notation des critères socioéconomiques

Critères	Degrés d'aptitude				
	5	4	3	2	1
Ménages sans accès à l'eau potable (%)	87,5-100	75-87,5	62,5-75	50-62,5	<50
Ménages sans accès à l'eau potable (%)	87,5-100	75-87,5	62,5-75	50-62,5	<50
Exode rural (%)	<10	10-20	20-30	30-40	>40
Population (%)	>15	12-15	9-12	6-9	<6
Ménages sous le seuil de la pauvreté (%)	>21	17-21	13-17	9-13	<9
Ménages non actifs économiquement (%)	<59	59-66	66-73	73-80	>80
Familiarité des ménages avec les Techniques de CES (ans)	>20	15-20	10-15	5-10	<5

### 4.1.4. Pondération des critères

En se basant sur le jugement et la perception des experts et des agriculteurs du bassin versant Oum Zessar, les poids des différents critères sont déterminés à partir d'une série de comparaison par paire de ces critères (méthode PHA). La comparaison constitue, à la fin, une matrice de décision ou matrice de comparaison par paire. Les tableaux 4 et 5 décrivent la matrice de comparaison par paire des critères biophysiques et socioéconomiques utilisés dans l'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES. Pour l'acceptation des résultats de pondération, on a calculé le Ratio de Cohérence RC qui mesure la cohérence des jugements émis. Dans tous les cas, RC est inférieur à 0,1 (tableau 4 et 6) donc le degré de cohérence de comparaison est acceptable, ce qui suppose que les estimations des poids relatifs aux critères adoptés sont d'autant plus fiables.

**Tableau 4 :** Matrice de comparaison par paires des critères biophysiques

Critères	Pente	Texture du sol	Profondeur du sol	Occupation du sol	Précipitations	SAVI	IB	Poids
Pente	1	4	6	6	1/3	4	4	<u>0,258</u>
Texture du sol	1/4	1	4	4	1/5	2	2	<u>0,124</u>
Profondeur du sol	1/6	1/4	1	1/3	1/6	1/4	1/4	0,030
Occupation du sol	1/6	1/4	3	1	1/5	1/2	1/2	0,053
Précipitations	3	5	6	5	1	4	4	<u>0,359</u>
SAVI	1/4	1/2	4	2	1/4	1	1/2	0,078
IB	1/4	1/2	4	2	1/4	2	1	0,095
<b>RC=0,099</b>								



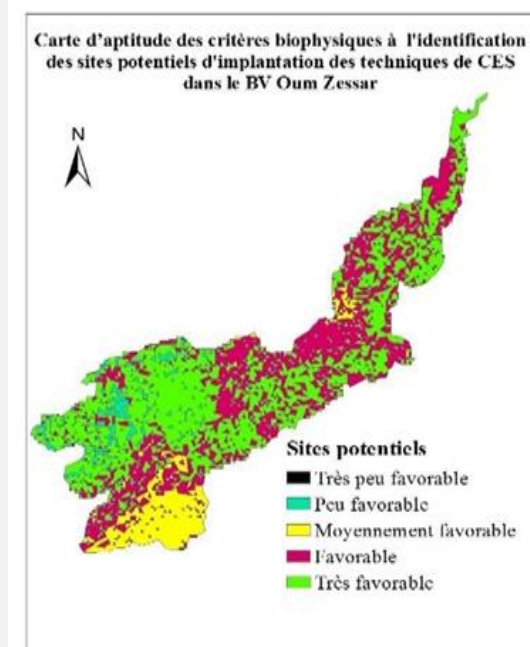
**Tableau 5 :** Matrice de comparaison par paires des critères socioéconomiques

Critères	Ménages sans accès à l'eau potable	Exode rural	Population	Ménages sous le seuil de la pauvreté	Ménages non actifs économiquement	Familiarité des ménages	Poids
Ménages sans accès à l'eau potable	1	1/5	1/6	1/4	4	5	0,0871
Exode rural	5	1	2	5	5	6	<u>0,3415</u>
Population	6	1/2	1	7	6	7	<u>0,2836</u>
Ménages sous le seuil de la pauvreté	4	1/5	1/7	1	3	5	<u>0,1181</u>
Ménages non actifs	1/4	1/5	1/6	1/3	1	2	0,0429
Familiarité des ménages	1/5	1/6	1/7	1/5	1/2	1	0,0290
							<b>RC=0.072</b>

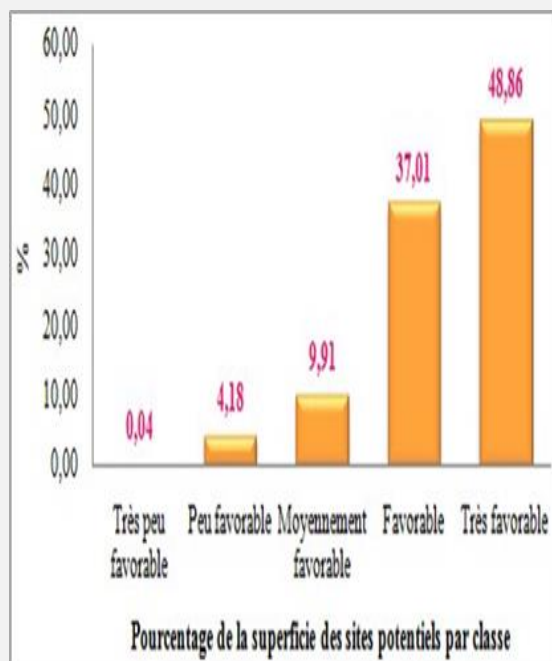
## 4.2. Identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES

### 4.2.1. Carte d'aptitude des critères biophysiques et socioéconomiques

La combinaison des critères biophysiques (Pente, texture du sol, profondeur, précipitations, occupation du sol, SAVI et IB) a permis d'établir la carte d'aptitude des critères biophysiques à l'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES (figure 8). Cinq classes de sites potentiels sont également observées. Les zones classées très favorable, avec un pourcentage de 48.86% sont les plus représentatives. Ensuite viennent respectivement les zones classées favorables et moyennement favorables avec une proportion de 37,01 % et 9,91%. Soit un total de 4,22 % pour les zones peu favorable et très peu favorable (figure 9). L'analyse des résultats montre aussi que les précipitations (36 %), la pente (26 %) et la texture du sol (12 %) sont les critères les plus importants dans l'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES.



**Figure 8 :** Carte d'aptitude des critères biophysiques à l'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES dans le BV Oum Zessar



**Figure 9 :** Superficie des sites potentiels d'implantation des techniques de CES en se basant sur les critères biophysiques

Une carte d'aptitude des critères socioéconomiques a été produite en tenant compte des critères socioéconomiques (% des ménages sans accès à l'eau potable, population, exode rural, % des ménages sous le seuil de la pauvreté, % des ménages non actifs économiquement et la familiarité des ménages avec les techniques de CES) (Figure 10). Celle-ci est caractérisée par cinq classes d'inégale répartition, les sites

moyennement favorables couvrent la grande superficie avec un pourcentage de 35,36 % (figure 11). Les critères les plus importants à tenir en compte dans l'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES sont l'exode rural (38%) et la population (31%).



Figure 10 : Carte d'aptitude des critères socioéconomiques

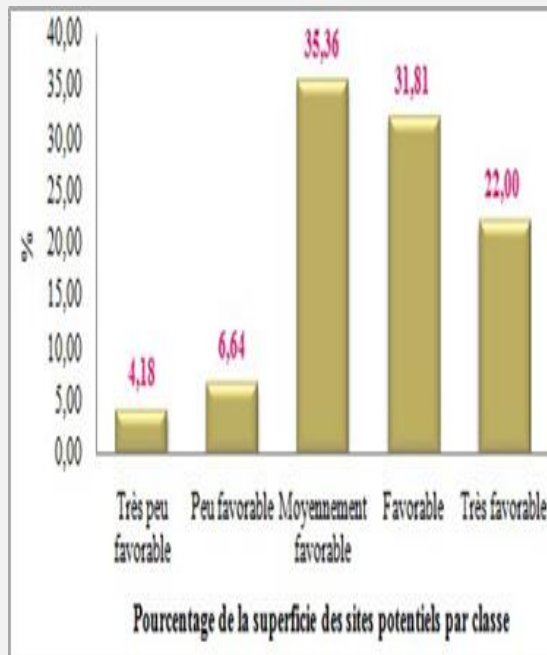
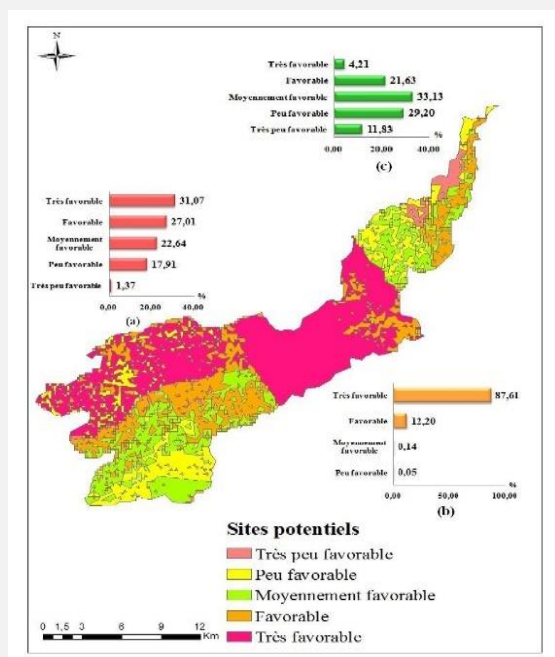


Figure 11 : Superficie des sites potentiels d'implantation des techniques de CES en se basant sur les critères socioéconomiques

#### 4.2.2. Carte d'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES

La superposition des cartes d'aptitude des critères biophysiques et socioéconomiques a permis de générer la carte d'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES dans le BV Oum Zessar (figure 12). Les sites potentielles d'implantations ont été regroupées en cinq niveaux d'adéquation, ce qui représente en hectares 14764, 8206, 6947, 5700 et 1083 ha de superficies, respectivement, très favorable, favorable, moyennement favorable, moins favorable et restreintes par rapport à la superficie totale de 36700 ha du bassin versant (Figure 13). L'analyse des résultats montre aussi que les précipitations (36 %), la pente (26 %), la texture du sol (12 %), exode rurale (34,15%) et la population (28,36%) sont les critères les plus importants dans l'identification des sites et des techniques potentielles de CES dans le bassin versant d'Oum Zessar.

Cette répartition varie d'un compartiment à un autre dans le BV pour divers raisons biophysiques et socioéconomiques. La zone amont, caractérisée par une pente forte est favorable (27,01%) à très favorable (31,07%) pour l'implantation des techniques de CES telles que les jessours, seuils en pierres sèches et les ouvrages en gabion. La zone piedmont est caractérisée par une pédologie très favorable à l'agriculture, avec une pente plus au moins faible et une profondeur du sol importante. Cette zone intercepte les eaux de ruissellement acheminées de l'amont avec une vitesse plus au moins faible favorisant l'infiltration des eaux dans le sol. En plus cette zone est caractérisée par une grande population non affectée par l'exode rural. Tous ces caractéristiques la rendent très favorable (87,61%) à l'implantation des techniques de CES. Pour la zone avale, elle est peu favorable (29,20%) à moyennement favorable (33,13%) à l'implantation des techniques de CES vu qu'elle est dominée par les sebkhas, la superficie des terres exploitables est faible par rapport à la totalité de la superficie.



**Figure 12:** Carte d'identification des sites potentiels d'implantation des techniques de CES par compartiments (a) : compartiment amont, (b) : compartiment piedmont, (c) : compartiment aval



**Figure 13.** Superficie des sites potentiels d'implantation des techniques de CES en se basant sur les critères biophysiques et socioéconomiques

## 5. Conclusion

L'identification de sites potentiels pour l'implantation des travaux de CES à grande échelle a toujours été un grand défi et nécessite des études plus approfondies. Dans cette étude, une approche méthodologique basée sur le couplage du SIG et de l'analyse multicritères et intégrant des facteurs physiques et socio-économiques est retenue pour l'identification des sites potentielles d'implantation des travaux de CES. La méthodologie proposée a été mise en œuvre dans le bassin dans le bassin d'Oued Oum Zessar, sud-est tunisien. Sept critères biophysiques (précipitations, pente, texture du sol, profondeur du sol, occupation du sol, indice de végétation : SAVI et indice de brillance du sol IB) et six critères socioéconomiques (% des ménages sans accès à l'eau potable, % ménages sous le seuil de la pauvreté, % de la population non active économiquement, population, exode rural, familiarité des agriculteurs avec les techniques de CES) ont été identifiés sur la base d'une vaste revue de la littérature. Pour chaque critère, cinq niveaux d'aptitude ont été identifiés, à savoir «très élevé», «élevé», «moyen», «faible» et «très faible». Les pondérations ont été affectées aux critères en fonction de leur importance relative en utilisant un Processus d'Analyse Hiérarchique (méthode PAH), et, enfin, la carte d'aptitude d'implantation des techniques de CES a été générée à l'aide d'un système d'information géographique. Les résultats de cette étude montrent que, les zones très peu favorable et peu favorable à l'implantation des techniques de CES occupent respectivement 2,95% et 15,53% de la zone d'étude. Par contre, les zones classées moyennement favorable et favorable occupent respectivement 18,93% et 22,36%. Les zones très favorables sont plus représentatives, elles occupent 40,23% de la surface totale de la zone d'étude. Ces résultats montrent la limite de différentes stratégies de CES conçues sous un angle purement technique qui tient en compte seulement de la composante biophysique et sans concertation avec la population locale. Ces résultats invitent à revoir les schémas d'aménagement futur de bassins versants en matière de CES et de dépasser les stratégies technicistes et d'innover en matière d'outils d'aides à la décision à savoir une intégration du système d'information géographique et de l'analyse multicritère et par une prise en compte de critères socio-économiques dans l'identification des sites et des techniques potentiels des travaux de CES à l'échelle du bassin versant.

## 6. Bibliographie

- Al-Shamiri A, Ziadat FM (2012)** Soil-landscape modeling and land suitability evaluation: the case of rainwater harvesting in a dry rangeland environment. *Int J Appl Earth Obs Geoinf* 18:157-164
- Ammar A, Riksen M, Ouessar, M, Ritsema C (2016)** Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: a review. *Int. Soil Water Conserv. Res:* 10-12.

- Bamne Y, Patil A, Vikhe D (2014)** Selection of appropriate sites for structures of water harvesting in a watershed using remote sensing and geographical information system. *Int J Emerging Technol Adv Eng* 4(11):270-275
- Kadam AK, Kale SS, Pande NJ, Sankhua RN, Pawar NJ (2012)** Identifying potential rainwater harvesting sites of a semi-arid, basaltic region of western India, using SCS-CN method. *Water Resour Manag* 26(9):2537–2554
- Kadri N (2016)** Evaluation et priorisation multicritères des travaux de CES et déterminants d'adoption dans le bassin versant d'Oued Oum Zessar. *Projet de fin d'étude, Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, Tunisie*
- Kadri N (2018)** Identification des sites et techniques potentielles de CES dans le bassin versant d'Oued Zessar : Couplage SIG-AMC. *Mémoire de master de gestion des ressources naturelles, Ecole supérieure d'Agriculture de Mograne, Tunisie.*
- Kadri N, Aichi H, Mahdhi N (2021)** Multicriteria assessment and prioritization of rainwater harvesting technique in Southeast Tunisia. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 84(1): 4835-4847
- Kahinda JM, Lillie E, Taigbenu A, Taute M, Boroto R (2008)** Developing suitability maps for rainwater harvesting in South Africa. *Phys Chem Earth* 33:788–799
- Kahinda JM, Taigbenu AE, Sejamoholo BBP, Lillie ESB, Boroto RJA (2009)** GIS-based decision support system for rainwater harvesting (RHADESS). *Phys Chem Earth Part A/B/C* 34(13):767–775
- Khan MD, Khattak M (2012)** Siting of rainwater harvesting locations in district Haripur using geographic information techniques. *Journal of Himalayan Earth Sciences* 45:2
- Krois J, Schulte A (2014)** GIS-based multi-criteria evaluation to identify potential sites for soil and water conservation techniques in the Ronquillo watershed, northern Peru. *Appl Geogr* 51:131-142
- Kumar MG, Agarwal AK, Bali R (2008)** Delineation of potential sites for water harvesting structures using remote sensing and GIS. *J Indian Soc Remote Sens* 36(4):323-334
- Louati H.M, Khanfir R, Alouini A, El Euch M.L, Mabrouk A, Frigui L (1998)** Eau XXI. Stratégie du secteur de l'eau en Tunisie à long terme (2030). *Ministère de l'Agriculture*. 84 p.
- Mahdhi N, Bachtta M, Sghaier M (2005)** Conservation des eaux et du sol et efficacité technique de l'agriculture pluviale dans la Jeffera Tunisienne. *Cas du bassin versant d'Oued Oum Zessar. New Médit* n°1, pp 52-56.
- Mahmoud SH, Alazba AA (2014)** The potential of in situ rainwater harvesting in arid regions: developing a methodology to identify suitable areas using GIS-based decision support system. *Arab J Geosci* 8:5167-5179
- Malczewsk M, Critchley W, Siegert K (2004)** *Water Harvesting*; FAO: Rome, Italy:36-39.
- MARH, 2017 : *Rapport national du secteur de l'eau*, 213 p.
- Mbilinyi BP, Tumbo S.D, Mahoo,H.F, Mkiramwinyi F.O (2007)** GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. *Earth Parts A/B/C*, 32:1074-1081.
- Rana V.K, Suryanarayana T. M. V (2020)** GIS-based multi criteria decision making method to identify potential runoff storage zones within watershed. *Annals of GIS*: 1-21
- Saaty T.L (1980)** Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Serv. Sci.*, 1: 83-98.
- Sayl KN, Muhammad NS, El-Shafie (2017)** Robust approach for optimal positioning and ranking potential rainwater harvesting structure (RWH): a case study of Iraq. *Arab J Geosci* 10:413
- Sghaier M, Mahdhi N, de Graaff, Ouessar M (2002)** Eco-nomic evaluation of water harvesting at catchment scale: An application of the FORCES MOD model. In: De Graaff J. & Ouessar M. (Eds.) 2002. *Water harvesting in Mediterranean zones: an impact assessment and economic evaluation*. TRMP paper n040, Wageningen University, The Netherlands, 101-113 pp.
- Wu R.S, Lucia G, Molina L, Hussain F (2018)** Optimal Sites Identification for Rainwater Harvesting in Northeastern Guatemala by Analytical Hierarchy Process. *Water Resources Management*, 32:4139-4153.
- Zahar Y (2007)** Priorisation multicritère sur système à référence spatiale pour l'aménagement anti-érosif des bassins versants : démarche méthodologique et étude de cas pour la presqu'île du cap bon. *New Medit* (1) : 55-63.
- Ziadat F, Bruggeman A, Oweis T, Haddad N, Mazahreh S, Sartawi W, Syuof M (2012)** A participatory GIS approach for assessing land suitability for rainwater harvesting in an arid rangeland environment. *Arid Land Res Manag* 26(4):297-311