



كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية بتونس
FACULTÉ DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES DE TUNIS
FACULTY OF HUMANITIES AT TUNIS
1958



المركز الجمعي للبحوث في الفلاحة والوحدة

LICENCE APPLIQUÉE EN GÉOGRAPHIE
SPÉCIALITÉ : AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
RAPPORT DE STAGE



ÉLABORATION D'UN WEB-MAPPING
SUR LES RESSOURCES
HYDROGÉOLOGIQUES DANS LA
RÉGION DE DJÉRID

ÉLABORÉ PAR: SAFOUANE CHIDA

ENCADREUR UNIVERSITAIRE:

BRAHIM JAZIRI

ENCADREUR PROFESSIONNEL:

LATIFA DHAOUADI

2016-2017

DÉDICACES

A MES CHERS PARENTS POUR
LEURS ENCOURAGEMENTS ET LEURS
SOUTIENS
À MON FRÈRE
À MES AMIES POUR LEUR
CONFIANCE
À TOUS LES HABITANTS DE LA
RÉGION DE TOZEUR

REMERCIEMENTS

**JE TIENS À REMERCIER TOUTES LES PERSONNES QUI ONT
CONTRIBUÉ AU SUCCÈS DE MON STAGE ET QUI M'ONT AIDÉ LORS
DE LA RÉDACTION DE CE RAPPORT.**

**TOUT D'ABORD, JE TIENS A EXPRIMER MA PROFONDE GRATITUDE
A MR.BRAHIM JAZIRI PROFESSEUR ENCADRANT POUR SON
SOUTIEN ET POUR SON AIDE.**

**MR.KAREM DASSY QUI M'A BEAUCOUP AIDÉ DANS MA
RECHERCHE DE STAGE ET M'A PERMIS DE POSTULER DANS CETTE
ENTREPRISE. SON ÉCOUTE ET SES CONSEILS M'ONT PERMIS DE
CIBLER MES CANDIDATURES, ET DE TROUVER CE STAGE QUI ÉTAIT
EN TOTALE ADÉQUATION AVEC MES ATTENTES.**

**MME.LATIFA DHAOUADI QUI M'A INSISTÉ DE FAIRE CE CHOIX
DE RECHERCHE. SON ENCOURAGEMENT PERMANENT ET SON
DYNAMISME ORGANISATEUR**

**MR.AHMED NAMSSI DIRECTEUR GÉNÉRALE DE CRRAO
DEGACHE**

**MR.AID TAKROUNI QUI M'A BEAUCOUP ENCOURAGÉ
MME.SAFA MAHJOUB INGÉNIEURE GÉOLOGIE AU CRDA
TOZEUR**

**JE TIENS ÉGALEMENT A REMERCIER TOUS MES AMIS ET TOUES
LES ÉTUDIANTS DE FSHST**

Sommaire

Introduction générale

Partie I : Cadre général de l'étude

I- Présentation de la structure d'accueil : Le Centre Régional de Recherches en Agriculture Oasienne

I. Objectif du travail

II. Définition de la cartographie sur Internet, Web mapping et SIG web

1. Cartographie sur Internet

2. Web-mapping

3. SIG Web

III. Les Ressources hydrogéologiques dans la région de Djérid

1. La région de Djérid

A. Cadre Géographique

B —Cadre climatique

C- Cadre Géologique

2. Les Ressources hydrogéologiques

A. Les Nappes phréatiques

B. Les Nappes profondes

Partie II : Les outils de travail

I. Les logiciels de traitement

1. Arcgis

2. Microsoft Excel

3. Google Maps

II. L'acquisition des données

1. Documentation bibliographique

2. Documentation cartographique

III. Le traitement des données

Partie III : Résultats : élaboration du web-mapping sur les ressources hydrogéologiques de la région de Djérid

I. élaboration du web-mapping sur les ressources hydrogéologiques de la région de Djérid

1. Les étapes de réalisation de la carte

2— Visualisation des données sur le site internet.

3— L'hébergement de la carte des ressources hydrogéologiques

4— Les composantes visualisées dans la carte web

a — Les rubriques

b — La carte des ressources hydrogéologiques dans la région de Djérid

Conclusion générale

Liste des figures

Liste des tableaux

Bibliographie

Introduction

La région de Djérid est une région naturelle semi désertique et au cœur de la gouvernorat de Tozeur. Elle est parsemée d'oasis dispersé entre deux chott , avec 1 600 000 palmiers et environ de 100 000 habitants . Economiquement , cette région constitue un important centre de production de dattes (45 000 T en 2011/2012) et a connu un développement touristiques important (36 Hôtels de lux) . Cette activité économiques est basé sur les ressources en eau pour l'irrigation et les autres activité touristiques . Malgré la conduction climatiques extrêmes (Températures élevées et précipitations annuelles faible entre 80 et 120 millimètres). Les différents secteur aiment leur besoin en eau depuis les nappes souterrains . En 2010 la découverte d'une réserve important du phosphate au nord de la région a crée une nouvelle enjeux pour la gestion des ressources hydrogéologiques de la région.

Dans l'optique d'une meilleure gestion des ressources hydrogéologiques , on a eu recours à l'utilisation des systèmes d'informations géographiques. Ces derniers capable de mémoriser la totalité de l'information disponible , faciliter la manipulation et l'interprétation des données et de visualisation unique et d'analyse géographique propre aux cartes.

Dans le présent travail, on a développé un SIG, à travers la réalisation d'une base de données qui rassemble les études théoriques et pratiques , pour simuler les principaux processus hydrogéologiques de la région de Djérid . L'utilisation des informations existantes (données géologiques hydrologiques, et hydrogéologiques) est faite de manière à permettre une généralisation spatiale de l'information hydrogéologique existante. L'objectif final du travail est la gestion durable de ces ressources .

II-Présentation de Centre Régional de Recherches en Agriculture Oasienne

Le CRRAO est un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière (EPA), sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques. Son domaine d'intervention comprend toutes les zones oasiennes.

Le centre est chargé d'effectuer tous les Travaux de recherche et d'expérimentations en agriculture oasienne. Il est chargé notamment d'effectuer les missions suivantes :

*déterminer, programmer et exécuter tous les travaux de recherche et d'expérimentations relatifs aux systèmes de production agricole dans les zones oasiennes.

*Réunir et étudier toutes les ressources génétiques dont l'utilisation et la culture présentent un intérêt pour les zones oasiennes.

*Créer des variétés végétales et améliorer les races animales adaptées aux conditions oasiennes.

*Améliorer les systèmes de production par la mise au point des techniques et des méthodes appropriées.

*Étudier la conservation, la transformation et l'utilisation des produits agricoles oasiens.

*Effectuer toute recherche à caractère technique, économique et sociologique intéressant le milieu oasien et son environnement.

*Contribuer au transfert de technologie et renforcer davantage la liaison avec le cercle de vulgarisation.

*Participer aux cercles de la formation continue au profit des techniciens et à la formation des agriculteurs.

*Participer à la formation à distance dans les domaines de spécialité.

*Encadrer les stages des étudiants, les projets de fin d'études et les études de troisième cycle et de doctorat. (source : <http://www.crraodegache.agrinet.tn>)

Partie I : Cadre général de l'étude

I. Objectif du travail :

Ce travail a pour but : le développement d'un Web-mapping des aquifères de la région de Djérid.

II. Définition de la cartographie sur Internet, Web-mapping et SIG web :

La cartographie est l'art, la technique et la science de l'élaboration des cartes. Elle permet la représentation géographique des éléments naturels et artificiels d'un territoire, tels qu'une route, une rivière, un lac, dans un système de coordonnées terrestres. Une carte est toujours présentée à une échelle précise, qui varie selon le détail ou la portion de territoire à représenter. (source :<http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/education/cartographie.asp>)

1— Cartographie sur internet :

La cartographie sur Internet est un ensemble d'opérations qui a comme objectif, l'élaboration, la rédaction et l'élaboration des cartes. (Sources : Larousse dictionnaire français)

2— Web-mapping :

Le Web-mapping regroupe l'ensemble des technologies e d'afficher une carte par internet. Le Web-mapping permet donc en fonction d'une requête d'un client au serveur cartographique de retourner les données désirées sous forme d'une carte

(sources:<http://geotribu.net/node/149>).

3-SIG web :

« Système informatique géographique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace (sources : [Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989] ».

Un SIG est définie comme étant une discipline scientifique, d'une façon générale un SIG est un ensemble de procédures informatisées qui offre aux professionnels des fonctions adaptées pour le stockage, l'extraction, le traitement, et l'affichage des données a référence géographique (Sources:Cours SIG 3ème géographie appliquée Mme Aziza Ghram).

III. Les Ressources hydrogéologiques dans la région de Djérid

1. La région de Djérid

Ibn khaldoun décrit le Djérid comme étant : « Le Bled el Djérid (pays des palmes) est une région du Bas Sahara, au Sud-Ouest de la Tunisie, comprenant un ensemble d'oasis situées sur la bordure nord-ouest du Chott du même nom, la plus grande des sebkhas du Maghreb. Au Moyen Age, la région est appelée "pays de Qastîliya" dont la richesse a été vantée par de nombreux géographes arabes. Selon les auteurs, le terme de Qastîliya se réduit à la seule oasis de Tozeur qui en est le chef-lieu ou le plus souvent à l'ensemble des oasis du Djérid (Nefta, Tozeur, El Oudiane, El Hamma), mais elle peut aussi englober, comme le "Bled el Djerid" lui-même — le Nefzaoua et Gafsa ou quelquefois même la région de Gabès » (Léon l'Africain, 1986).

A. Cadre Géographique

Se superficie totale de 5 593 km², soit 3.6 % de la superficie de la Tunisie. Elle se localise au sud-ouest de la Tunisie. Cette région est limitée par la frontière algérienne jusqu'au la chaîne montagneuse du Nord de chott dans la partie Ouest et rejoint au nord — Est la chaîne Metlaoui-Gafsa et au Sud la plaine de Nefzaoua (kebili) qui est une partie du grand Erg oriental saharien.

Le Djérid est caractérisé par deux vastes dépressions dites chott el Gharsa et chott Djérid. De plus cette région est bénéficiée par des oasis continentales occupant les deux flancs nord et sud de l'anticlinal de Draa Djérid

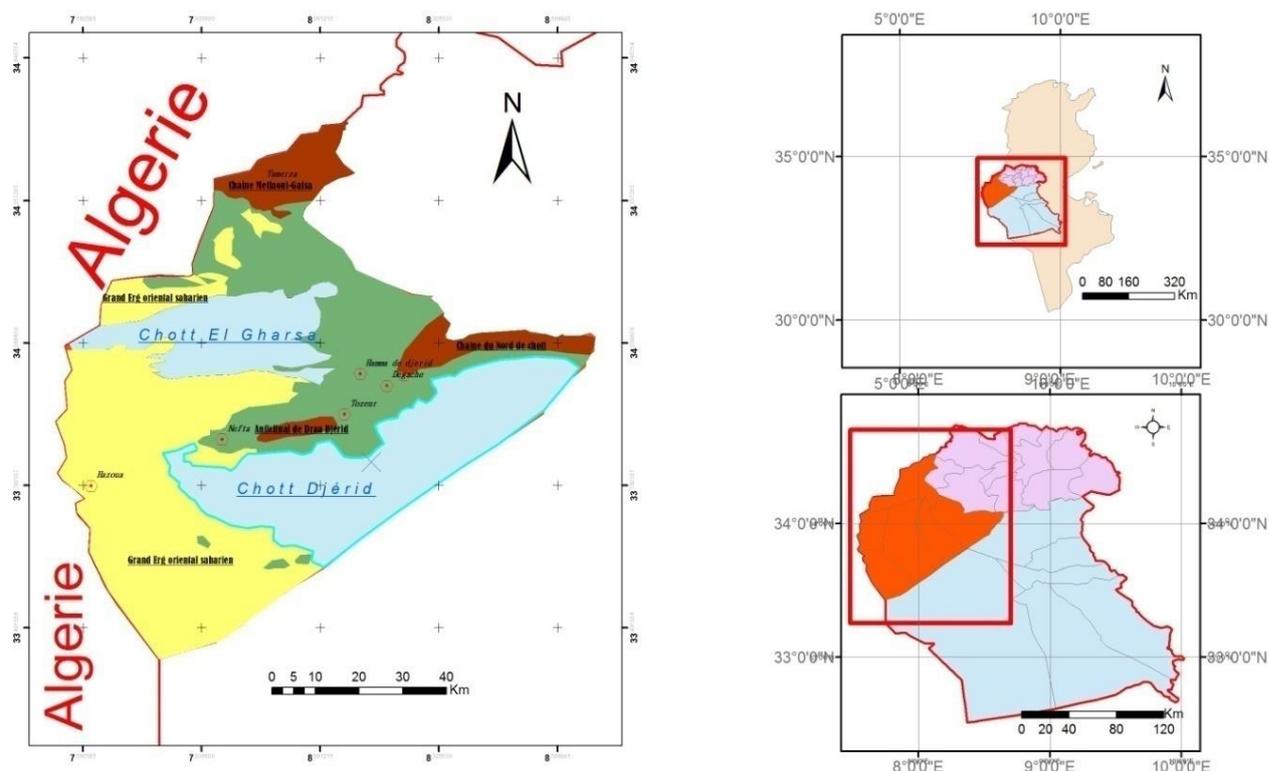


Figure 1: Carte de localisation

B- Cadre climatique

Le Djérid se situe à la limite des étages méditerranéens arides inférieurs et méditerranéens supérieurs.

Pour mieux cerner les différents paramètres climatiques, on s'est basé sur les données relevées à la station de Tozeur.

La température :

La région de Djérid est caractérisée par des températures élevées. En effet, la moyenne annuelle dépasse 20°C. Le régime saisonnier est très contrasté puisque la température moyenne du mois le plus chaud (juillet) est supérieure à 32°C et celle du mois le plus froid (janvier) est de l'ordre de 12 °C. L'amplitude thermique annuelle se situe aux alentours de 20°C. L'amplitude thermique entre les moyennes mensuelles maxima et minima avoisine 33°C. L'été est chaud avec des températures supérieures à 25°C à partir du mois de mai. La

moyenne des maxima du mois le plus chaud se situe au-dessus de 40°C. L'hiver est doux avec des températures moyennes mensuelles toujours supérieures à 10°C.

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nov	Déc
T ° Mini	0	0	3	1	11	14	19	19	15	10	2	1
T ° Max	26	31	40	40	46	47	48	48	45	40	33	27
T ° Moy	12	14	18	22	26	30	33	33	29	25	18	13

Tableau 1 : Répartition mensuelle de la Température

[\(<http://www.infoclimat.fr2000-2017>\)](http://www.infoclimat.fr2000-2017)

Les précipitations :

Le Djérid ne bénéficie que de très faibles volumes pluviométriques annuels. En effet, tout le territoire situé au sud de la limite septentrionale du Chott el Gharsa reçoit des quantités inférieures à 100 mm par an.

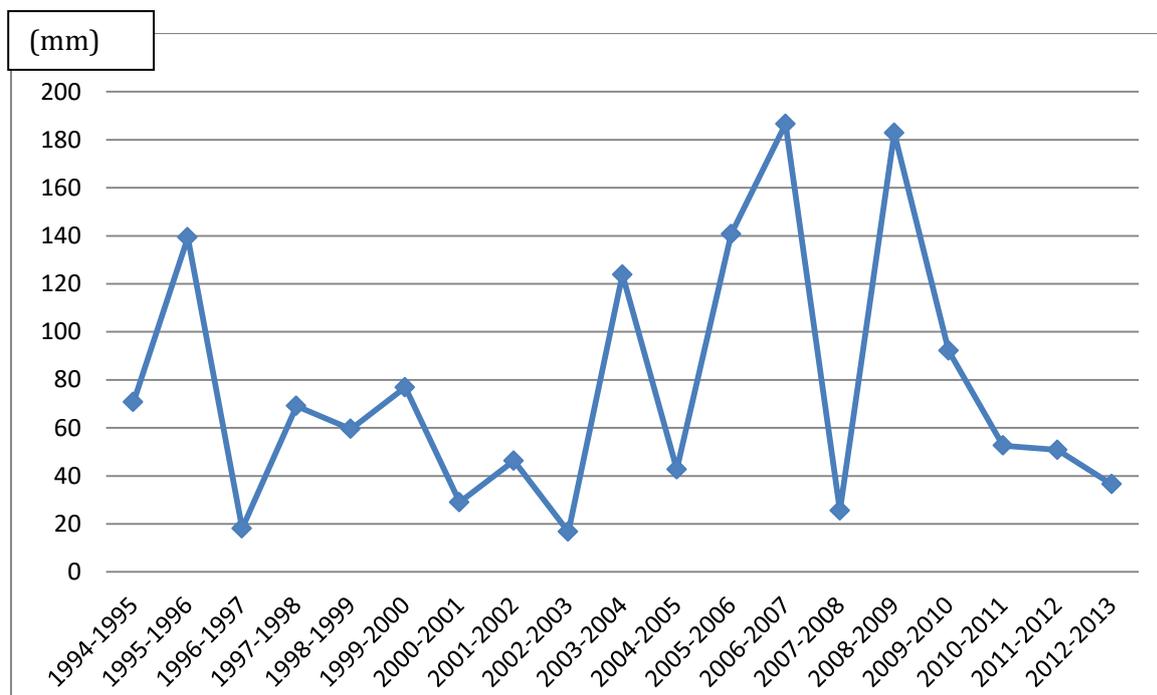


Figure2 : Évolution de la pluviométrie moyenne annuelle de la région de Tozeur

[\(1995-2013\) \(CRDA Tozeur\)](#)

La faiblesse de la pluviométrie dans la région est conjuguée à une variation interannuelle. En effet, le total annuel le plus fort observé entre 1995 et 2013 a atteint 186 mm pour le secteur de Tamerza et 100 mm pour le reste du gouvernorat. Par contre, le total annuel le plus faible pour la même période est de 20 mm pour l'ensemble du gouvernorat.

Le nombre de jours de pluie par an est faible. Il est inférieur à 20 pour la moitié sud du gouvernorat. Cependant, il est compris entre 20 et 30 pour la moitié nord du gouvernorat.

Mois	Sep.	Oct.	Nov	Déc.	Jan.	Fév	Mar	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aou.
Pluviométrie (mm)	6,6	29,2	19,6	40,1	9,8	1,3	16,2	21,5	1,8	1,9	-	4,4

Tableau 2 : Répartition mensuelle de la pluviométrie (année 2003/2004) (Station de Tozeur)

Ces précipitations sont variables dans l'espace. Elles décroissent en allant vers le Sud et l'Est. Elles varient beaucoup d'une année à l'autre.

La répartition saisonnière des pluies fait apparaître l'automne comme étant la saison la plus pluvieuse suivie de l'hiver et du printemps. L'été est une saison sèche. La saison des pluies débute relativement tard pour l'ensemble du gouvernorat de Tozeur, en effet, la date du début de la saison des pluies se place à la troisième décennie de septembre pour la partie méridionale du gouvernorat et à la deuxième décennie de septembre pour la région située au nord de chott el Gharsa. Par ailleurs, la fin de la saison des pluies est précoce. (CRDA Tozeur, 2004)

L'humidité de l'air :

L'humidité relative de l'air ou l'hygrométrie dépasse rarement 50 % (Mamou, 1981). La région de Djérid se caractérise par une répartition saisonnière présentée dans le tableau :

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Humidité relative en (%)	51,5	64,8	44,3	36,2

Tableau 3 : Répartition saisonnière de l'humidité relative de l'air (station de Tozeur, 2000)

La moyenne annuelle de l'humidité de l'air est de l'ordre de 49 %.

La saison la plus sèche est l'été avec 36,2 %, celle la plus humide est l'hiver avec 64,8 %

L'insolation :

La région de Djérid se caractérise par une durée d'ensoleillement importante qui varie de 6 heures à 11 heures par jour. Cette variation est fonction de la latitude et de la saison.

La durée d'insolation varie d'un mois à un autre et d'une saison à une autre. Elle est maximale en juillet et minimale en janvier (Tozeur) avec 191,5 heures.

Le rapport entre l'insolation moyenne mensuelle maximale et l'insolation moyenne mensuelle minimale est presque égal à 2, ce qui est considérable pour engendrer une importante évapotranspiration.

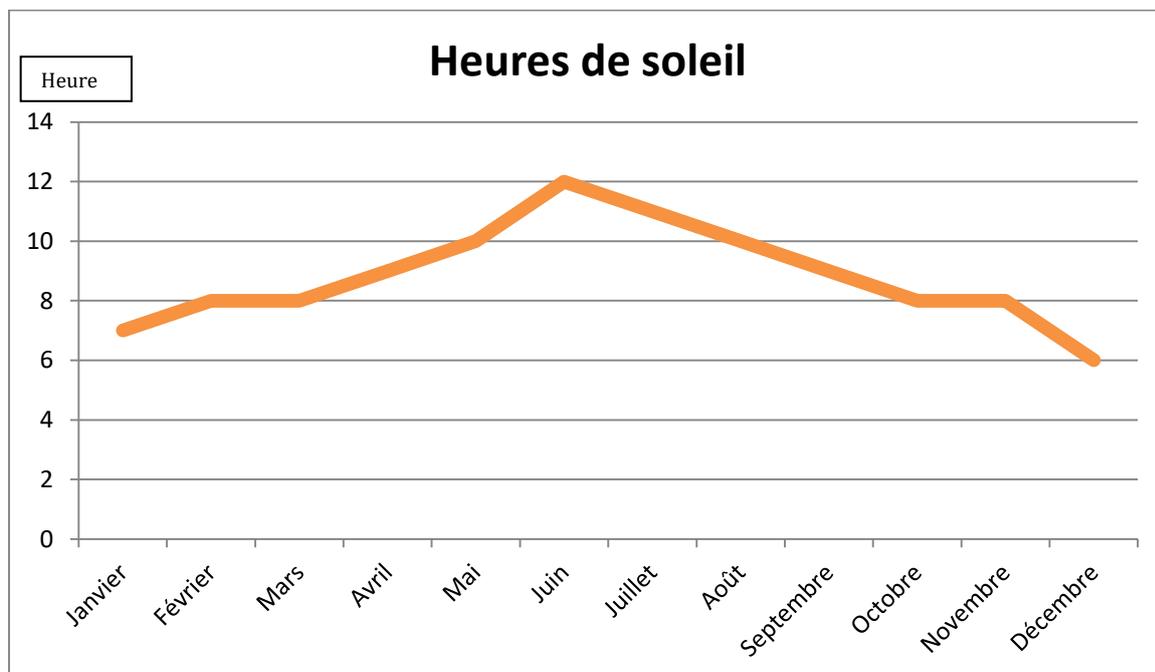


Figure3 : Courbe d'Heure de soleil en de la région de Tozeur (Tempuratureweather.com 2009-2017)

A-Cadre Géologiques

La région est constituée d'une couverture sédimentaire allant du crétacé inférieur au quaternaire. Elle se caractérise par des affleurements du crétacé inférieur présentant un faciès continental et lagunaire où dominent les argiles et les marnes avec des intercalations des roches compactes.

Le reste du crétacé présente un faciès plutôt marin avec grès ou sable, mais surtout alternance régulière de marne et du calcaire dolomitique puis crayeux à siliceux.

L'éocène est une pellicule mince et locale constituée essentiellement par une alternance de marne et de calcaire avec des bancs de gypse.

Le mio-pliocène gréseux, argilosableux et marneux est le plus souvent gypseux à son sommet.

Le quaternaire est formé par des alluvions anciennes, les croûtes gypseuses et calcaires et par les différentes formes dunaires.

Sur le plan structural, la région constitue une zone de transition entre le système atlasique (les deux chaînes de montagnes du gouvernorat) et le début du système saharien. Les Chotts sont des anciennes zones de subsidence, ils constituent le contact entre ces deux systèmes. (Atlas de Tozeur, 2010).

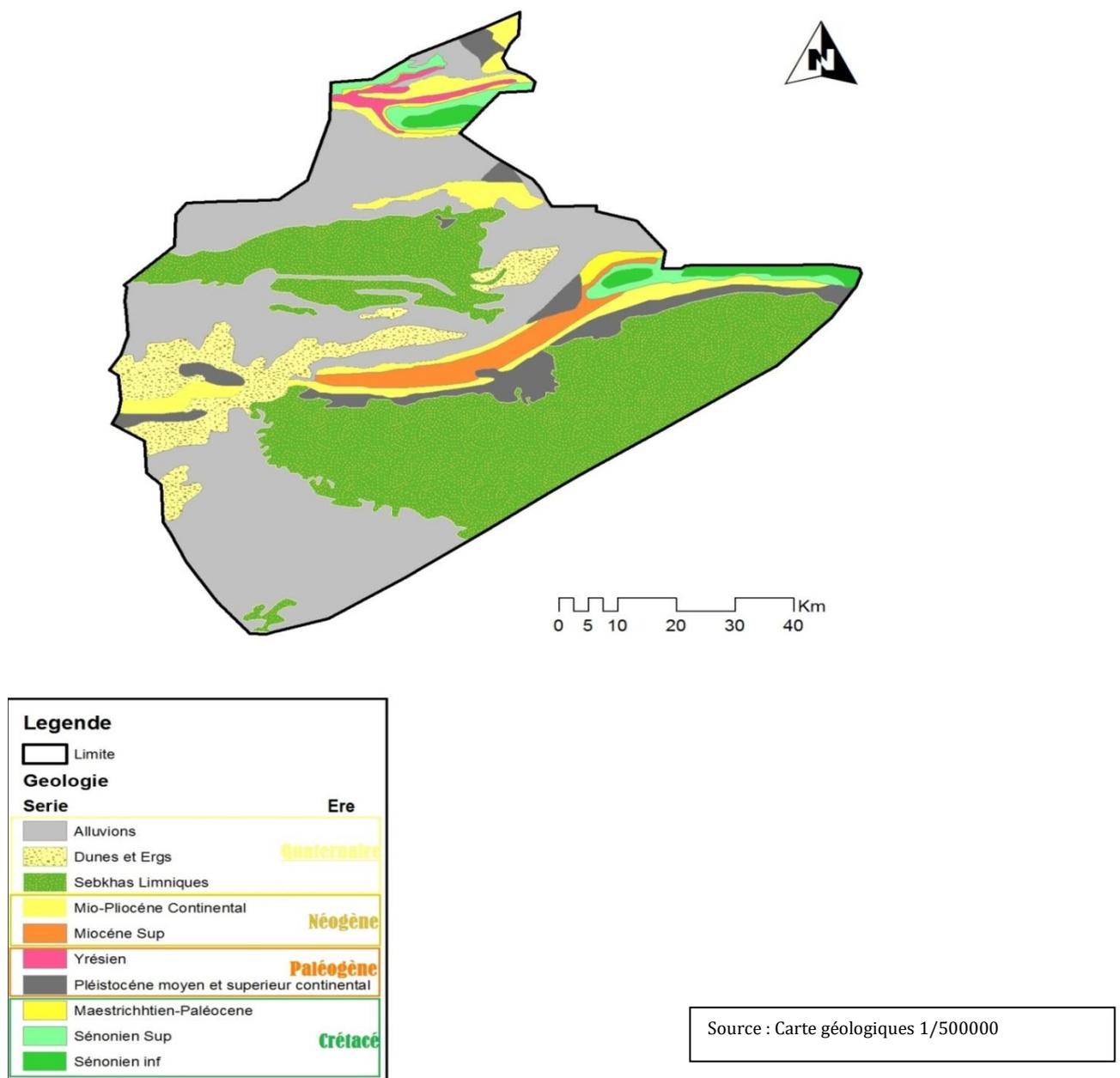


Figure 4: Carte Géologiques de la région de Djérid

2. Les Ressources hydrogéologiques

Les deux grandes nappes sahariennes, celle du Complexe terminal et du Continental intercalaire par leurs dimensions s'étendant sur l'ensemble de la carte faisant du Djérid et de la Nefzaoua une continuité hydrogéologique, bien que différenciée

De point de vue lithologie et géométrie du réservoir.

À ces 2 grandes ressources hydrauliques principalement connues dans le Sahara Tuniso-Algérienne s'ajoutant les nappes phréatiques localisées au niveau des oasis et qui sont négligées pour leur qualité chimique médiocre. Ces nappes correspondent à la nappe du Djérid et la nappe de Chott El Gharsa.

B- Les Nappes phréatiques

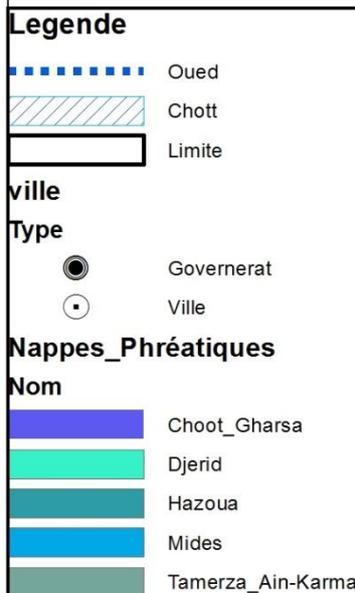
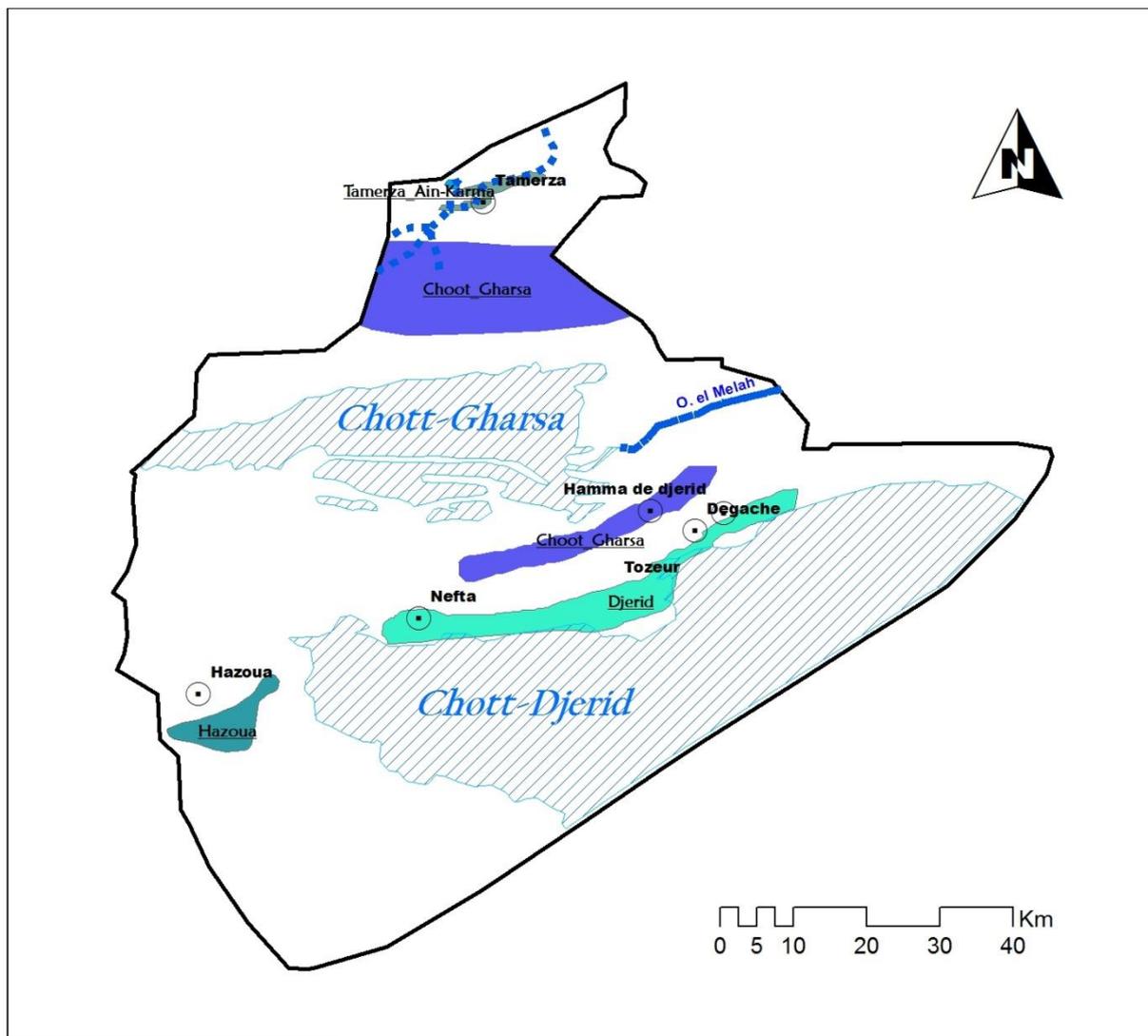
➤ Definition:

Les nappes phréatiques sont celles situées à une profondeur inférieure à 50 m (code de l'eau, 1975).

En général, les nappes phréatiques des oasis du Djérid sont des nappes de types oasis, alimentées essentiellement par le surplus d'eau d'irrigation qui n'est pas utilisée par les plantes et qui s'infiltré à travers la couverture sableuse pour constituer un plan d'eau retenu par les argiles imperméables du Pontien supérieur. Par extension, on définit ces nappes comme étant le premier aquifère rencontré à partir de la surface appartenant au PLio-Quaternaire et qui est susceptible d'être exploité par puits.

Dans la région du Djérid, on trouve 5 nappes phréatiques

- La nappe phréatique du Djérid
- La nappe phréatique de Chott El Gharsa
- La nappe phréatique du Tamzera-Ainkarma
- La nappe phréatique du Hazoua
- La nappe phréatique de Mides



Sources: CRDA Tozeur

Figure 5 : Les Nappes phréatiques de la région de Djérid

B. Les Nappes profondes

➤ Définition :

Les Nappes profondes sont celles situées à une profondeur supérieure a 50 m (Code de l'eau, 1975)

		TUNISIE		Djérid	
		lithologie	Formation		
Quaternaire		*****			
Mio-Pliocene			Ségui		
		*****	Beglia		
Eocene	Eocene moyen	▲▲▲			
	Eocene inférieur	■ ■ ■ ■ ■	Mettaoui		
Paleocene			El Haria		
Crétacé supérieur	Sénonien supérieur	Maestrichien	■ ■ ■ ■ ■	El Abiod	
		Santonien	▲▲▲	Aleg	
	Sénonien inférieur		■ ■ ■ ■ ■	Zebbag supérieur	
	Turonien		■ ■ ■ ■ ■		
	Cénomaniens		▲▲▲	Zebbag moyen	
Crétacé inférieur	Albien	■ ■ ■ ■ ■	Ain El Guettar		
	Aptien	■ ■ ■ ■ ■			
	Barrémien	*****	Série Merbah el		
	Néocomien	*****	Asfer		
Jurassique	Malm	Kimmeridgien		Merbah basal	
		Callovo-Oxfordien	■ ■ ■ ■ ■	Foum Tataouine	
	Dogger	Bathonien	■ ■ ■ ■ ■	Khechaoua	
	Lias		▲▲▲	Mestaoua	
Trias	Keuper	▲▲▲	Salifère inférieur		
	Mushelkalk	■ ■ ■ ■ ■	Rehach		
	Bundstandstein	*****	Trias gréseux		
Carbonifère					
Devonien					
Silurien					
Cambro-Ordovicien					

 argile	 grès argileux	 grès et calcaire	 dolomie	 aquifère
 évaporite	 grès	 calcaire	 marne	 aquifère CI

Figure 6 : Les Formations géologiques et l'aquifère de la région de Djérid (Jade Oriane Petersen,2014)

Dans la région du Djérid en se trouve 3 nappes profondes :

A-La nappe du Plio-Quaternaire :

Cette nappe se trouve entre le Djérid et chott el Gharsa Nord dont elle est renfermée par les niveaux sableux et sablo-argileux d'épaisseur et de profondeur variables de part et d'autre des flancs du Draa Djérid. Cinq forages ont été réalisés sur le flanc sud de l'anticlinal de Draa Djérid et un forage récemment réalisé sur le flanc Nord. De même et au Nord de chott el Gharsa cette nappe a été suivie par quatre forages de reconnaissances (Moumni et Horriche, 1998).

B-La nappe du Complexe Terminale :

On désigne par le terme « complexe terminal » un ensemble aquifère multicouche emmagasiné dans des formations géologiques perméables qui s'étendent du Sénonien jusqu'au Mio-Pliocène. Ces aquifères sont séparés par des couches semi ou peu perméables. Cette nappe se trouve partagée entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye et couvre une superficie de l'ordre de 350 000 km². Tant sur le plan quantité et/ou qualité, cette nappe constitue une ressource en eau de premier plan utilisée essentiellement pour l'agriculture. (SASS, 2003)

C-La nappe du Continental intercalaire :

La nappe du Continental intercalaire constitue un important système aquifère. Elle couvre une grande partie du Sahara algéro-tunisien et s'étend sur une superficie allant jusqu'à 600 000 km². Cet aquifère est le plus profond dans le Sud tunisien. Dans le Djérid, la nappe du CI est logée dans les séries gréseuses et argilo-gréseuses de la formation de Sidi Aïch d'âge Barrémien-Aptien avec une épaisseur variant de 120 à 150 m. Dans la région du Sillon des Chotts, le Continental intercalaire est un ensemble aquifère multicouche homogène (UNESCO, 1972)

Partie II : Les outils de Travail

2. Les Logiciels de Traitement

Ce travail exploite des technologies comme les SIG, la cartographie et intégration des données dans une Base de données aussi que des méthodes quantitatives et qualitatives

A-Arcgis

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. ArcGIS est utilisé pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs

(Source:<http://resources.arcgis.com/>)

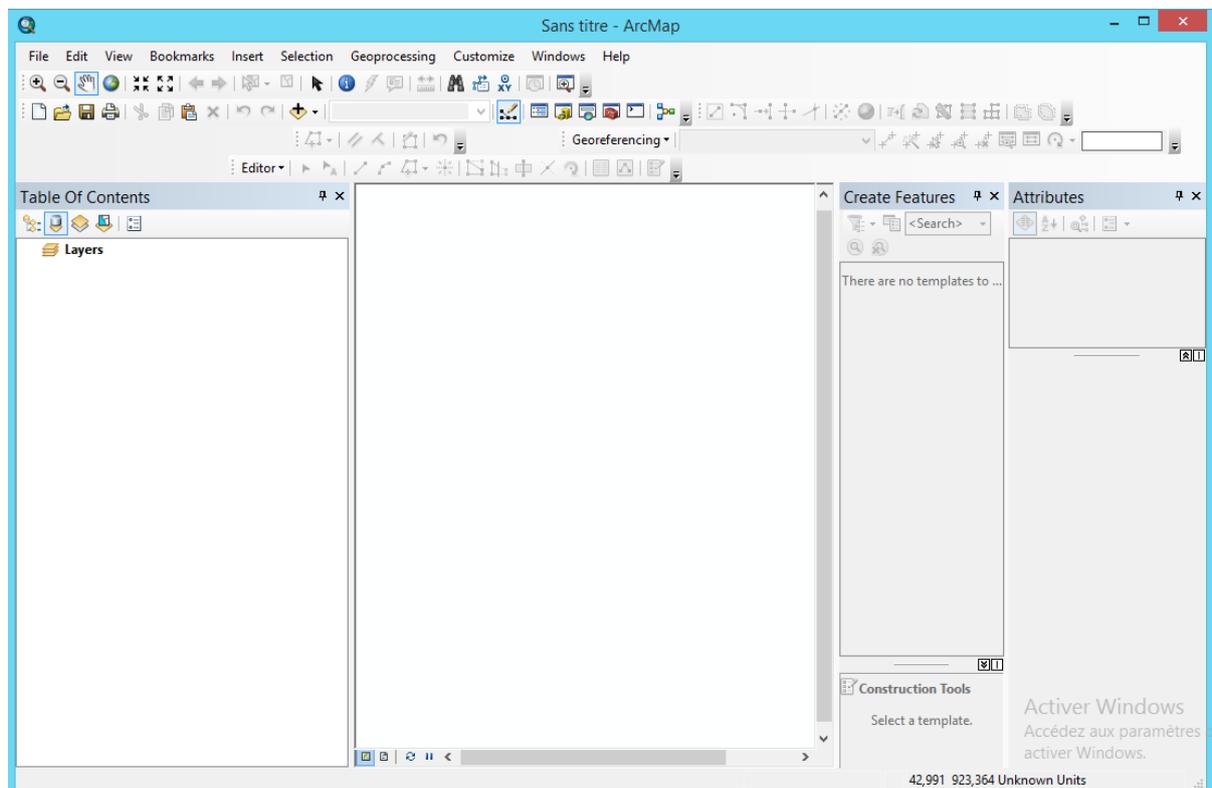


Figure7: Interface de ARCmap 10.4

B-Microsoft Excel

Microsoft Excel est un logiciel tableur, appartenant à la suite bureautique Microsoft Office, développée et distribuée par l'éditeur Microsoft. Microsoft Excel est un tableur électronique qui fonctionne sous Windows et sous Mac OS. Un tableur est un outil qui permet de produire des documents professionnels tout en réalisant des calculs de manière précise et rapide. Ces calculs sont mis à jour à chaque modification. Excel offre de nombreux avantages comme :

- une saisie rapide et précise des données.
- un calcul facile des données.
- création des Bases de données pour la jointure avec Arcmap
- une modification de la présentation des données
- une Création de graphiques...

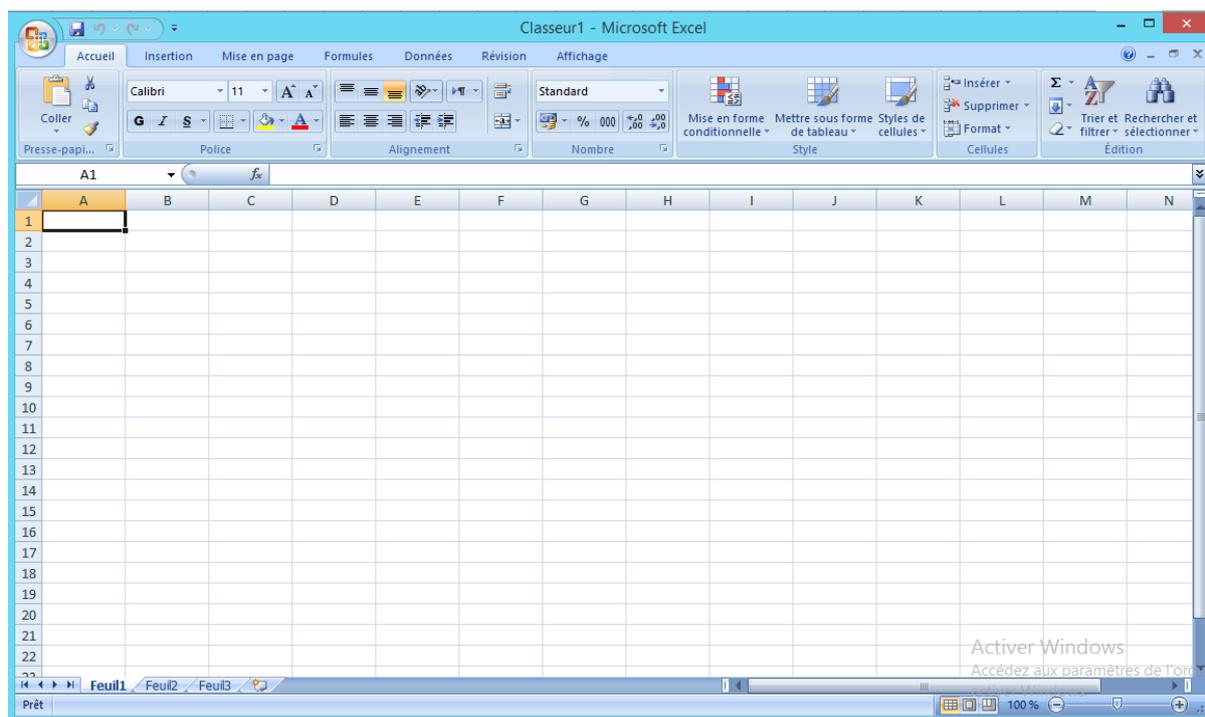


Figure 8: Interface du logiciel Microsoft Excel

C-Google Maps

Google Maps est un service gratuit de cartographie en ligne. Le service a été créé par Google. Le service a été lancé en 2004 aux États-Unis. L'application Google Maps est principalement :

- Un service de visualisation cartographique.
- Un service d'informations personnalisées et géolocalisées.
- Un service de navigation GPS par guidage vocal et visuel appelé familièrement « GPS ». Une visionneuse de vues panoramiques des rues (par l'application associée Street View).
- Une visionneuse cartographique en 3D (par l'application associée Earth).
- Une galerie de photos géolocalisées prises par des internautes.

L'application Google Maps permet d'afficher les cartes telles que :

- une carte avec relief de style état-major.
- Une vue satellite avec effet de perspective.
- Une vue 3D.
- Une carte avec l'état du trafic.
- Une carte représentant des pistes cyclables.

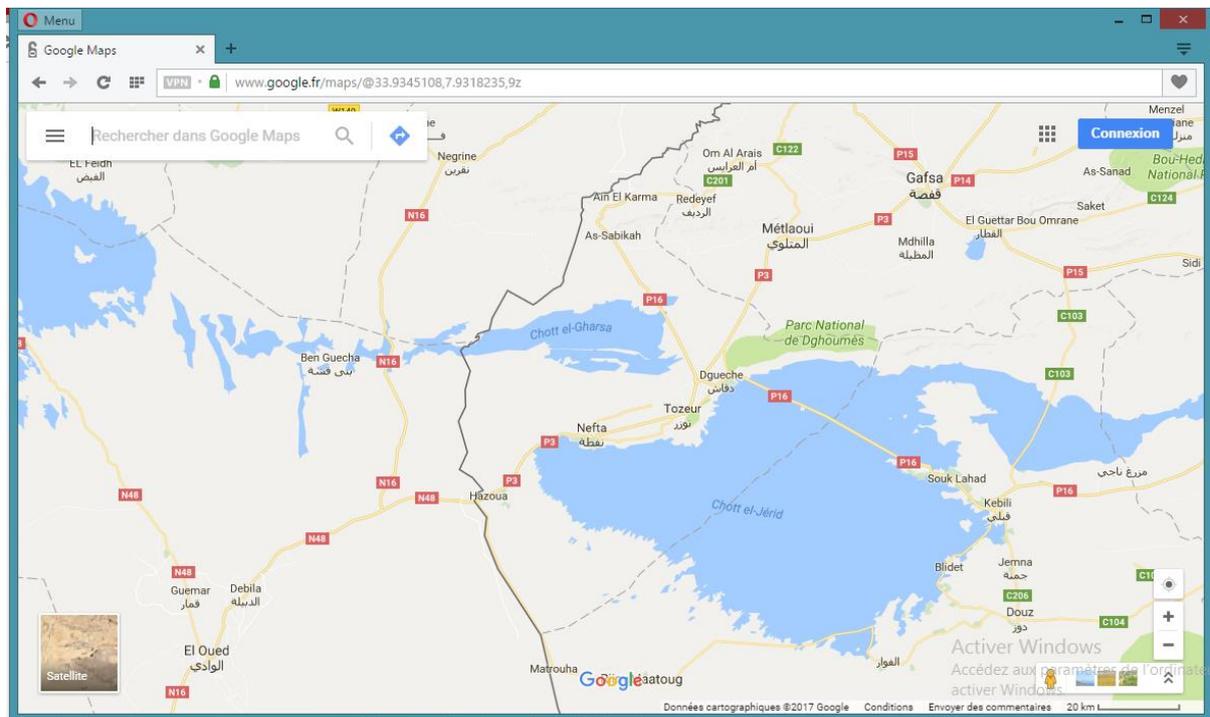


Figure 9 : Interface de l'application Google Maps

3. Documentation bibliographique

Il s'agit des études internationales (SASS, UNESCO...) thèses doctorat et rapports d'étude de Direction générale de l'Eau

4. Documentation cartographique

On a utilisé également les cartes des ressources hydrogéologiques et carte géologique 1:500000. L'application Google earth nous a permis de corriger les coordonnées géographiques de certaines cartes.

III-Traitement des Données

La saisie des données a été effectuée par le logiciel Microsoft Excel.

Variable	Définition
Nom	Nom de la nappe phréatique
Localisation	La localisation géographique de la nappe
Roche-réservoir	La roche qui contient le réservoir d'eau
Volume d'eau	Volume d'eau contenu au niveau de la nappe (estimation)
Salinité	La quantité de sel en Gram dissout dans un litre d'eau
Superficie	Superficie de l'aire d'extension
Épaisseur	L'épaisseur de réservoir d'eau souterrain

Tableau 4 : Les variables de la base de données des nappes phréatiques et leurs définitions

Variable	Définition
ID	Identification de forage
Altitude	L'Altitude de tête du forage par rapport au niveau de la mer mesurée en mètres
Profondeur	La profondeur du réservoir d'eau en mètres
Captage	Le niveau de l'eau du réservoir
pH	<p>Le potentiel hydrogène, noté pH, est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogène H⁺</p> <ul style="list-style-type: none"> • une solution de pH = 7 est dite neutre • une solution de pH < 7 est dite acide plus son pH diminue, plus elle est acide • une solution de pH > 7 est dite basique, plus son pH augmente, plus elle est basique

Tableau 5 : Les variables de la base de données des forages CT et leurs définitions

Variable	Définition
N° IRH	Identification de forage
Année de Création	La date de création du Forage selon le CRDA Tozeur
Profondeur (m)	La profondeur du réservoir d'eau en mètres
T°C	Température de l'eau du forage
Q (L/S)	débit de l'eau du forage en Litres par seconde
Salinité (g/L)	La quantité de sel en Gram dissout dans un litre d'eau
pH	<p>Le potentiel hydrogène, noté pH, est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogène H⁺</p> <ul style="list-style-type: none"> • une solution de pH = 7 est dite neutre • une solution de pH < 7 est dite acide plus son pH diminue, plus elle est acide • une solution de pH > 7 est dite basique, plus son pH augmente, plus elle est basique

Tableau 6: Les variables de la base de données des forages CI et leurs définitions

Partie III : Résultats:

**Élaboration d'un Web-mapping sur les
ressources hydrogéologiques dans la région
de Djérid**

I.Elaboration du Web-mapping sur les ressources hydrogéologiques de la région de Djérid

1. Les étapes de réalisation de la carte

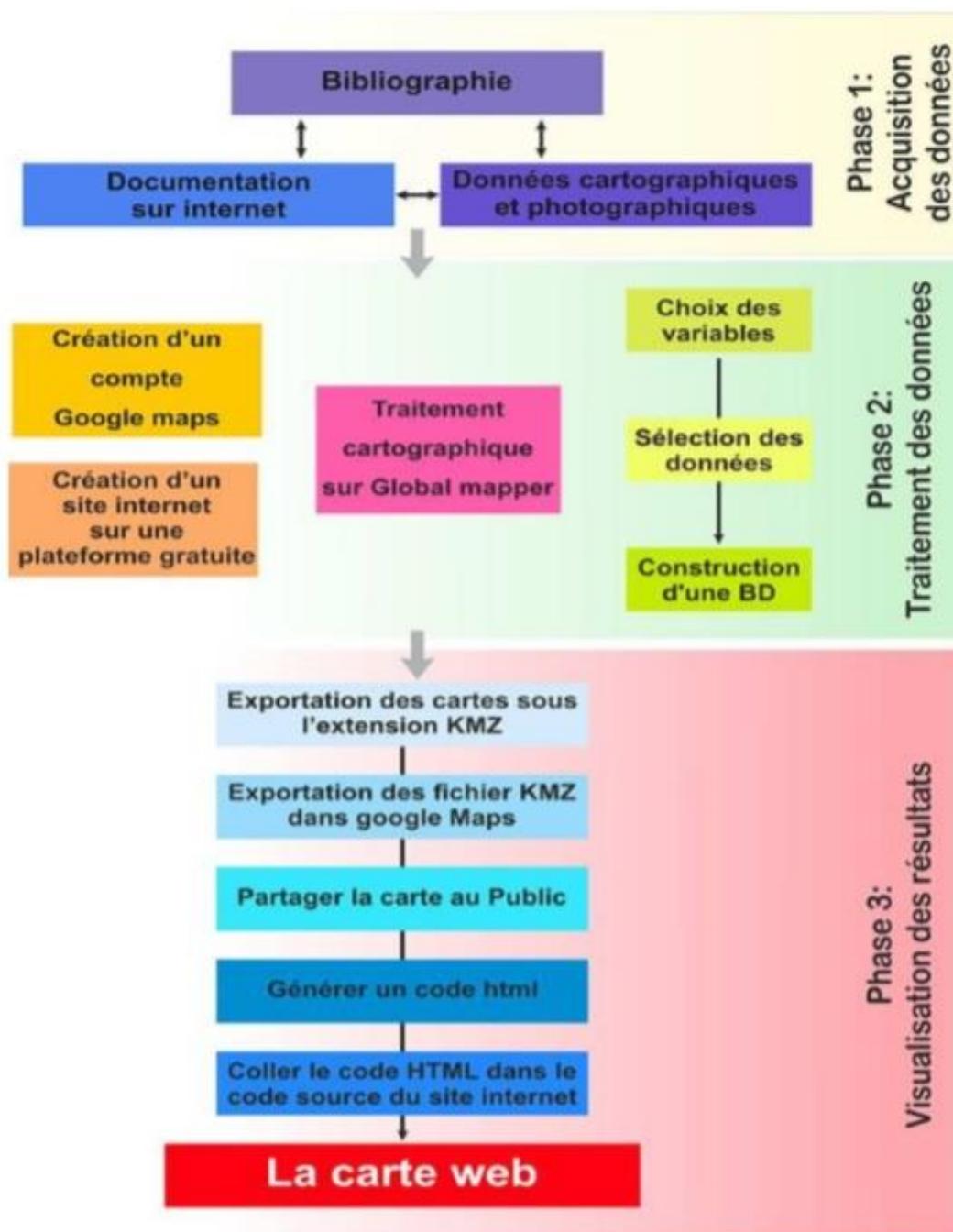


Figure 10 : Les étapes de réalisation de la carte (Hiba selmi, 2016)

L'élaboration du Web-mapping des ressources hydrogéologiques besoin de données pour donner une idée sur la qualité d'eau du forages CT

Id	altitude (m)	profondeur (m)	Captage (m)	PH
9	12	805	666-739	7,5
10	38	375	323-361	7,4
16	43	423	285-380	7
17	32	630	507-578	8
21	28	354	285-342	7,7
20	30	415	320-400	8,1
18	71	104	56-104	7,2
22	45	623	544-586	7,3
12	38	550	443-789	8

Figure11 : Préparation des données sur Excel (Forages CT)

L'élaboration du Web-mapping des ressources hydrogéologiques besoin des données pour donner une idée sur la qualité d'eau de la nappe forages CI

N°IRH	Année Créat	Profondeur (m)	T°C	Q (L/S)	Salinité (g/L)	PH
19224	1985	2205	68	22	2,68	6,89
20702	1999	2160	66	8	4,5	7,02
19084	1983	2154	72	25	3,2	6,81
19227	1985	2545	76	9	3	6,87
20816	2000	2269	71	20	3	6,72
19260	1985	1700	73	25	2,4	6,73
19396	1986	1613	76	16	2,74	6,85
19792	1993	1531	69	25	1,9	6,83
19039	1981	1445	69 *		3	6,6
20363	1998	2225	68	5	1,7	6,84
21022	2002	2570	76	50	1,8	6,7

Figure12 : Préparation des données sur Excel (Forages CI)

On enregistre le tableau Excel au format Texte (Séparateur : Tabulation)

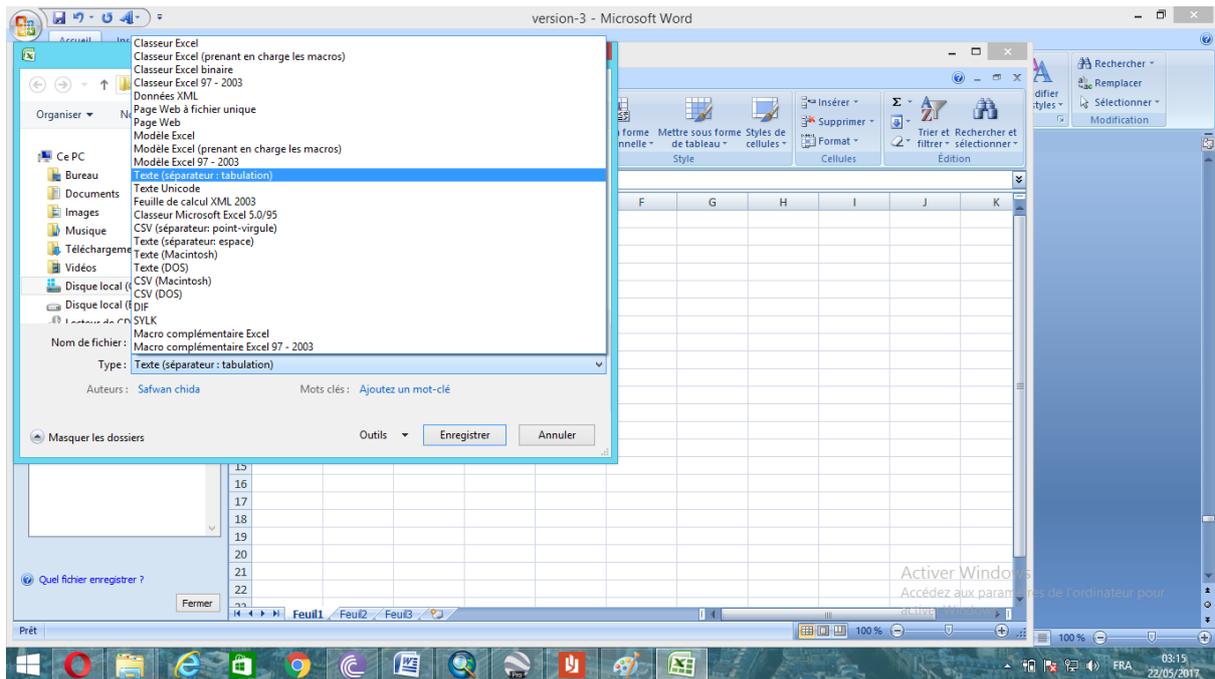


Figure 13: Enregistrement du tableau Excel

Lancer le logiciel ArcMap :

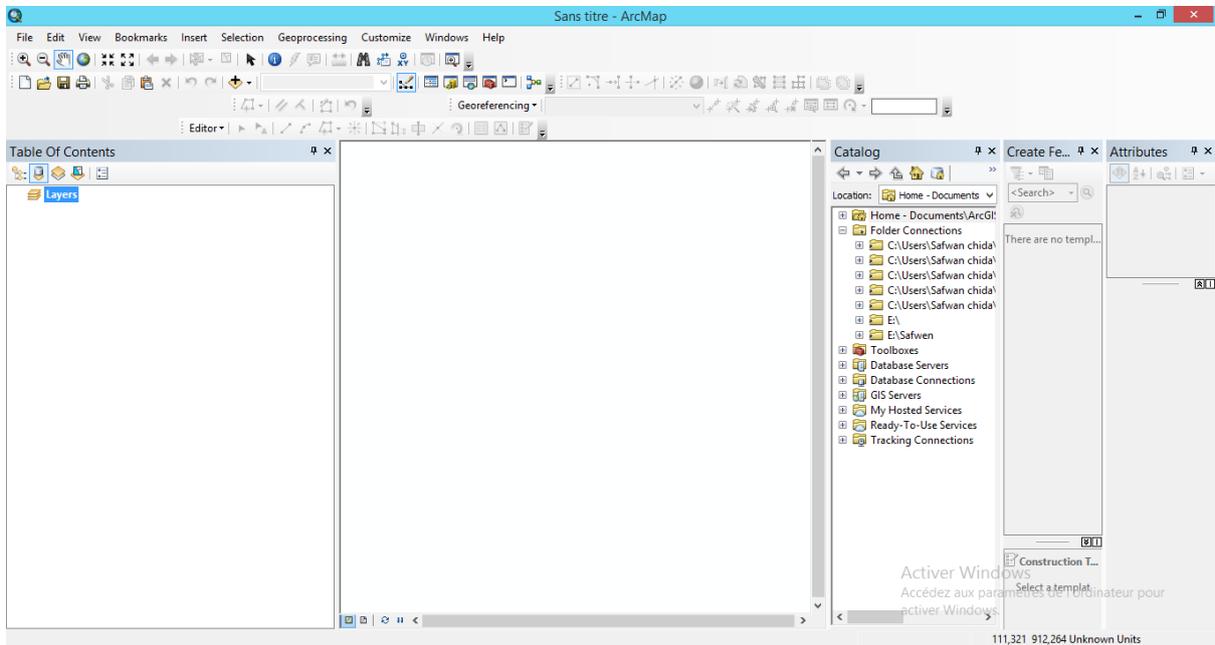


Figure 14 : Interface du Logiciel ArcMap

Ajouter la carte de travail :

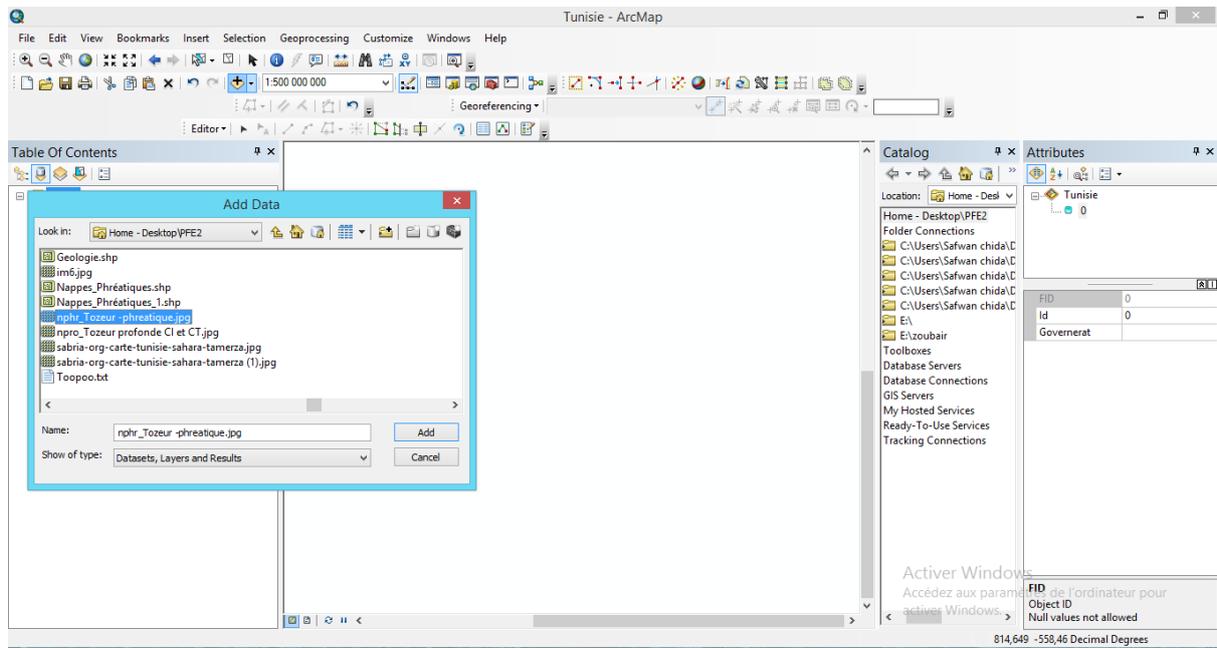


Figure15 : Importation de la carte

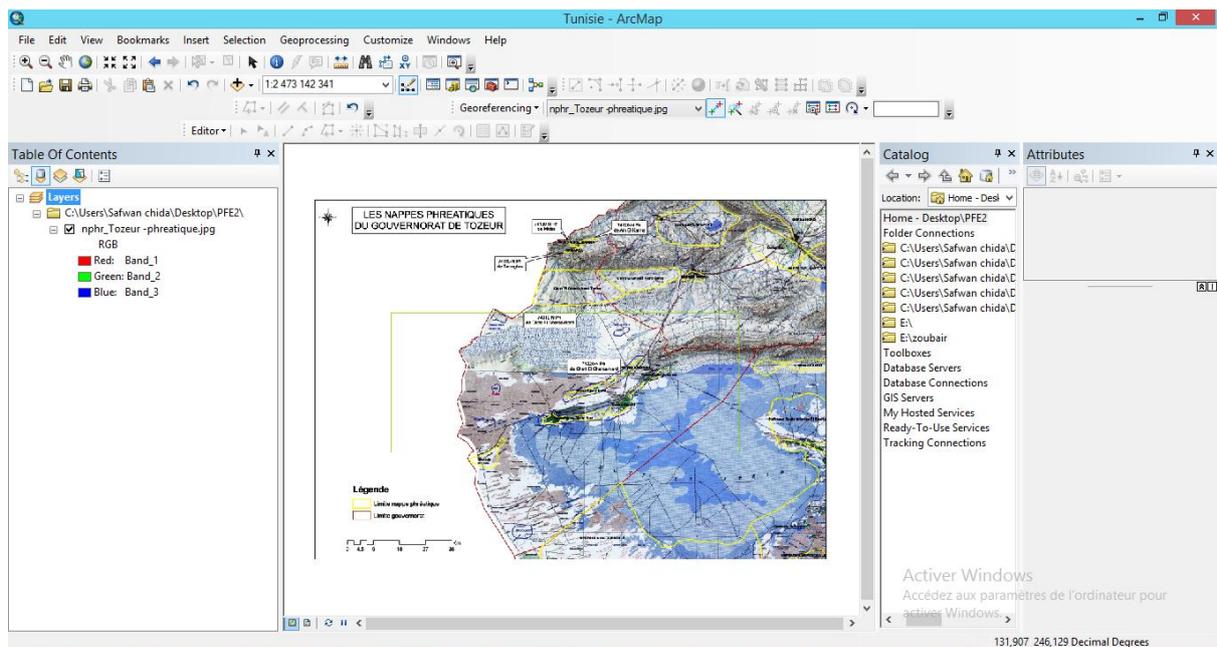


Figure16 : le fond de la carte de travail

Pour ajouter un polygone :

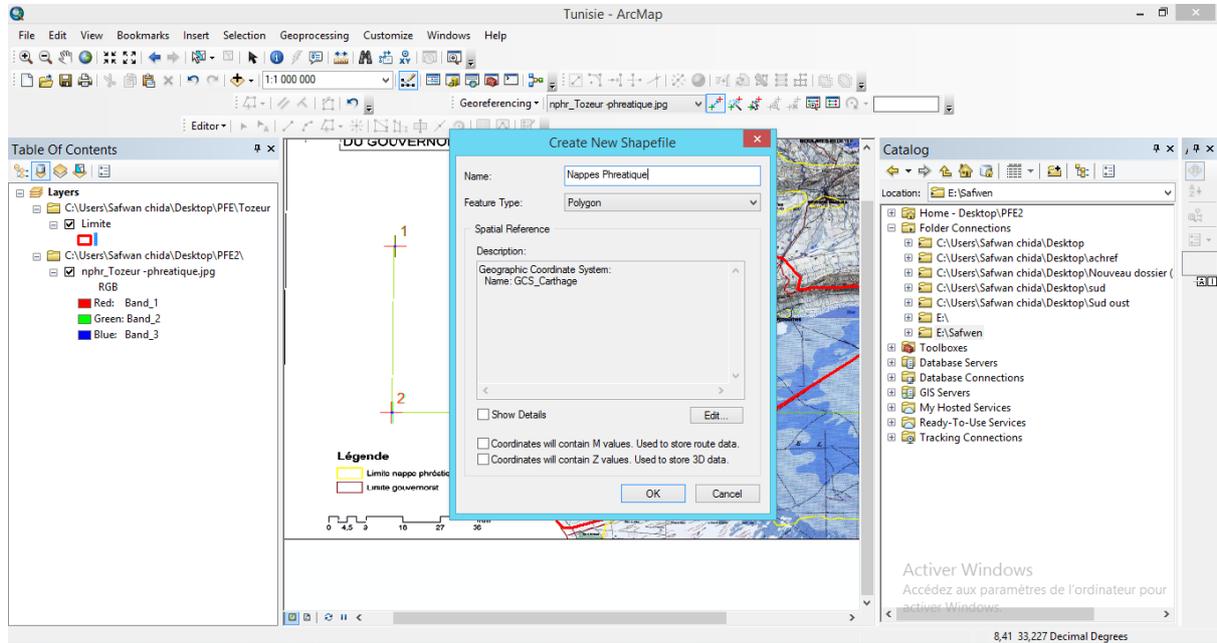


Figure17 : Ajout d'un polygone

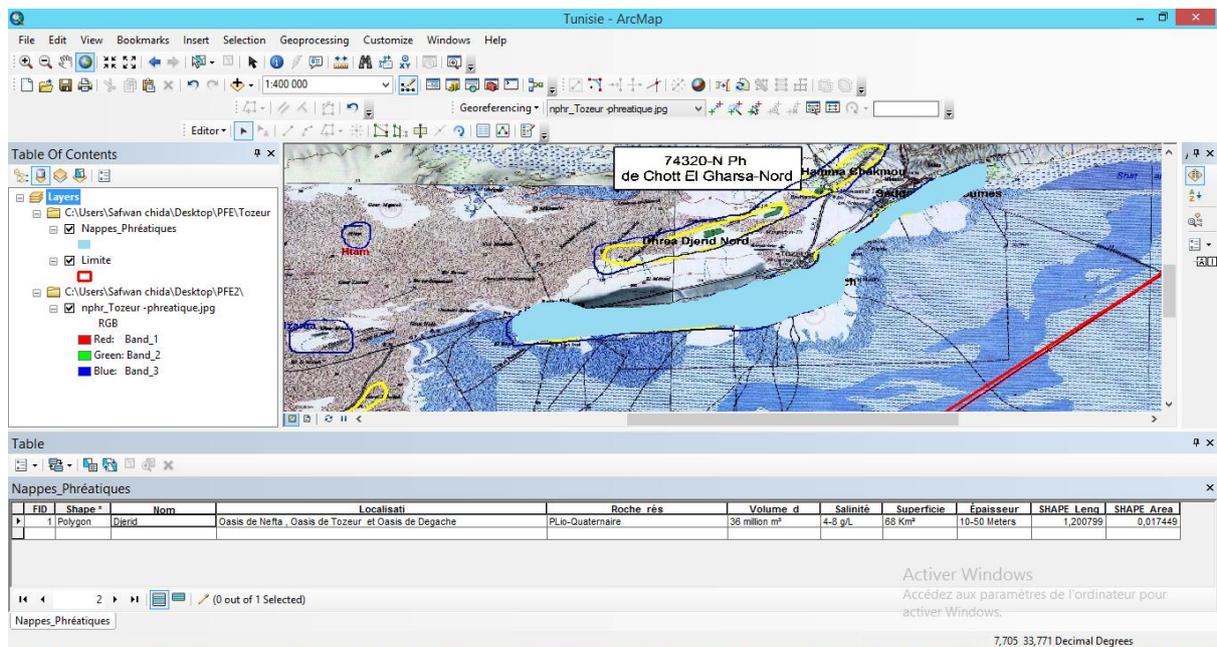
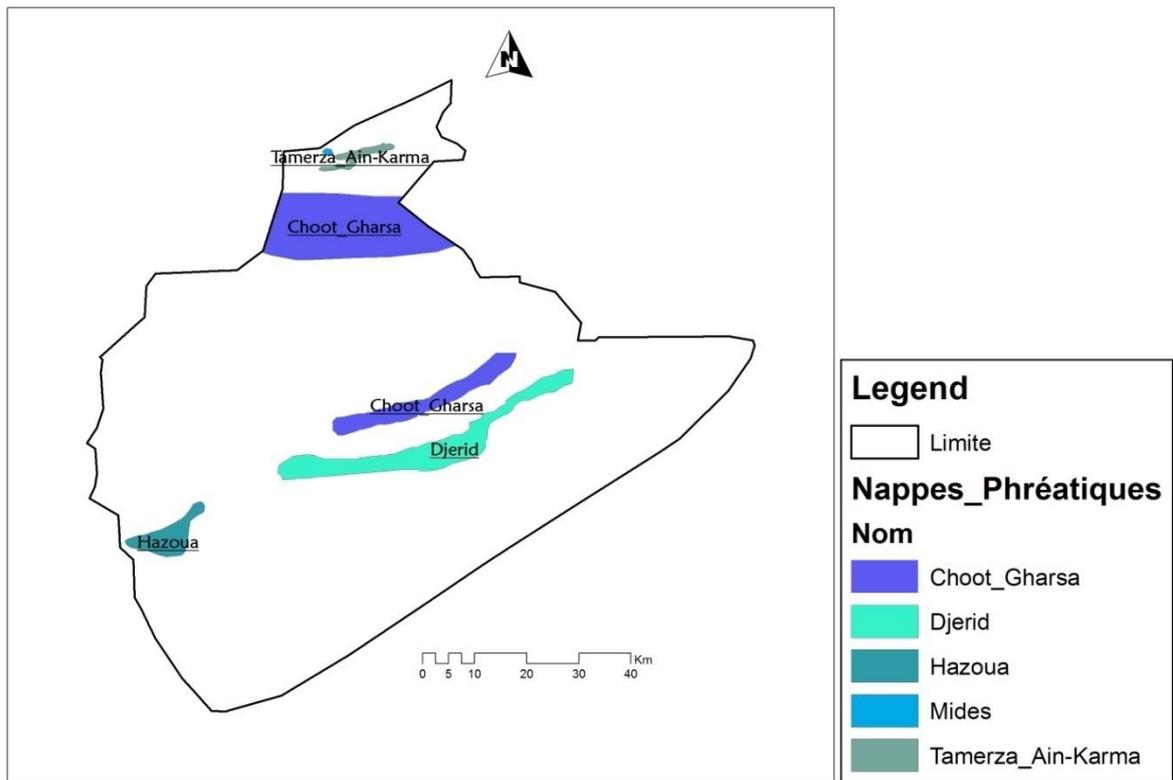


Figure 18: Fenêtre des informations du polygone



Sources: CRDA Tozeur

Figure 19: les Polygones insérés sur la carte

Pour ajouter un point (un forage) :

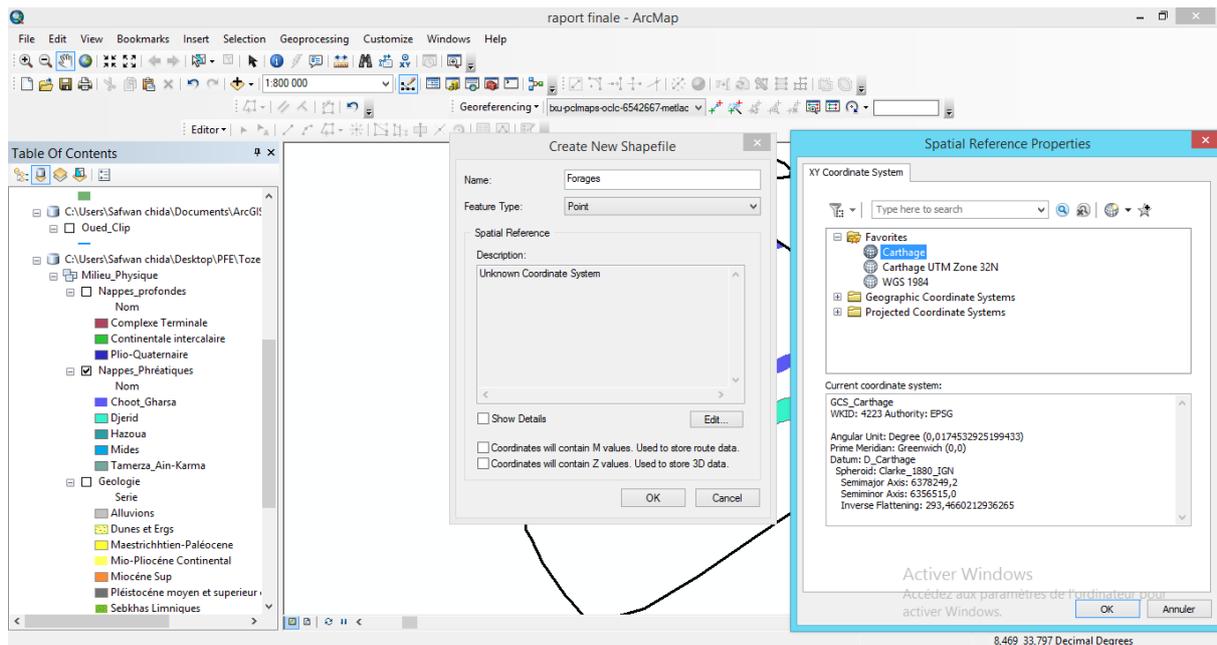


Figure 20 : Ajout d'un point sur la carte

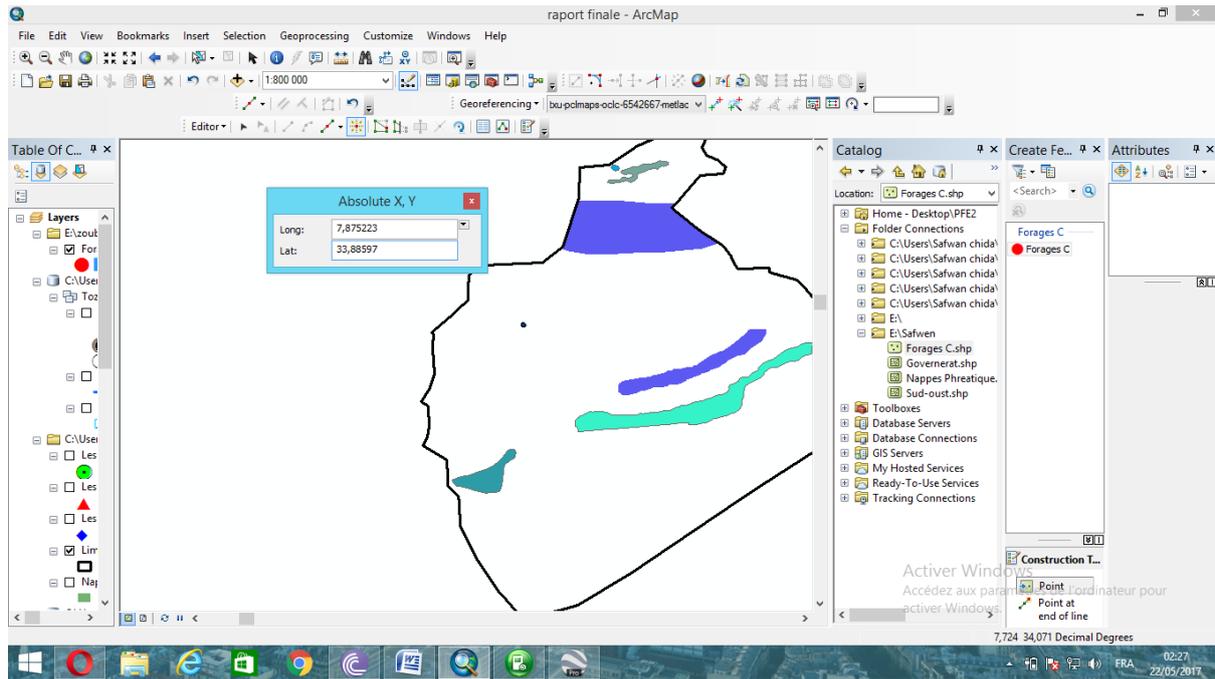


Figure 21 : Les coordonnées du point

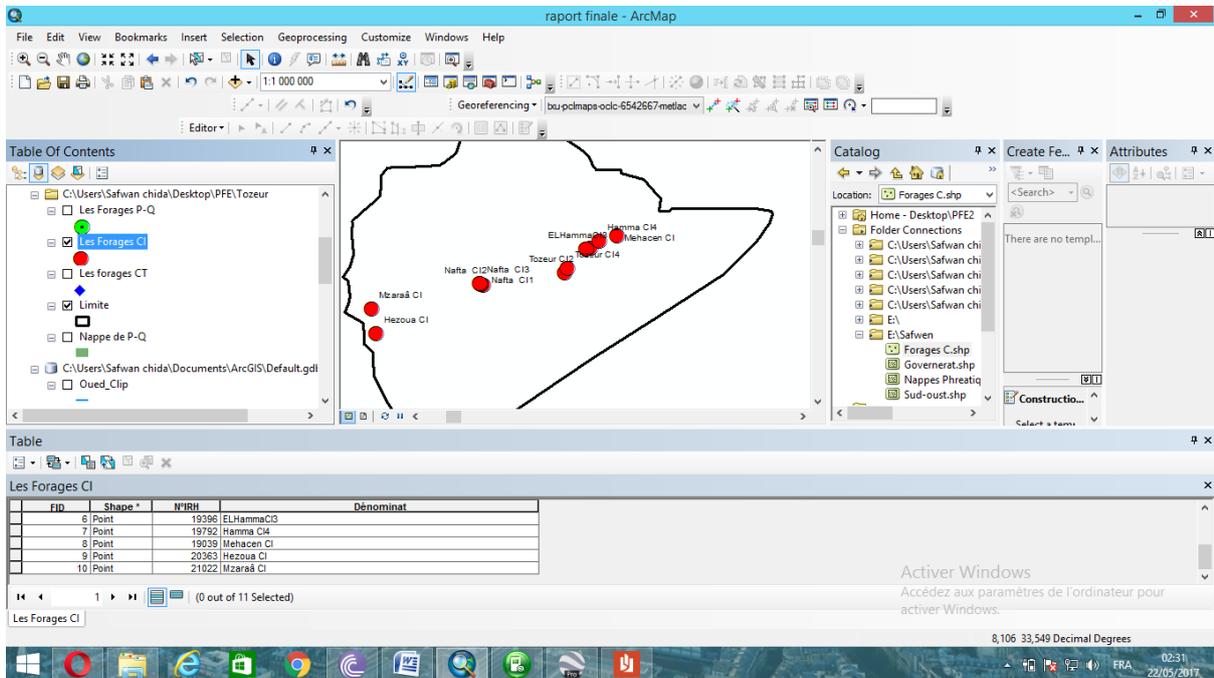
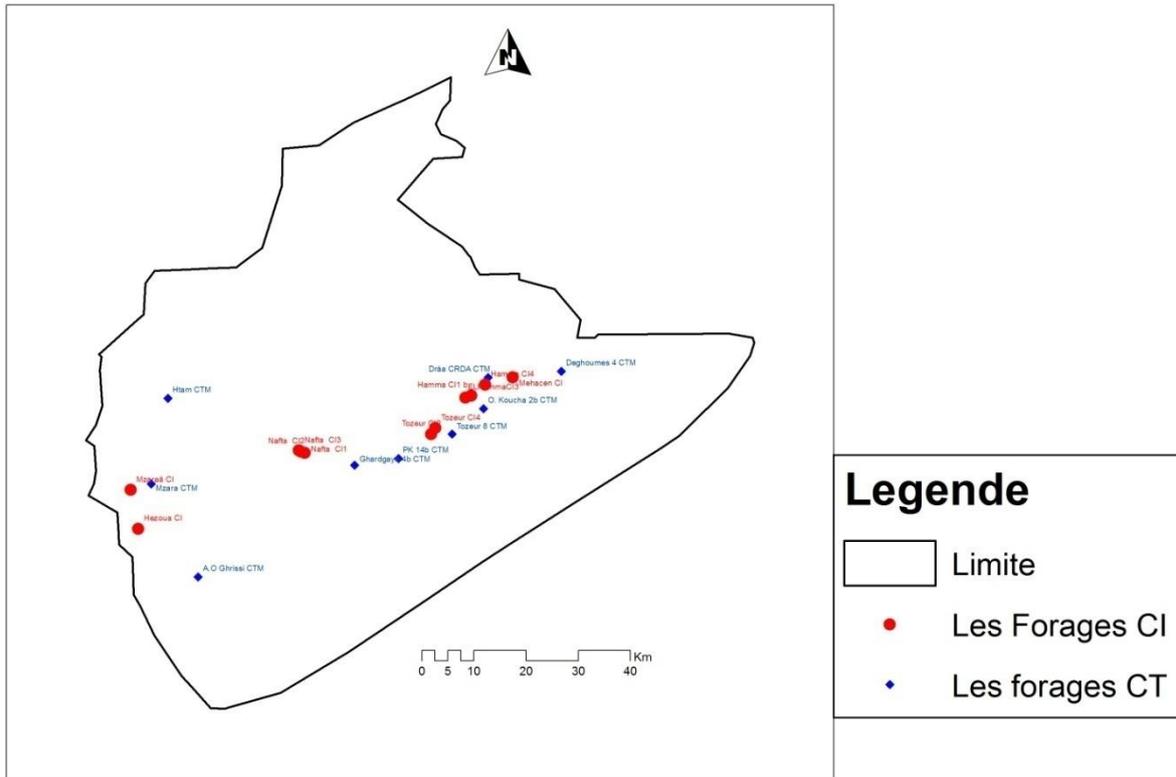


Figure 22: Fenêtre des informations des points



Sources: CRDA Tozeur

Figure 23 : les sites insérés sur la carte

Pour afficher le travail lancer Arcmap :

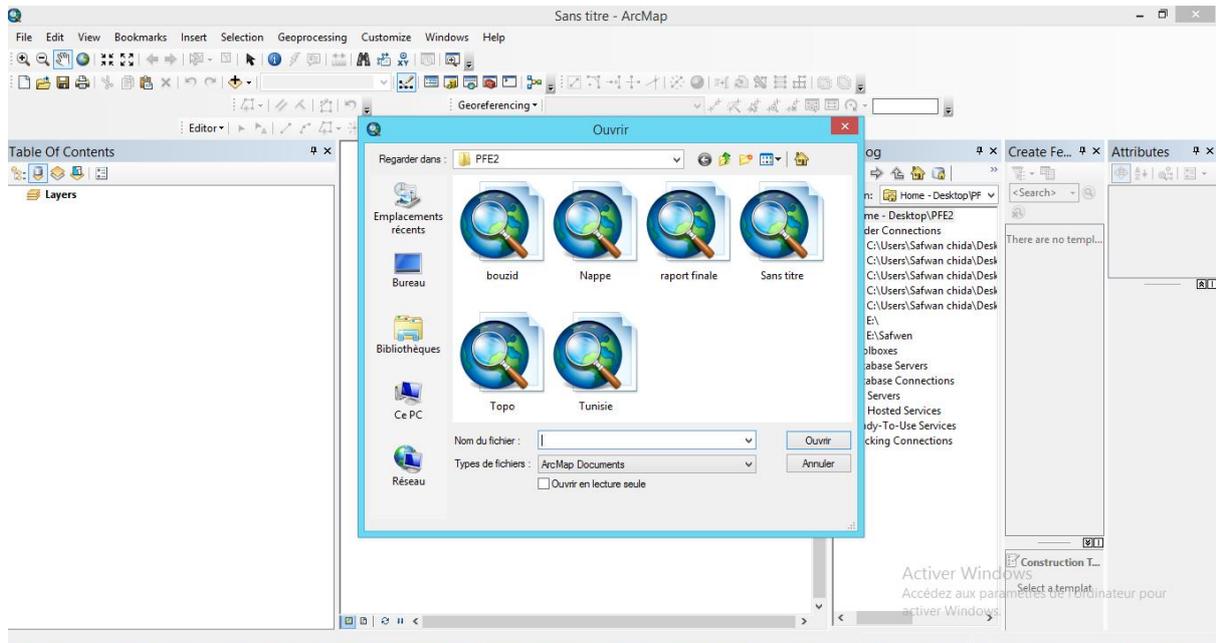


Figure 24 : ouverture de travail

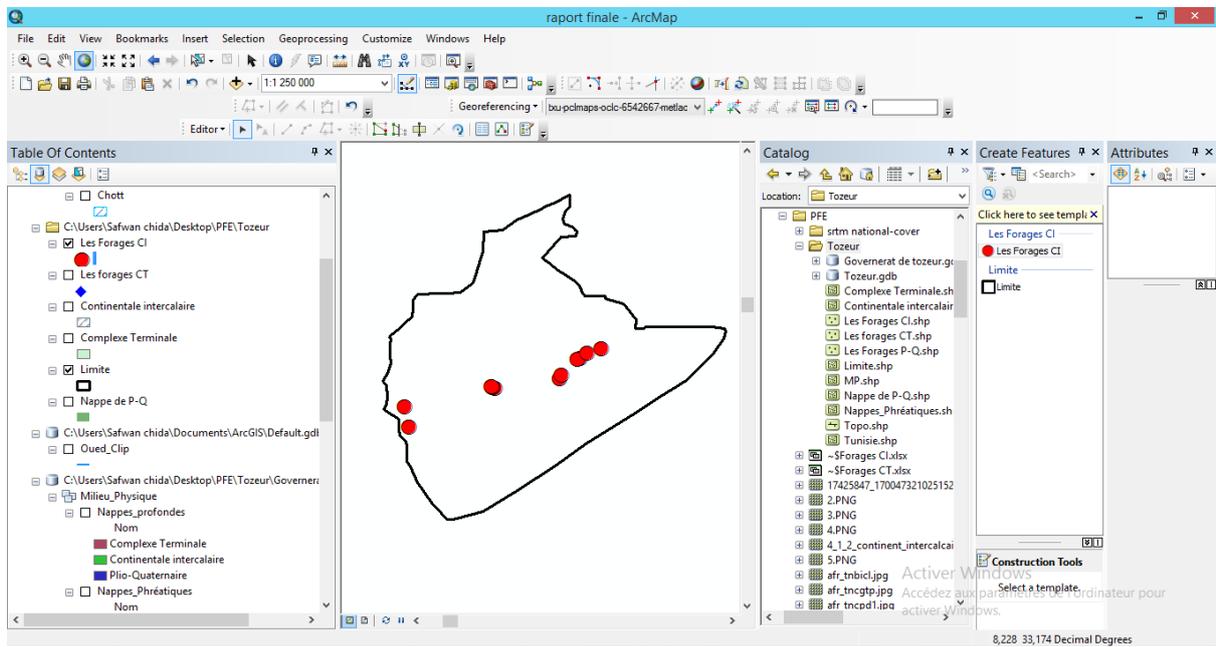


Figure25 : les sites étudiés sur la carte

On procède par une Jointure des données de la base de données :

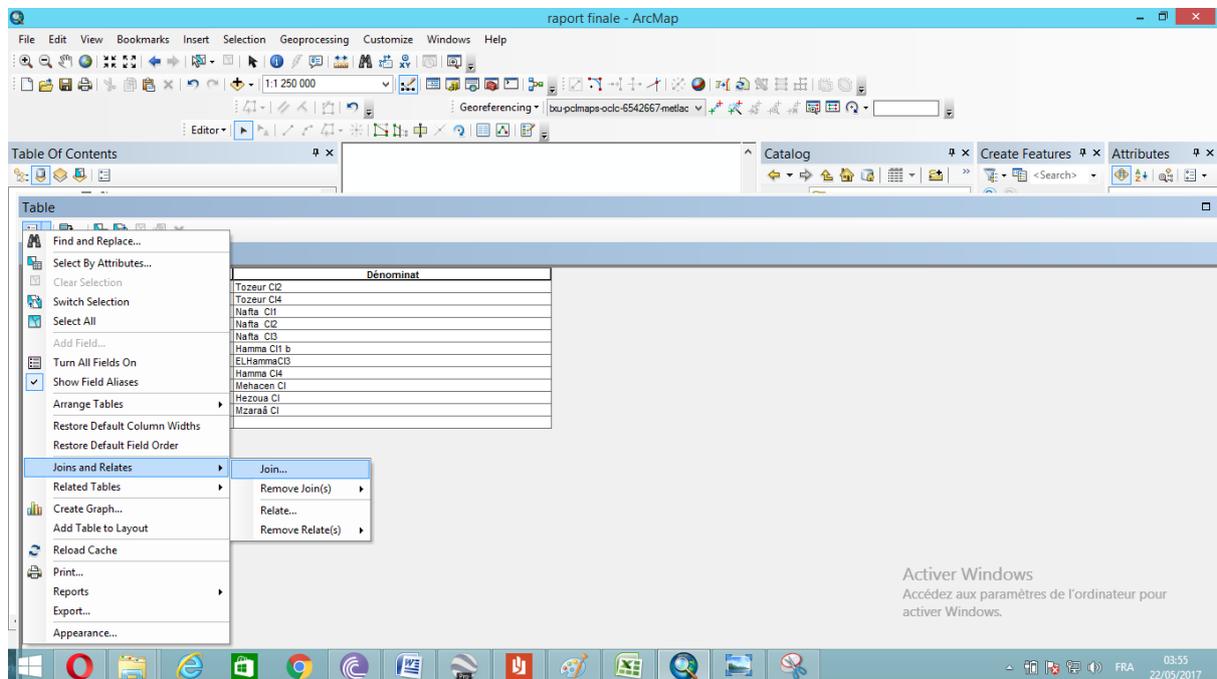


Figure26 : jointure des données de la base de données avec le fichier

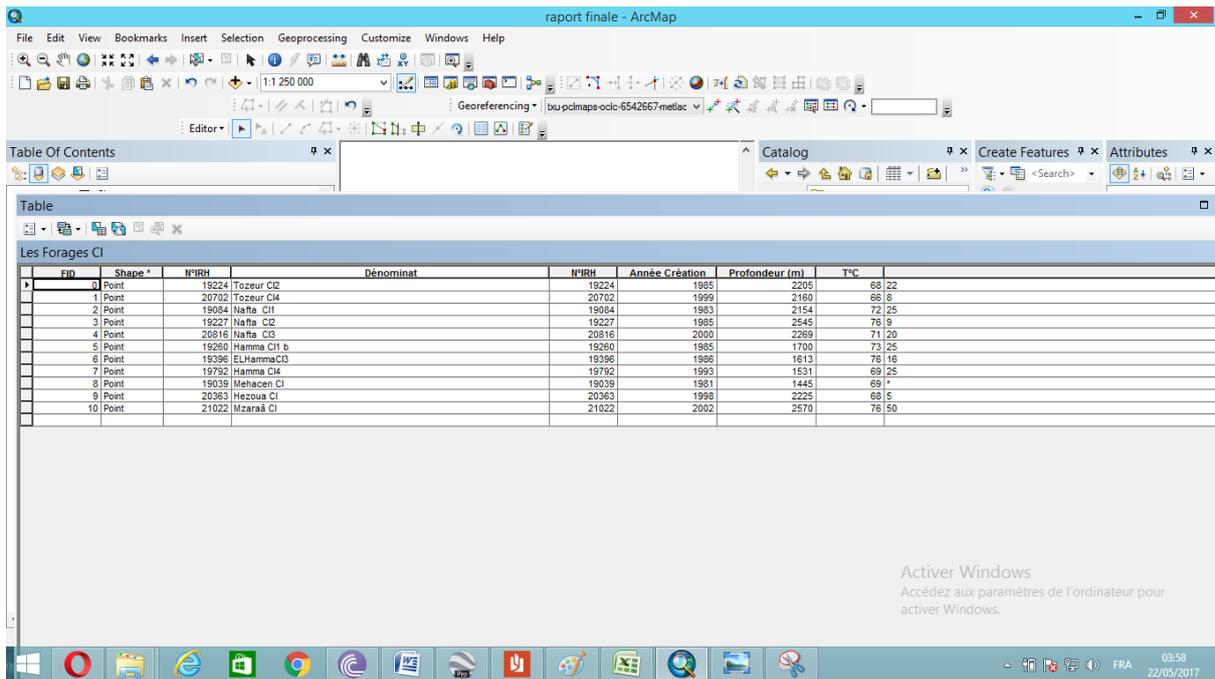


Figure27 : la base de données après la jointure

Explorer le travail sous le format. KML:

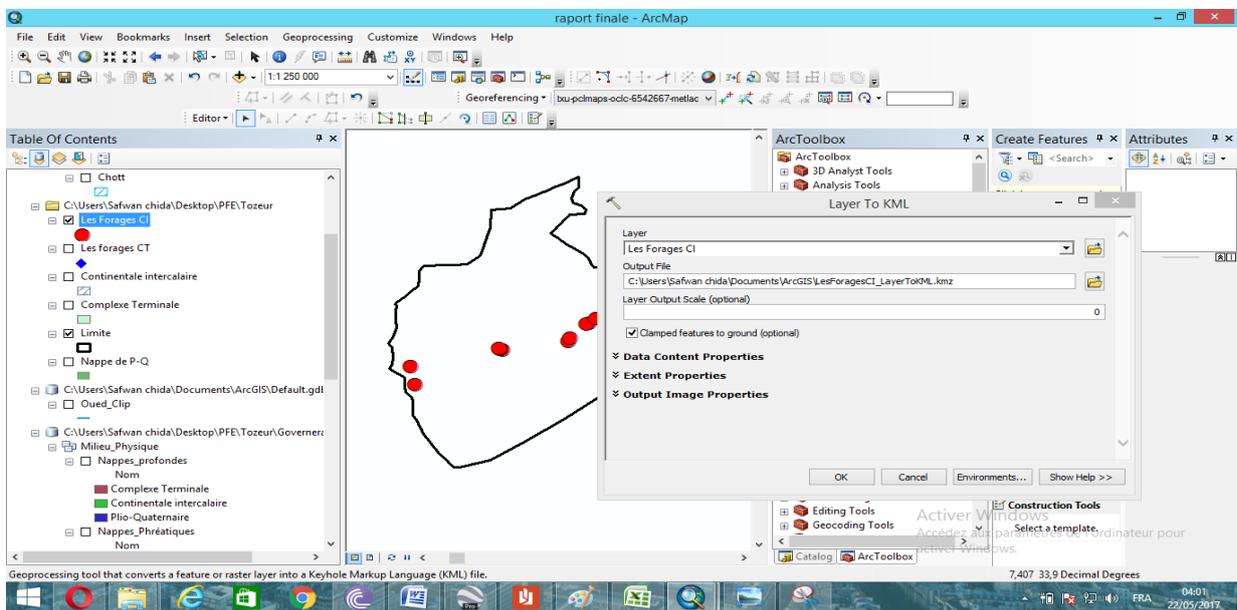


Figure28 : Exportation vers KML

Cela nous permet d'ouvrir le fichier produit sous Google Earth et Google Maps:



2- Visualisation des données sur le site internet

La première étape : créer un compte personnel Google Maps. Ce compte va permettre d'importer le fichier .KML sur la plateforme Google Maps.

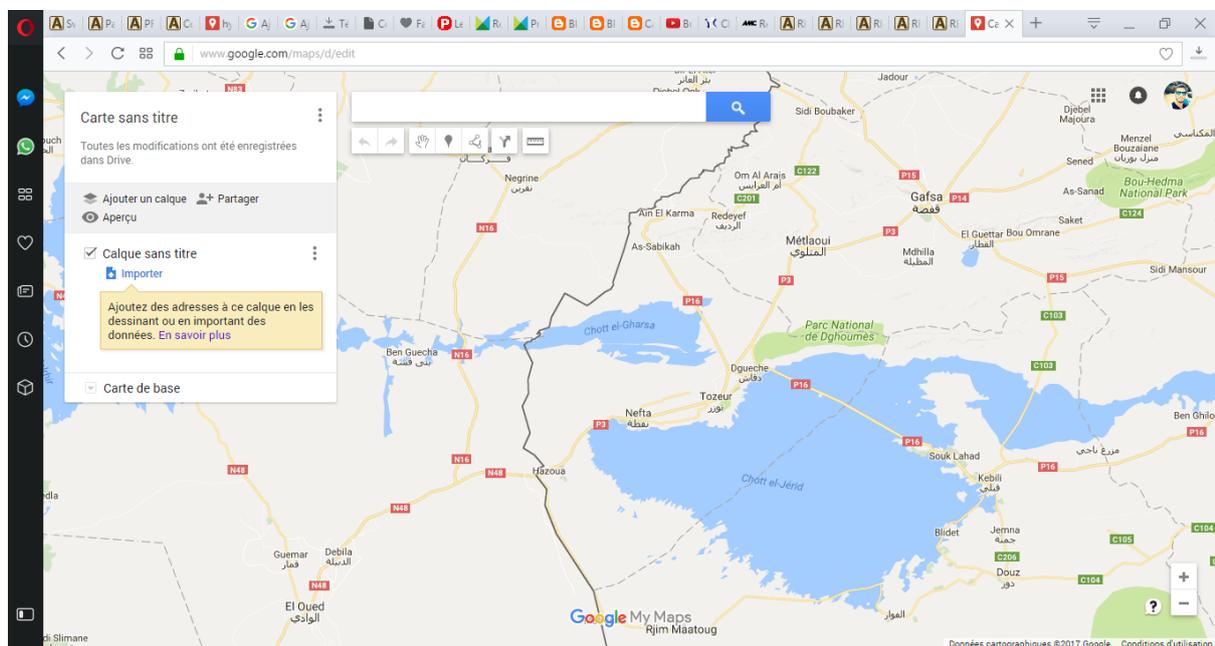


Figure 29: Interface de Google Maps

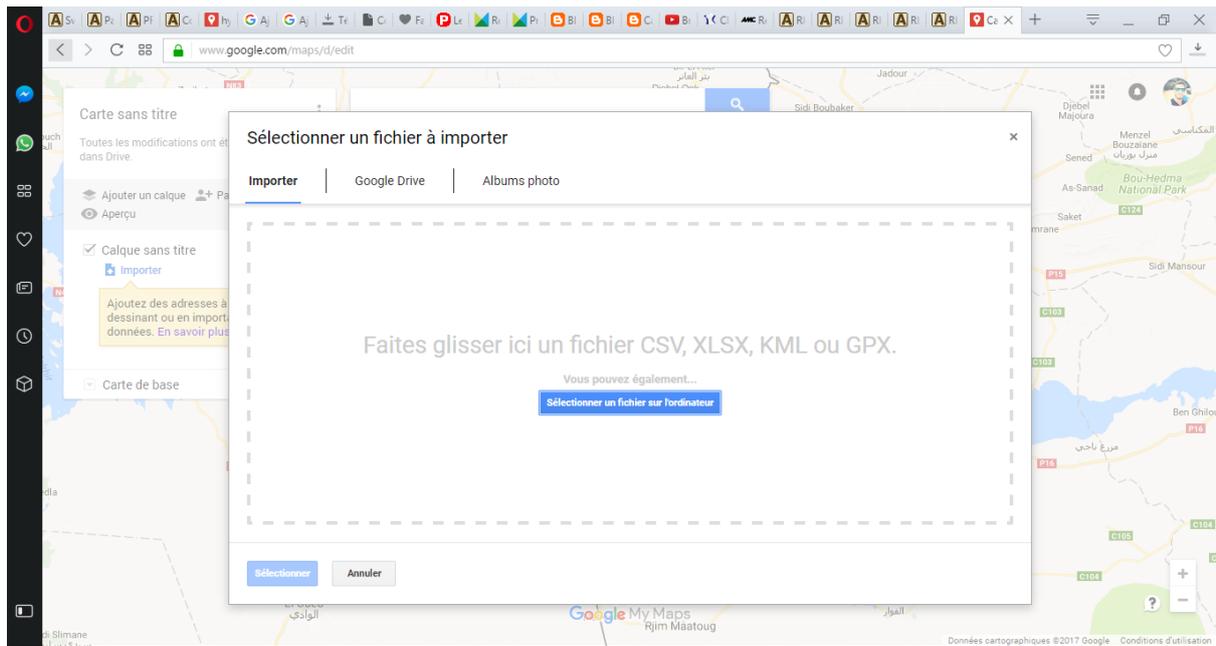


Figure 30: Importation du fichier KML

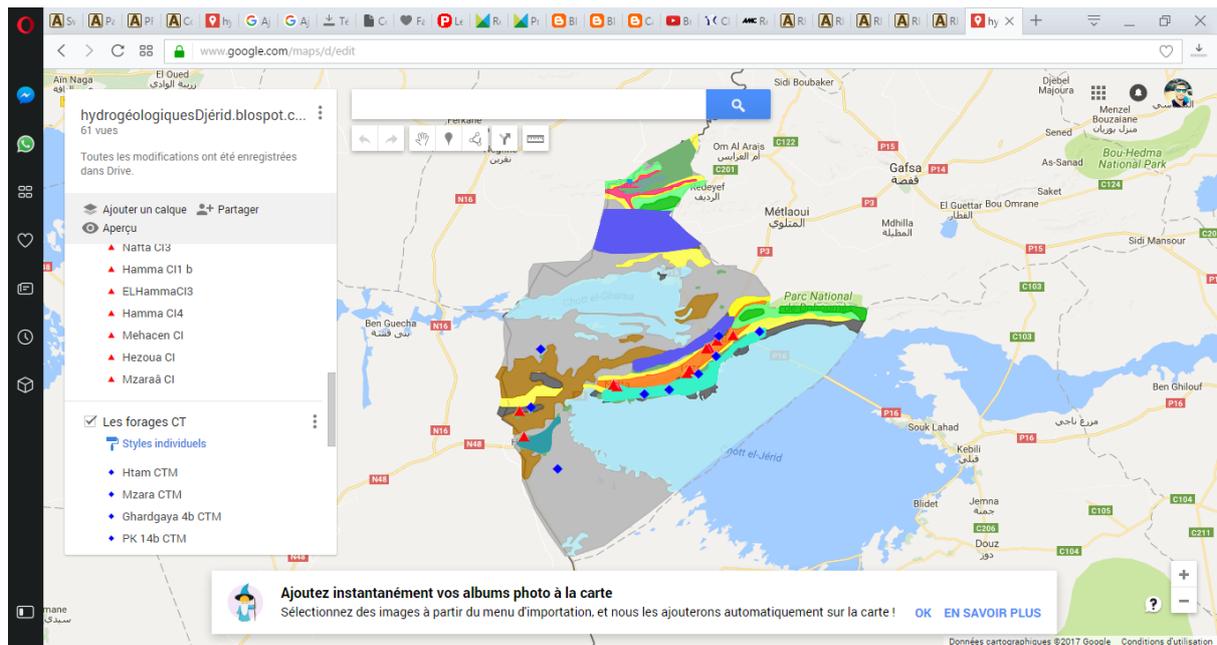


Figure 31 : La carte des Ressources hydrogéologiques de la région de Djérid sur le site web

Pour intégrer la carte dans le site Web, Google maps nous génère un code HTML :

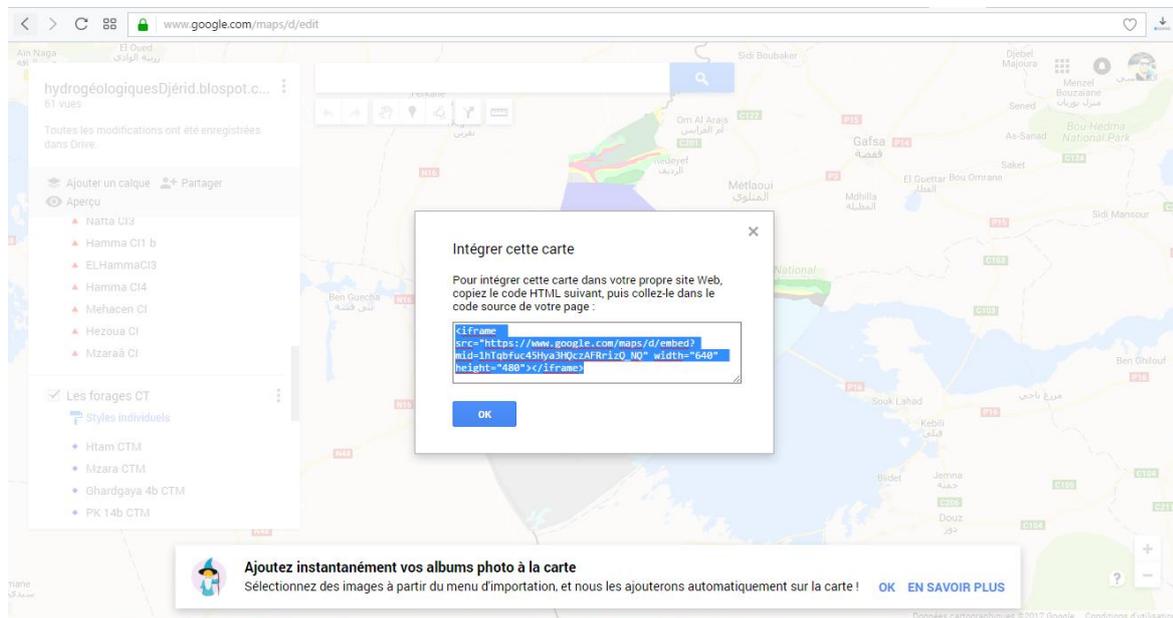


Figure32 : Intégration de la carte sur le site web à partir d'un code HTML

3- L'hébergement de la carte des ressources hydrogéologiques

On doit héberger la carte dans un site Internet pour cela on a choisi le site d'hébergement gratuit : www.Blogger.com. Ce site permet d'héberger facilement la carte via un lien HTML.



Figure33 : Logo de site Web Blogger

L' adresse du site :

[HTTP://HYDROGEOLOGIQUESDJERID.BLOGSP
OT.COM](http://hydrogeologiquesdjérid.blogspot.com)



Figure34 : Interface de la carte sur site Blogger

4- Les composantes visualisées dans la carte web

a- Les rubriques Le site crée comporte 3 rubriques :

Rubriques	Présentation
Cadre géographique	Présente la localisation et les caractéristiques de région
Cadre géologiques	Présente la caractéristiques géologiques de la région
Carte des ressources hydrogéologiques	Il s'agit de la carte qui comporte la carte web des ressources hydrogéologiques
Cartothèque	Offre les différentes cartes produites

Tableau 7: Les rubriques dans le site Blogger

b- La carte des Ressources hydrogéologiques de la région de Djerid

La carte des ressources hydrogéologiques comporte 7 couches:

Le fond de la carte ou la carte de base : Google Maps offre la possibilité de choisir le fond de la carte. 9 suggestions sont possibles :



Figure 35: Le fond de la carte de base

On a choisi comme fond de carte le fond « Relief ». Cela nous permettra de connaître les caractéristiques topographiques du site.



Figure36 : Les caractéristiques topographiques de la carte dans le site

La carte géologiques de la région de Djérid : cette carte a été reproduite à partir de la carte géologiques de la Tunisie 1/500000

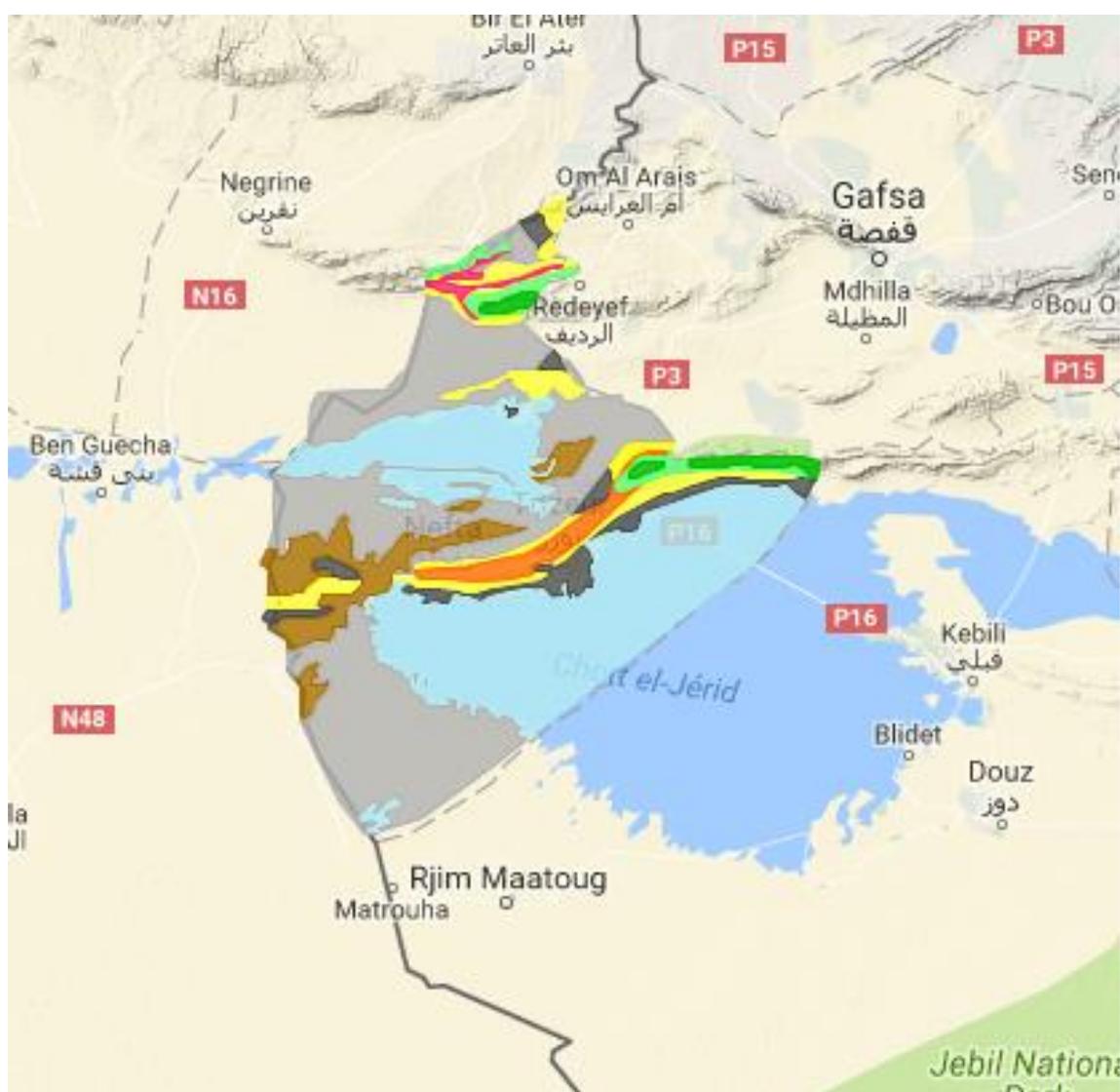


Figure37 : la carte Géologiques de la région de Djérid

-La carte des ressources hydrogéologiques dans la région de Djérid : elle représente la cadre géologiques de la région et toutes les aquifères et leur caractéristiques (salinité, PH...)

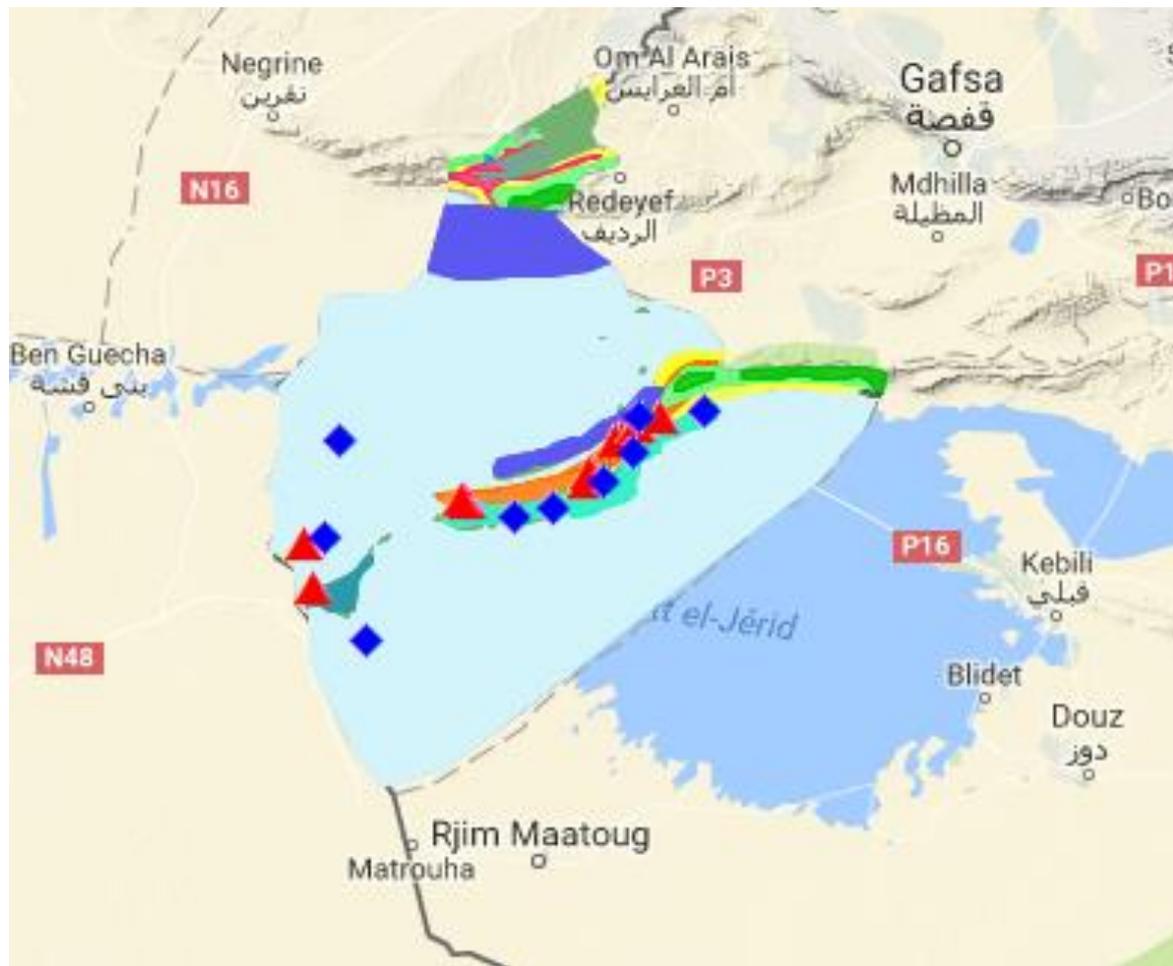


Figure38 : La carte des ressources hydrogéologiques

En cliquant sur chaque éléments (points, polygone) une info bulle s'ouvre et informe sur les caractéristiques de chaque site

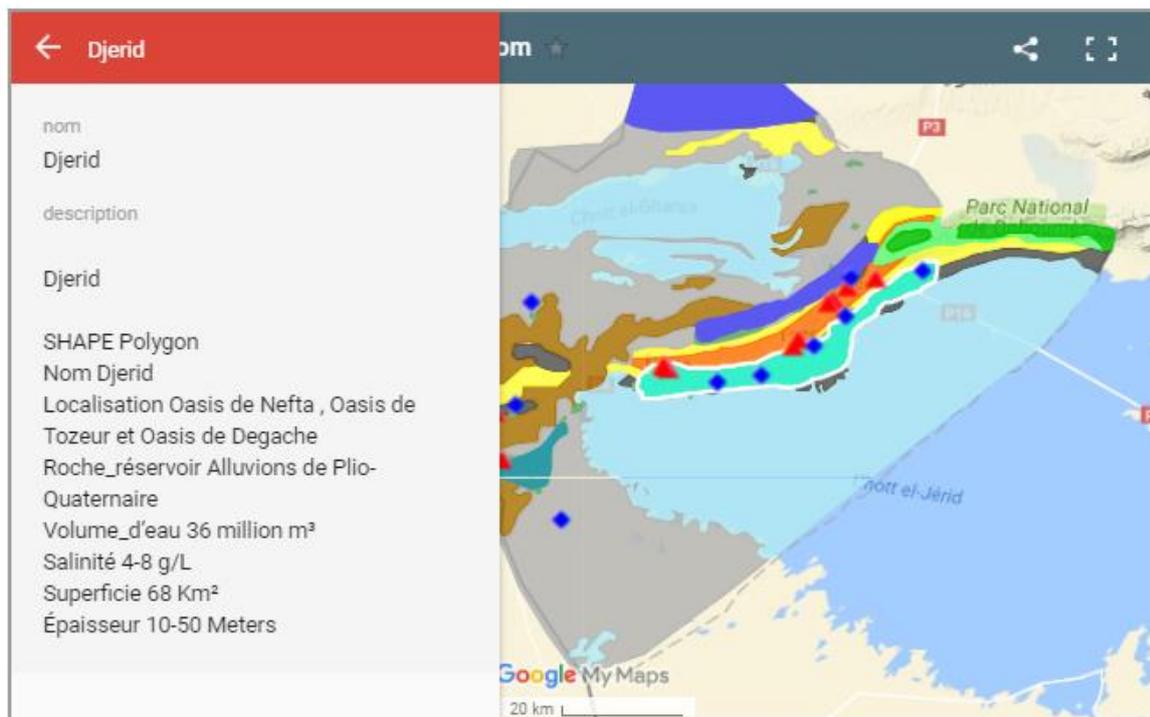


Figure39 : Exemple de caractéristique d'une polygone

Conclusion générale:

La région de Djérid compte une potentielle hydrique moyenne, dont 5 nappes phréatiques et 3 nappes profondes, qui contient une réserve de 223 millions m³. L'application des nouvelles techniques informatiques pour numériser ces données et la création d'un système d'information géographique avec une base des données multiple et riches.

Grâce à ce travail on a situé l'état actuel des différents aquifères de la région et on a créé aussi une plate-forme d'un système de surveillance qui permet de contrôler l'état de ces ressources.

L'intégration de cette carte dans un site gratuit et public offre aux visiteurs une meilleure vision des ressources hydrogéologiques de la région de Djérid. Ce projet a une grande importance régionale au niveau de CRRAO Degache, CRDA Tozeur et aussi au niveau de mon carrière professionnelle, c'est le premier noyau pour mes travaux futurs.

Liste des figures

Figure 1: Carte de localisation.....	9
Figure 2: Évolution de la pluviométrie moyenne annuelle de la région de Tozeur.....	10
Figure 3 : Courbe d'Heure de soleil en de la région de Tozeur.....	12
Figure 4: Carte Géologiques de la région de Djérid.....	13
Figure 5: Les Nappes phréatiques de la région de Djérid.....	15
Figure 6: Les Formations géologiques et l'aquifère de la région de Djérid.....	16
Figure 7: Interface de ARCmap 10.4.....	19
Figure 8: Interface du logiciel Microsoft Excel.....	20
Figure 9 : Interface de l'application Google Maps.....	21
Figure 10 : Les étapes de réalisation de la carte (Hiba selmi, 2016).....	25
Figure11 : Préparation des données sur Excel (Forages CT).....	27
Figure12 : Préparation des données sur Excel (Forages CI).....	27
Figure13: Enregistrement du tableau Excel.....	28
Figure14 : Interface du Logiciel ArcMap.....	28
Figure15 : Importation de la carte.....	29
Figure16 : le fond de la carte de travail.....	29
Figure17 : Ajout d'un polygone.....	30
Figure 18: Fenêtre des informations du polygone.....	30
Figure 19: les Polygones insérés sur la carte.....	31
Figure 20 : Ajout d'un point sur la carte.....	31
Figure 21 : Les coordonnées du point.....	32
Figure 22: Fenêtre des informations des points.....	32

Figure 23 : les sites insérés sur la carte.....	33
Figure 24 : ouverture de travail	33
Figure25 : les sites étudiés sur la carte.....	34
Figure26 : jointure des données de la base de données avec le fichier.....	34
Figure27 : la base de données après la jointure	35
Figure28 : Exportation vers KML.....	35
Figure 29: Interface de Google Maps.....	36
Figure 30: Importation du fichier KML.....	37
Figure 31 : La carte des Ressources hydrogéologiques de la région de Djérid sur le site web.	37
Figure32 : Intégration de la carte sur le site web à partir d'un code HTML.....	38
Figure33 : Logo de site Web Blogger.....	38
Figure34 : Interface de la carte sur site Blogger.....	39
Figure 35: Le fond de la carte de base.....	40
Figure36 : Les caractéristiques topographiques de la carte dans le site.....	41
Figure37 : la carte Géologiques de la région de Djérid.....	42
Figure38 : La carte des ressources hydrogéologiques	43
Figure39 : Exemple de caractéristique d'une polygone	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition mensuelle de la Température.....	10
Tableau 2 : Répartition mensuelle de la pluviométrie.....	11
Tableau 3 : Répartition saisonnière de l'humidité relative de l'air.....	11
Tableau 4 : Les variables de la base de données des nappes phréatiques et leurs définitions....	22
Tableau 5 : Les variables de la base de données des forages CT et leurs définitions.....	23
Tableau 6: Les variables de la base de données des forages CI et leurs définitions.....	24
Tableau 7: Les rubriques dans le site Blogger.....	39

Bibliographie :

- # **Arrondissement des ressources en eau du CRDA de Tozeur,(2004) "** Ressources en eau de gouvernorat de Tozeur".
- # **Jade Oriane Petersen (2014) "**Traçage isotopique (36Cl, 4He, 234U) et modélisation hydrogéologique du Système Aquifère du Sahara Septentrional Application à la recharge Quaternaire du Continental Intercalaire".
- # **Mamou, (1981) ,"** Etude géologique et hydrogéologique de la région de Tamerza (sud-ouest tunisien) : possibilités de création de retenues souterraines au nord du Jebel El Ardha"
- # **Moumni et Horriche, (1998) "** Actualisation du bilan des nappes aquifères du Djérid".
- # **Publications de l'Imprimerie Officielle de la République Tunisienne (1975),"Code de l'eau".**
- # **SAMIR KAMEL , LASSAAD DASSI & KAMEL ZOUARI (2010)"** Approche hydrogéologique et hydrochimique des échanges hydrodynamiques entre aquifères profond et superficiel du bassin du Djérid, Tunisie"
- # **Système Aquifère du Sahara Septentrional (2003), 2 édition .**
- # **UNESCO, (1972) "**Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional "

Les sites Internet :

Temperatureweather.com

<http://www.infoclimat.fr>