

AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES  
DIRECTION REGIONALE SUD OUEST ADRAR

**SYSTEME TRADITIONNEL D'EXPLOITATION  
DES EAUX SOUTERRAINES FOGGARAS**



PRESENTE PAR: ANSARI TAHA DIRECTEUR REGIONAL SUD OUEST

# INTRODUCTION

1. **Le système d'irrigation traditionnel « Foggara » dans le Sahara algérienne a permis le passage du nomadisme à la sédentarisation.**
2. **Cette organisation hydraulique a permis, d'installer et de maintenir ici des oasis, dont le rôle essentiel était d'offrir aux voyageurs et aux caravanes l'ultime étape avant la traversée du grand sud .**
3. **L'ingéniosité du procédé réside dans sa conception et son adaptation aux conditions de la vie et du climat sahariens : il supprimait les corvées d'eau épuisantes, qui prenaient l'essentiel du temps des habitants, et assurait un approvisionnement à débit constant, sans risque de tarir la nappe d'eau et en limitant l'évaporation au minimum.**
4. **L'état algérien a donné une grande importance a ce système de captage des eaux souterraines car la pérennité de la verdure dans les oasis de la wilaya d'Adrar est maintenue grâce à la foggara.**



# APERCU SUR LA WILAYA D'ADRAR

La wilaya d'Adrar est située dans la partie centrale du Sahara algérien, elle s'étend sur une superficie de 427968 Km<sup>2</sup>, Elle est limitée :

Au Nord – ouest par la wilaya de BECHAR.

A l'Est par la wilaya de GHARDAIA et TAMANRASSET.

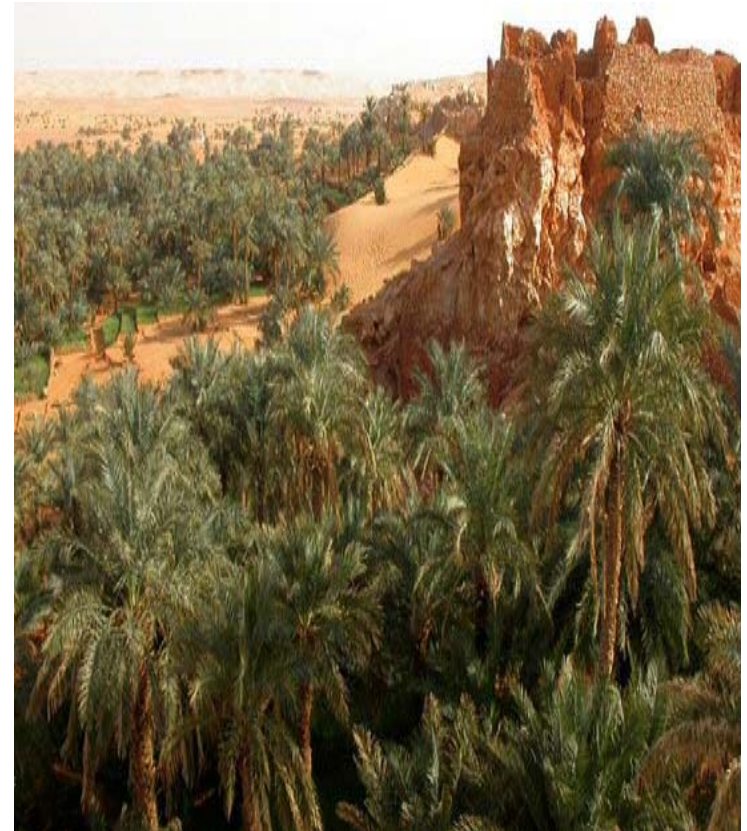
A l'Ouest par la wilaya de TINDOUF.

Au Sud – ouest par la MAURITANIE.

Au Sud par le MALI.

Cette wilaya est composée de trois grandes régions

- GOURARA
- TAOUAT
- TIDIKELT



# HYDROGEOLOGIE DE LA REGION

- Parmi les formations qui affleurent dans la région, la plus importante du point de vue l'hydrogéologique est celle du crétacé inférieur appelée communément le continental intercalaire( C.I.).
- La partie occidentale la plus importante occupe une superficie de l'ordre de 280 000 km<sup>2</sup>.
- L'épaisseur de la formation du continental intercalaire varie du Nord vers le Sud et de l'Est vers l'Ouest, selon les données des forages semi profonds son épaisseur oscille entre 150 et 400 m. Notons que l'épaisseur diminue progressivement de l'Est vers l'Ouest et du Nord vers le Sud et échoue en biseau sur le substratum du primaire.
- Le niveau statique de la nappe aquifère du C.I oscille entre 13 à 30 m par rapport à la cote du sol et peut atteindre 100 m au niveau du plateau de Tadmait (Forages d'Ain bel bel).

# DESCRIPTION DE LA FOGGARA

- Le terme foggara désigne:  
une galerie souterraine qui consiste à drainer les eaux de la nappe aquifère du plateau vers les terrains irrigués situés dans la dépression. La foggara se compose de plusieurs puits avec des profondeurs variables réunis à leurs bases par une galerie, qui se caractérise par des dimensions géométriques variables d'une région à l'autre suivant la nature des terrains.
- la foggara draine la nappe d'eau grâce à la différence de pression qui existe entre la galerie drainante et la surface de la nappe aquifère et que le débit drainé est proportionnel à la hauteur rabattue de la nappe d'eau.

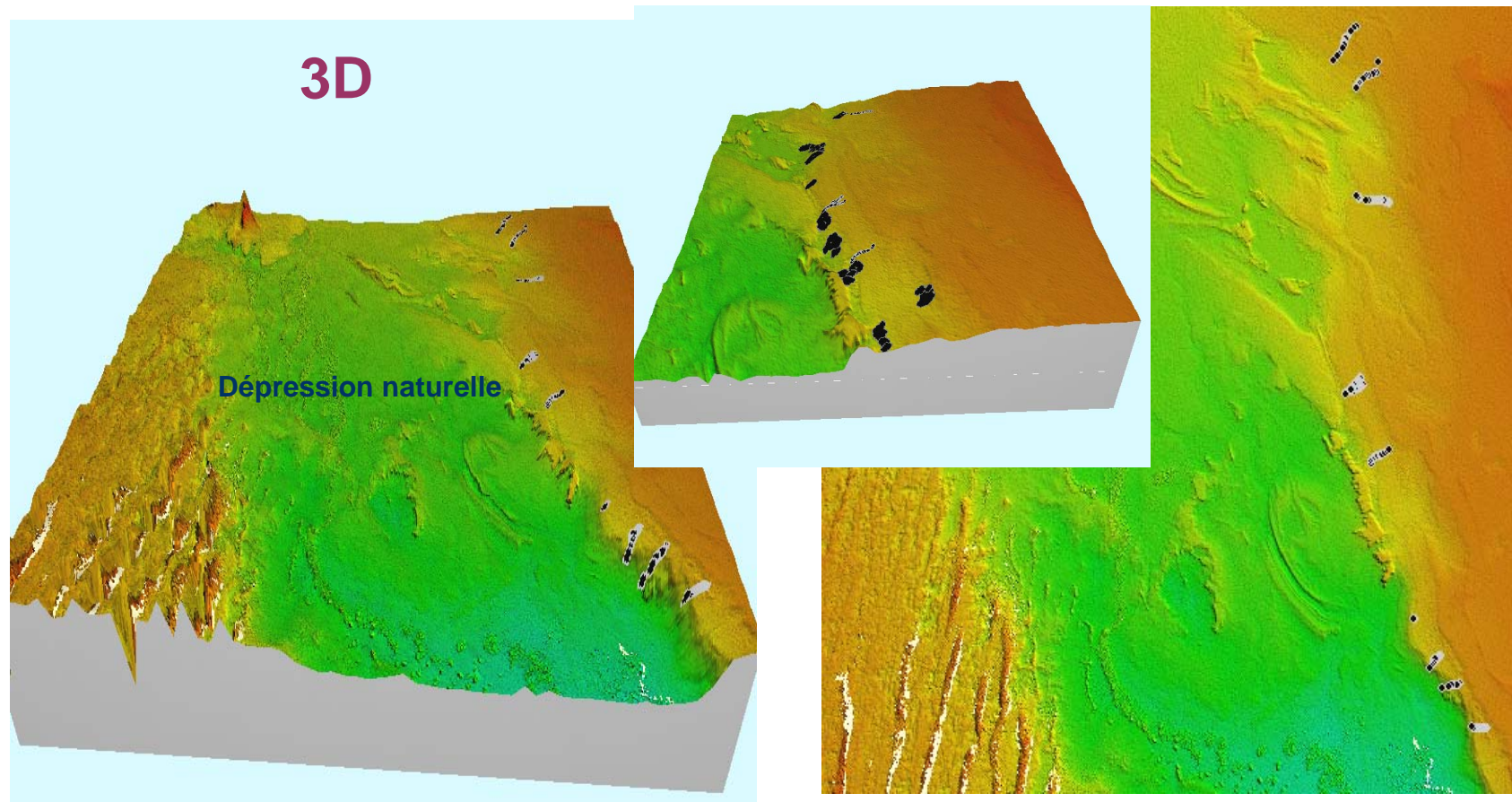


# NAISSANCE ET ÉVOLUTION DE LA FOGGARA

- L'examen de la carte topographique de la région d'Adrar montre que toutes les foggaras se situent dans la périphérie du plateau du Tademaït. L'utilisation de ce système de drainage est due à la faveur de l'existence des conditions topographiques et surtout hydrogéologiques qui sont :
  - - La présence d'une nappe d'eau peu profonde.
  - - L'existence d'une dépression naturelle.

La naissance des foggaras est développée de l'aval vers l'amont. Elle a son point d'origine dans une source, celle-ci avec le temps a tari. Les paysans ont voulu augmenter son débit, ils ont creusé une tranchée dans la nappe aquifère dans le sens d'écoulement, en partant de l'aval vers l'amont, mais l'approfondissement progressif de la tranchée, la difficulté d'évacuation des déblais et la possibilité de construire des galeries dans les couches des grès de l'albien ont conduit à l'apparition des premiers puits.

# IMPLANTATION DES FOGGARAS SUR LES MODÈLES DES ALTITUDES NUMÉRIQUES



# FONCTIONNEMENT DE LA FOGGARA

- La foggara est constituée généralement de 02 parties différentes :
- - Une partie en amont qui pénètre dans la nappe, c'est une partie active (drainante), c'est la partie la plus importante de la foggara.
- - Une partie en aval qui permet l'écoulement de l'eau vers les jardins grâce à sa pente, c'est la partie inactive.
- Le drainage permanent effectué par la partie active provoque un rabattement continu de la nappe d'eau et par conséquent une diminution du débit et l'évolution de la partie inactive vers l'amont.
- L'amélioration du débit par le creusement des nouveaux puits permet la migration de la partie inactive vers l'amont et qui se traduit par l'augmentation des taux des pertes des eaux drainées dans la partie aval par l'infiltration surtout s'il existe un obstacle qui gêne l'écoulement libre de l'eau.





# INTERPRÉTATION DES ETUDES ANTÉRIEURS SUR LE FONCTIONNEMENT DE LA FOGGARA

- Les résultats des travaux hydrogéologiques antérieurs concernant le fonctionnement de la foggara se divisent en deux groupes.
- Un premier groupe dit que la foggara est drainante sur toute sa longueur et qu'il n'existe pas une perte par infiltration dans la partie avale (M.comb 1966, G. Maugat 1967).
- Un deuxième groupe divise la foggara en deux parties une partie drainante en amont et une partie inactive en avale, la longueur de chaque partie est égale à 50% de la longueur totale.

La foggara ne peut être drainante sur toute sa longueur, sauf dans le cas où le profil de la galerie est au-dessous du niveau statique de la nappe d'eau et dans ce cas on aura deux sources d'émergences dans la dépression :

1. La source d'émergence de la foggara qui est le Kasria.
  2. La source d'émergence de la nappe d'eau, mais cette caractéristique n'est pas mentionnée dans les anciens inventaires (1961).
- Le deuxième groupe est proche de la réalité, mais la longueur estimée pour la partie drainante et la zone inactive reste non justifiée.
  - La longueur des deux parties de la foggara est conditionnée par un seul paramètre qui est la topographie de la région.
  - Seuls les mesures sur terrain permettent de fixer la longueur réelle de chaque partie

# DÉTERMINATION DE LA LONGUEUR ACTIVE DE LA FOGGARA

Pour estimer la longueur des deux parties de la foggara on a suivi les étapes suivantes :

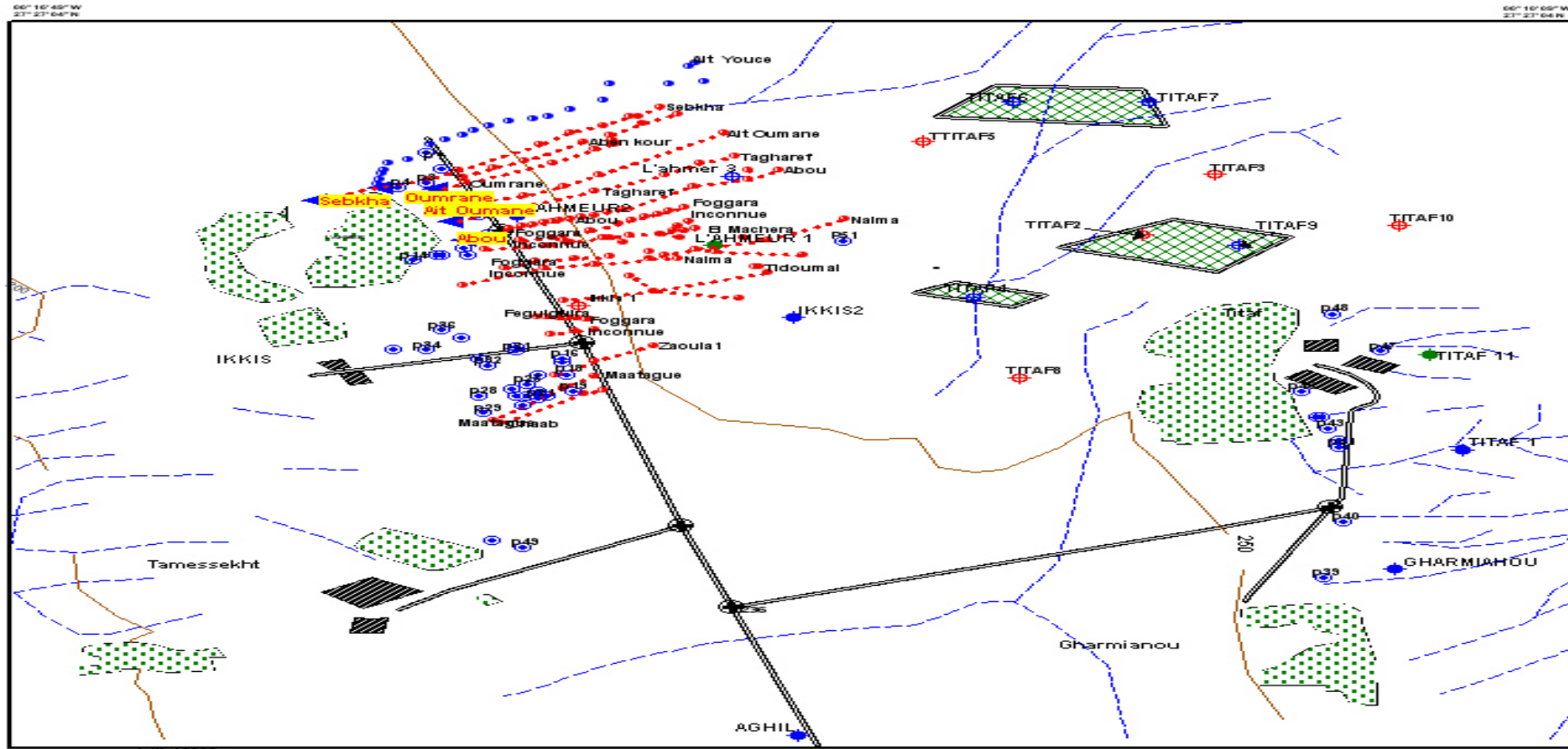
- Inventorier et positionner avec GPS les puits de la foggara sur toute sa longueur.
- Mesurer la profondeur de la galerie de la foggara avec une sonde mécanique.
- Mesurer la profondeur d'eau.
- Tracer la carte piézométrique.
- Tracer le profil approximatif de la galerie (suivant les résultats de mesure).
- Tracez la courbe de dépression de la nappe d'eau  
L'intersection des deux courbes constitue pour nous la zone qui partage les deux parties de la foggara.

Ces procédés ont été appliqués sur la foggara d'Ait youcef (ksar lamento) et ont donné les résultats suivants :

1. La longueur de la partie drainante = 1500 m soit 52.63%.
2. La longueur de la partie de perte = 1350 m soit 47.36%.
3. La pente de la partie drainante =  $5.47 \cdot 10^{-4}$
4. La pente de la partie perte =  $9.52 \cdot 10^{-3}$  (soit 10 fois plus que la partie drainante)



# CARTE DE SITUATION DES POINTS D'EAUX DANS LA REGION DE L'AHMEUR - IKKIS - TITAF



**LEGENDE:**

- Périimètre d'irrigation
- Palmeraie
- Habitation
- Route Nationale N° 06

- Oued temporaire
- Courbe de Niveau
- Foggara pérrène
- Foggara tariée

Echelle: 1/60.000é

- Puits traditionels
- Forage d'AEP exploité
- Forage d'AEP non exploité
- Forage d'irrigation exploité
- Forage d'irrigation non exploité

00° 10' 45" W  
27° 27' 04" N

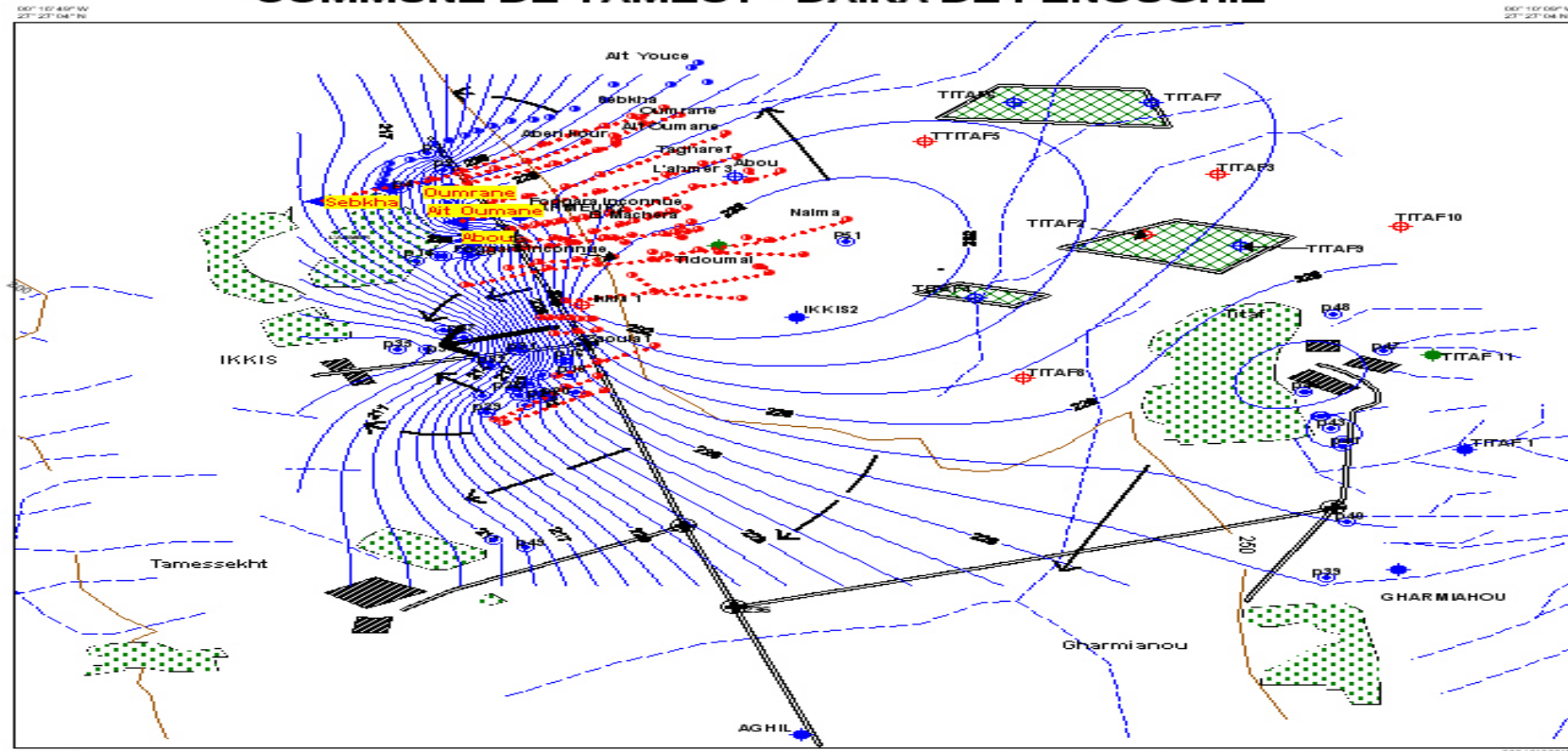
00° 10' 05" W  
27° 27' 04" N

00° 10' 45" W  
27° 27' 04" N  
Juillet 2009

00° 10' 05" W  
27° 27' 04" N
















FIGURE N°: 5A

### CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA REGION L'AHMEUR - IKKIS COMMUNE DE TAMEST - DAIRA DE FENOUGHIL

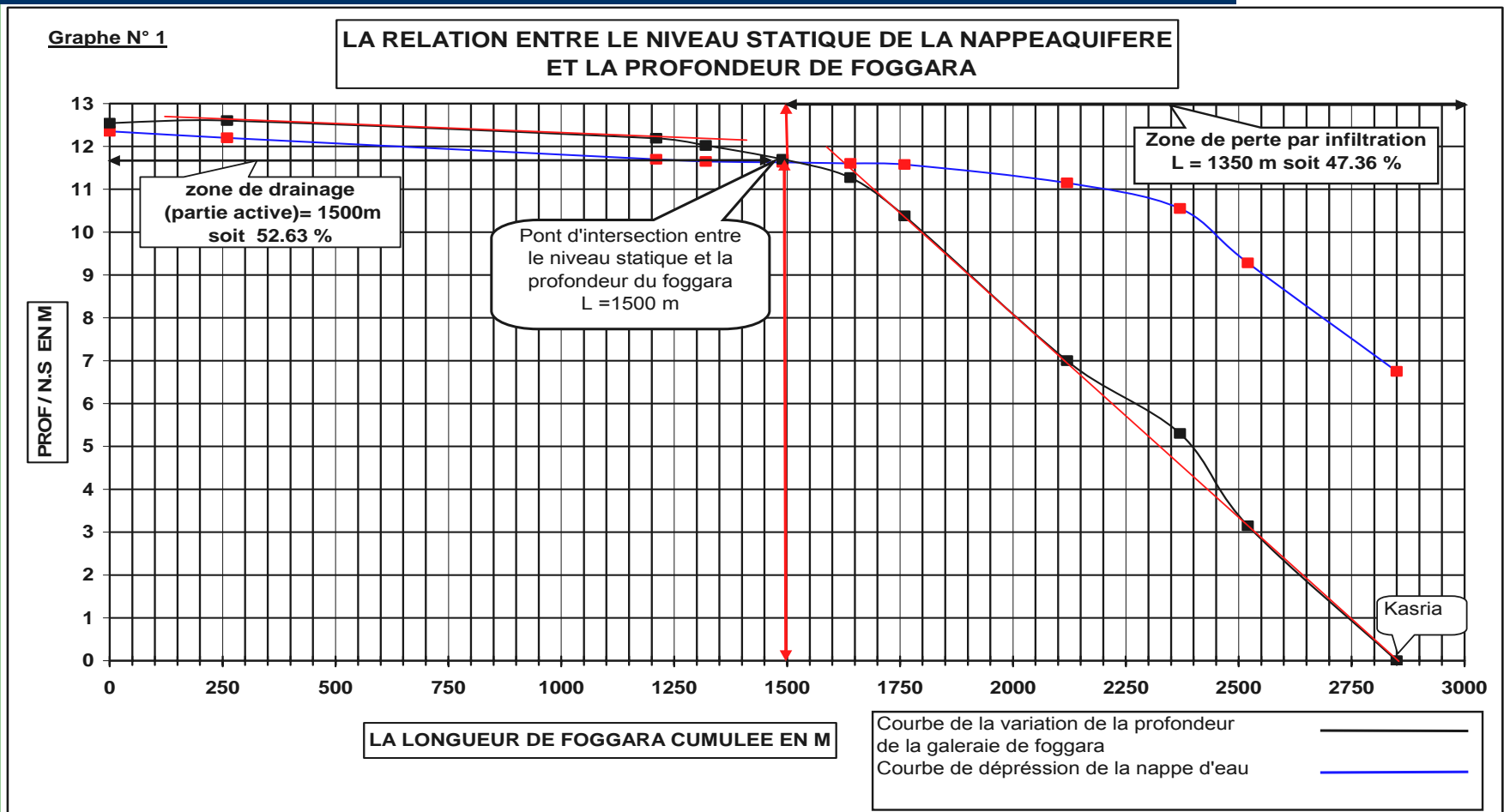


Echelle: 1/60.000é

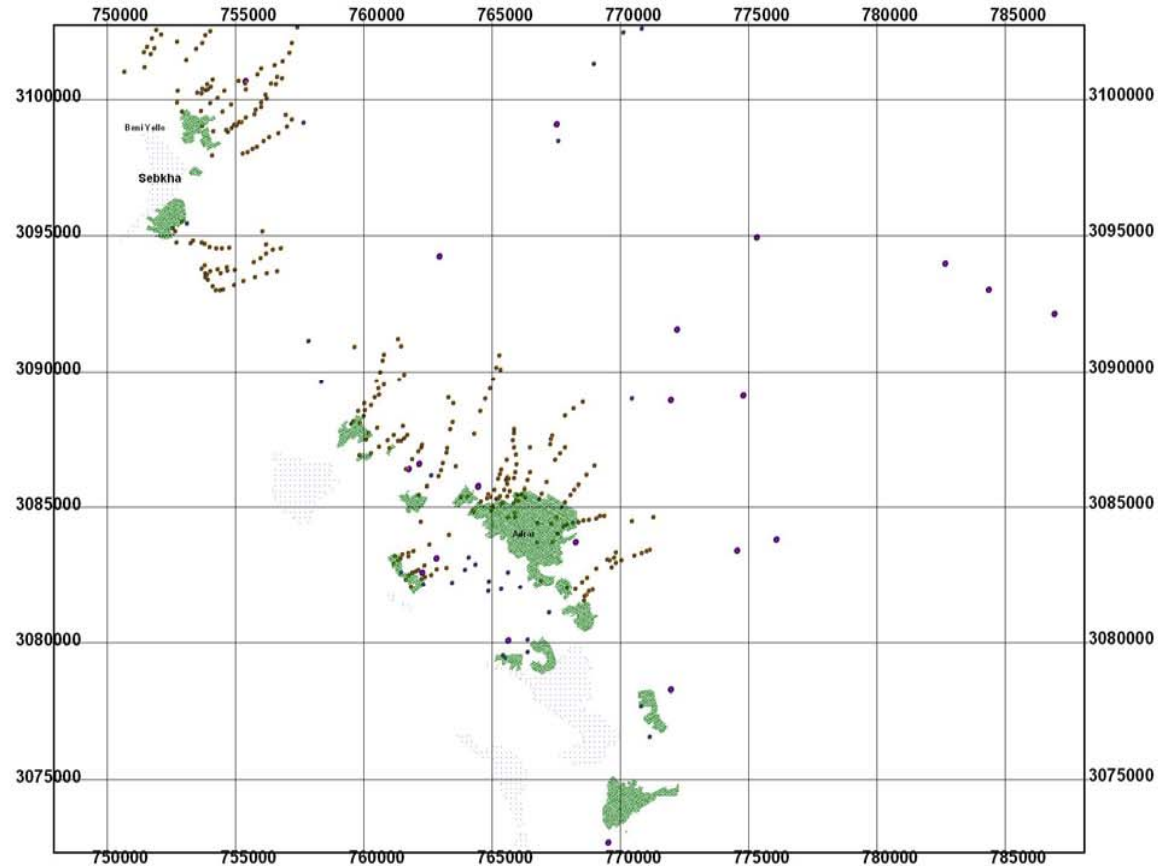
**LEGENDE:**














- |   |                        |   |     |                            |   |    |                                  |
|---|------------------------|---|-----|----------------------------|---|----|----------------------------------|
|  | Périmètre d'irrigation |    | 250 | Courbe de Niveau maîtresse |  | 25 | Puits traditionnels              |
|  | Palmeraie              |    | 224 | Courbe d'izopièze          |  |    | Forage d'AEP exploité            |
|  | Habitation             |  |     | Foggara pérenne            |  |    | Forage d'AEP non exploité        |
|  | Route Nationale N° 06  |  |     | Foggara tariée             |  |    | Forage d'irrigatin exploité      |
|  | Oued temporaire        |    |     | sens d'écoulement          |  |    | Forage d'irrigation non exploité |

# RELATION ENTRE LE NIVEAU STATIQUE DE LA NAPPE ET LA PROFONDEUR DE LA FOGGARA



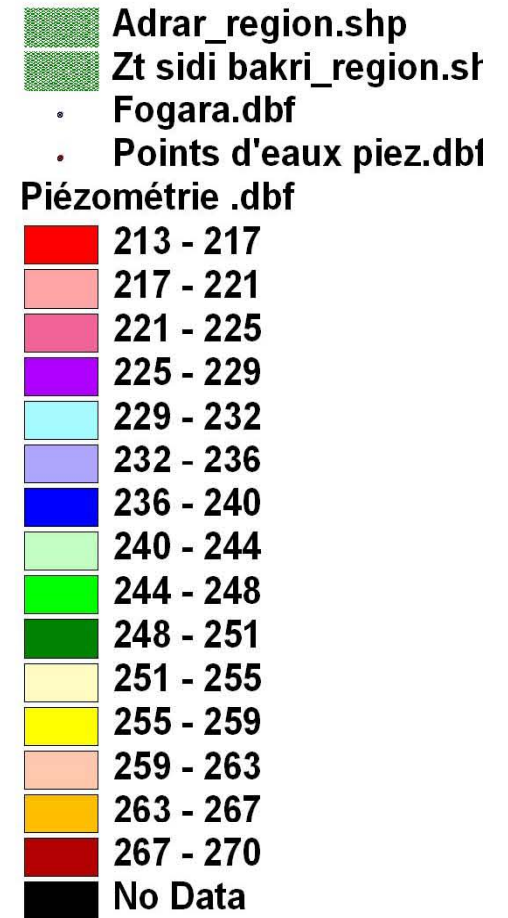
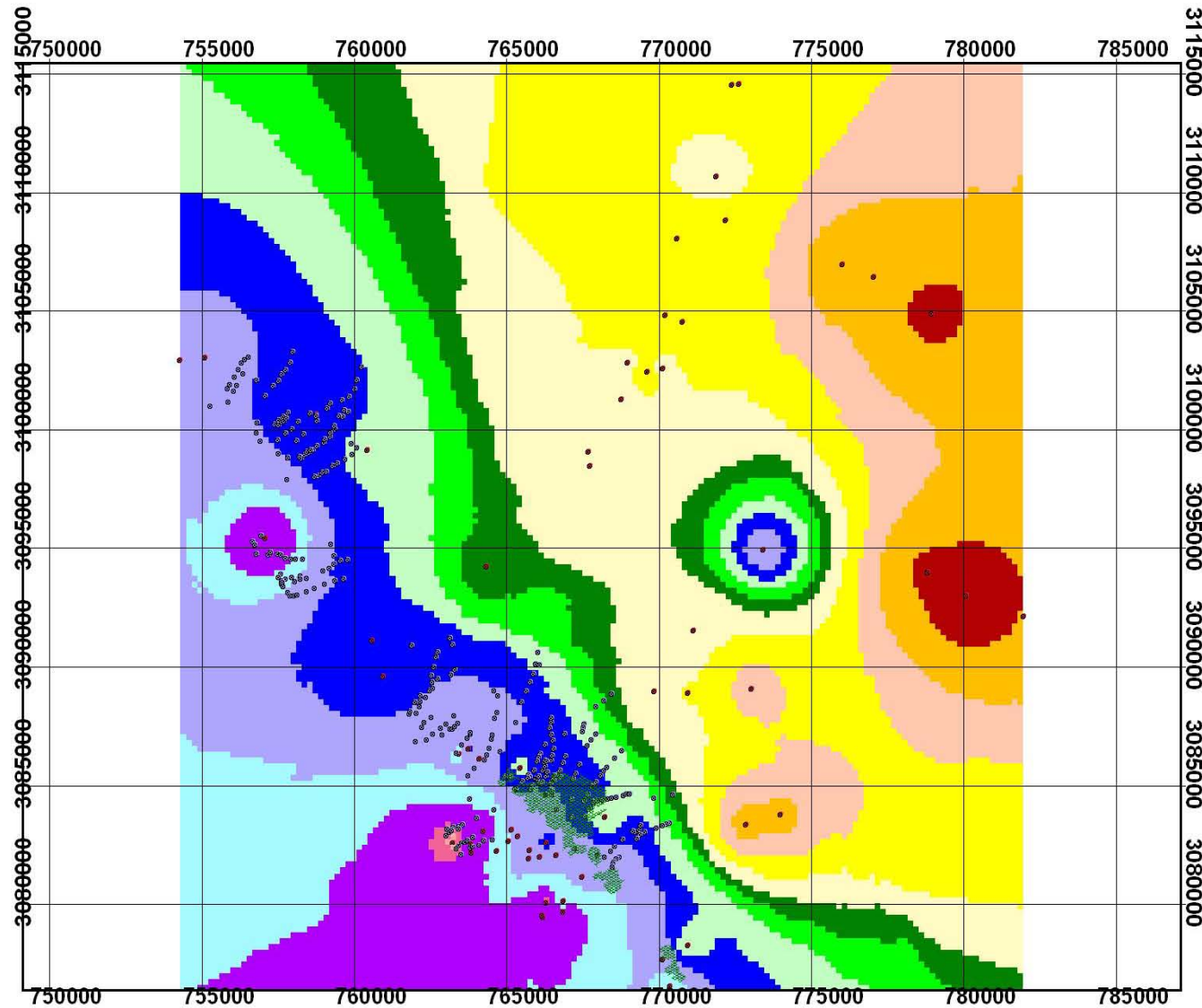
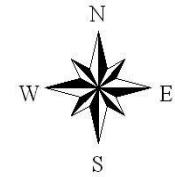
# Carte de positionnement



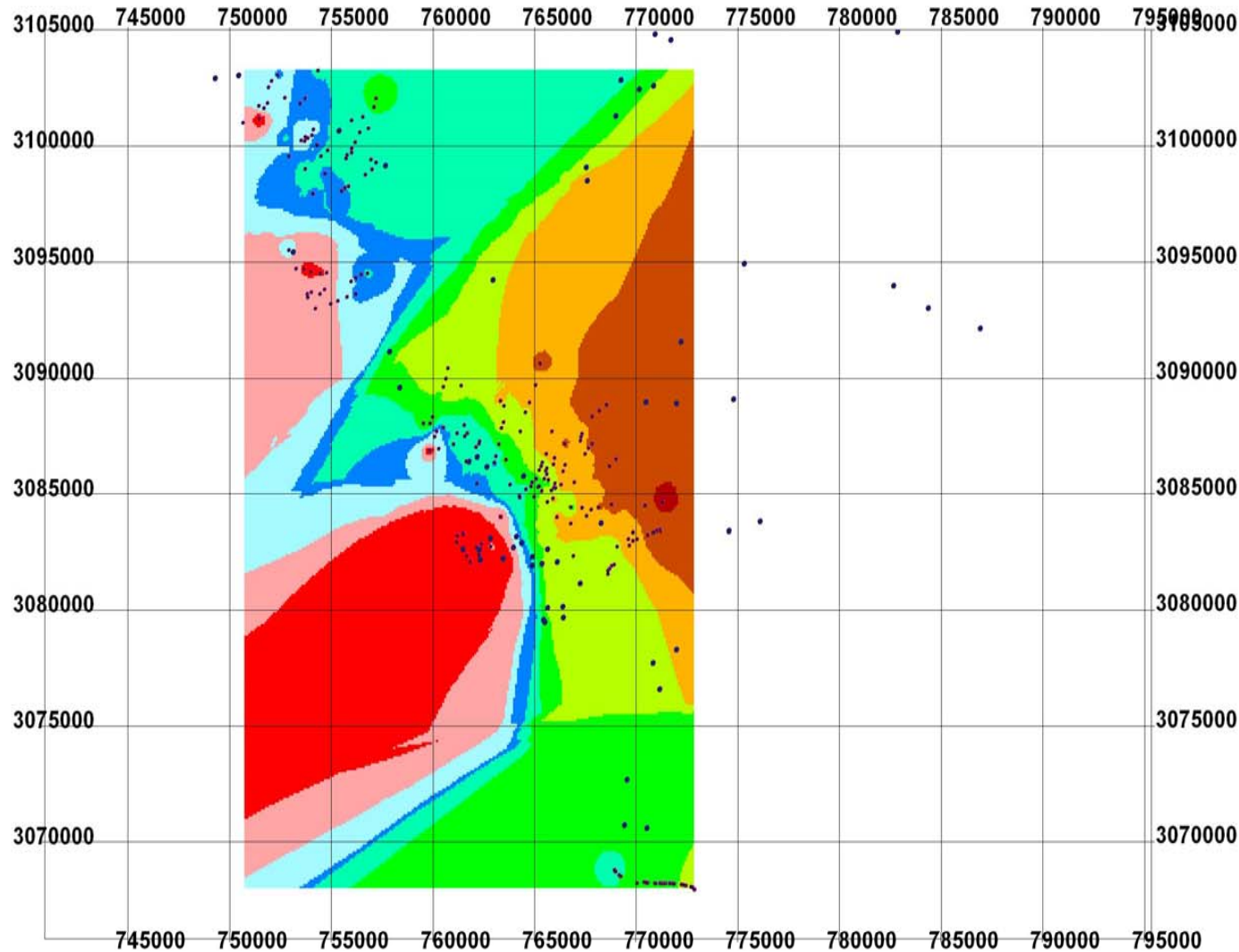
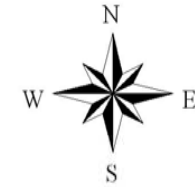
-  Zt sidi bakri\_region.shp
-  Tamentit\_region.shp
-  Ouaina\_region.shp
-  Melouka\_region.shp
-  Mahdia\_region.shp
-  Koussane\_region.shp
-  El mensour\_region.shp
-  Beni yellou\_region.shp
-  Sebkha.shp
-  Adrar.shp
-  Fogara.dbf
-  Puits traditionell.dbf
-  Forage.dbf

600000 0 600000 1200000 1800000 Kilometers

# Carte piézométrique



# Carte profondeur du foggara



- Foggara
  - Points d'eaux piez
- Profondeur de la foggara**
- |  |             |
|--|-------------|
|  | 227 - 230 m |
|  | 230 - 233 m |
|  | 233 - 236 m |
|  | 236 - 238 m |
|  | 238 - 241 m |
|  | 241 - 244 m |
|  | 244 - 247 m |
|  | 247 - 250 m |
|  | 250 - 253 m |
|  | 253 - 256 m |

0 10 Miles



# CLASSIFICATION DES FOGGARAS

La classification des foggara se fait par rapport aux paramètres suivants :

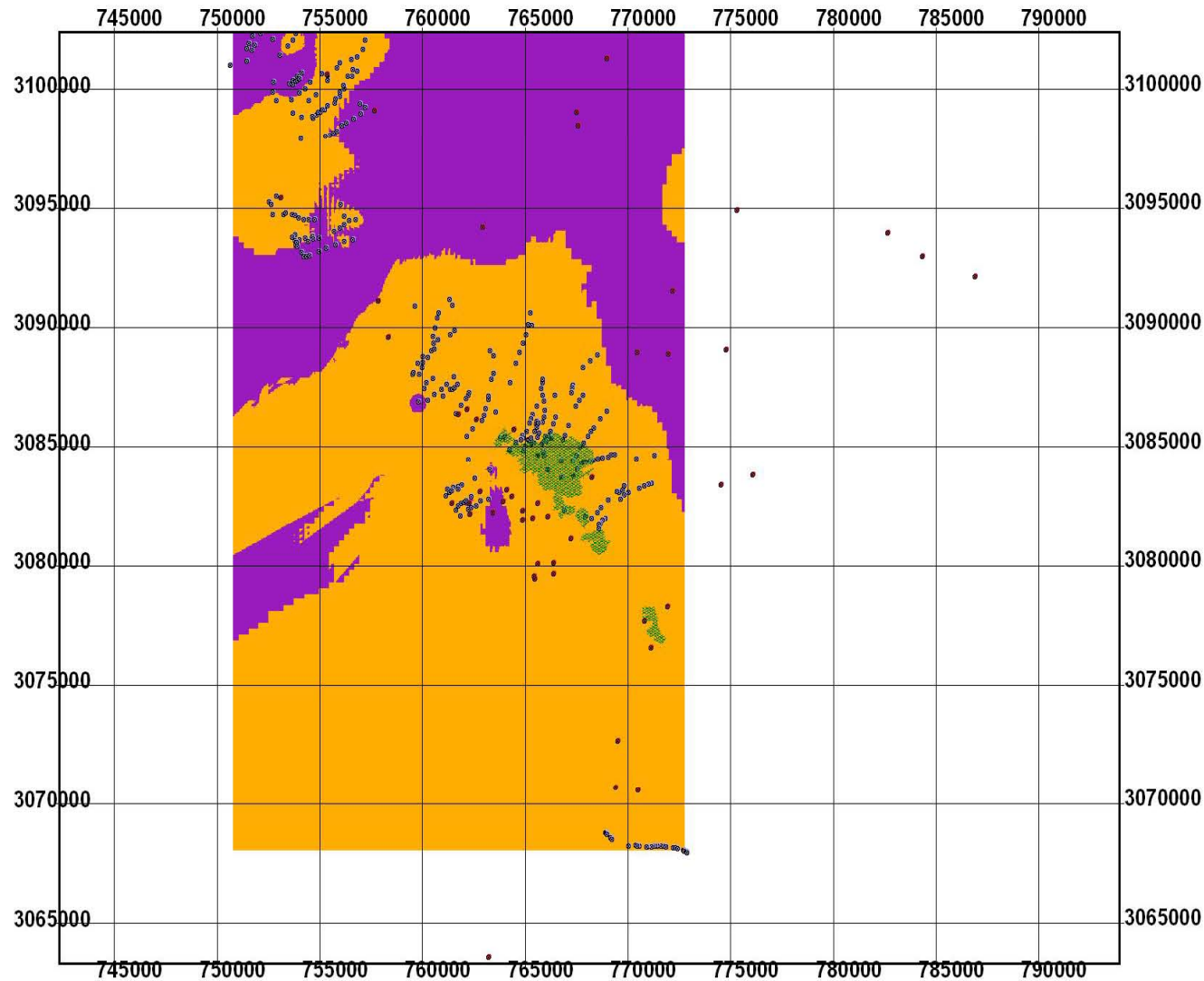
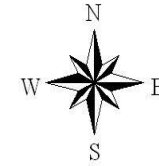
- - Le nombre de foggaras actives de chaque région (TOUAT, GOURARRA et TIDIKELT).
- - La longueur cumulée totale active pour chaque région.
- - Le débit cumulé des foggaras pour chaque région.

On trace le graphe des nombres des foggaras actives et des longueurs actives en fonction des débits drainés.

Ces trois paramètres nous permettent de déterminer le débit spécifique de chaque foggara en L/S/Km, le débit spécifique nous permet d'estimer le débit spécifique moyen pour la wilaya d'Adrar et de voir la variation de débit spécifique d'une région à une autre.. Cette classification permet de classer les foggaras en foggara à fort débit, moyen débit et à faible débit ce qui nous aide à planifier les subventions de l'état pour la réhabilitation des foggaras.



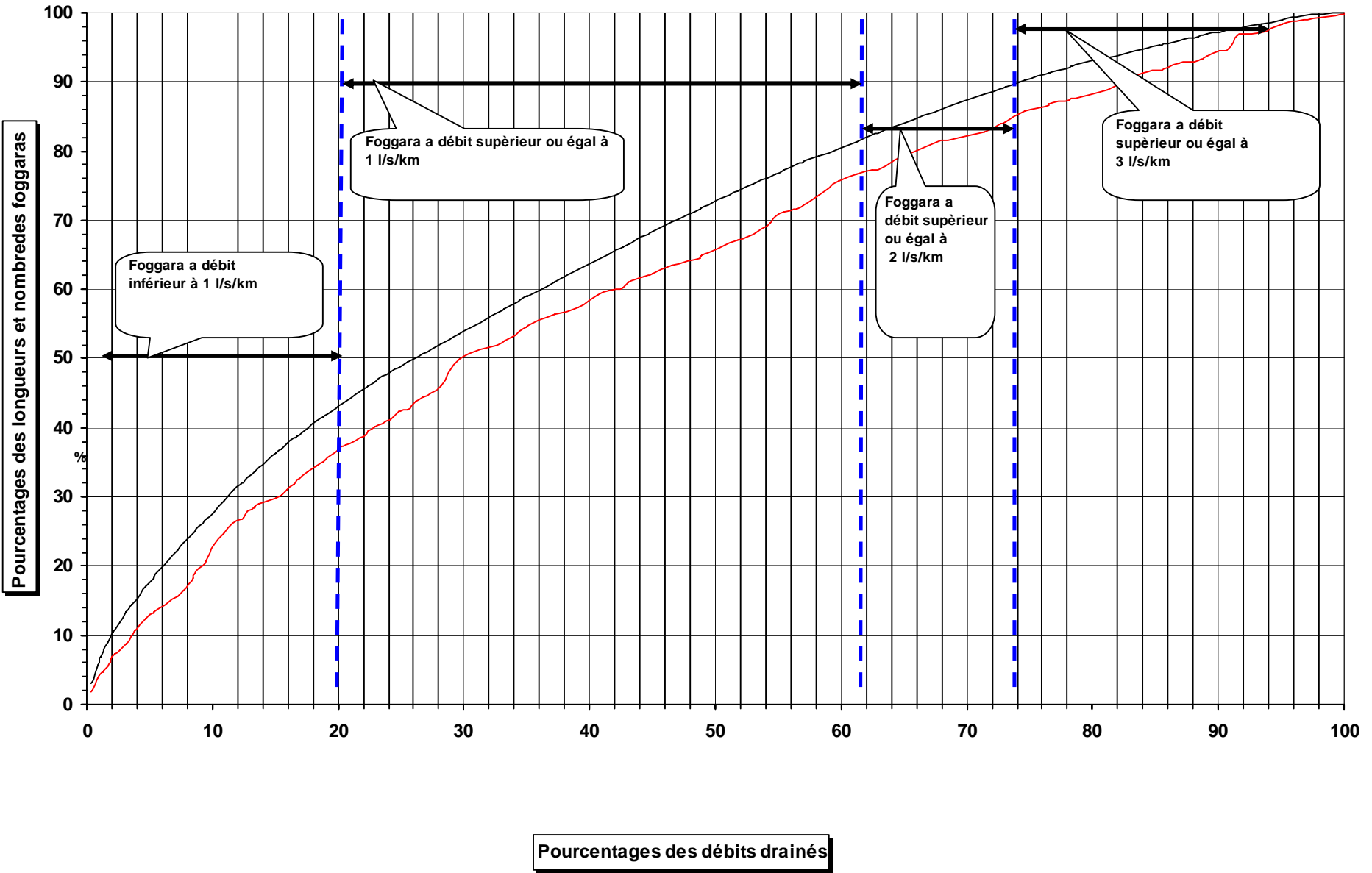
# Foggara > Niveau de la nappe d'eau



- Adrar\_region.shp
- Zt sisi bakri\_region.shp
- Points d'eaux piez.dbf
- Fogara.dbf
- Map Calculation 1
  - 0
  - Fogg > NP



LA REGION DE TOUAT  
LES DEBITS DRAINE EN FONCTION DES LONGUEURS ET NOMBRE DES FOGGARAS



# LES CONTRAINTES AGISSANT SUR LE FONCTIONNEMENT DES FOGGARAS

## 1- Nature géologique des formations drainées :

la nature des formations géologiques qui renferment la nappe d'eau superficielle joue un rôle important dans les débits des foggaras .

## 2- Nature de la nappe aquifère exploitée :

Les foggaras drainent les eaux de la nappe d'eau du continental intercalaire, les ressources de cet étendu système aquifère sont non renouvelables, c'est-à-dire que chaque volume d'eau extrait influe sur le volume global et qui se traduit ensuite par le rabattement continu du niveau statique de la nappe aquifère. D'après le modèle mathématique SASS (Système Aquifère du Sahara Septentrional) dans la wilaya d' Adrar ou la nappe du CI est libre sur une large superficie la baisse piézométrique observée entre 1950 et 2000 est souvent de quelques mètres : 5 à 20 m en 20 ans, dans le Gourara, 3 à 28 m en 30- 35 ans, dans le Touat et de 5 à 10m en 30 -35 ans dans le Tidikelt. D'une manière générale la nappe du CI accuse une baisse sensible en Algérie.

## 3- L'influence des forages d'eau sur la foggara (l'interférence réciproque) :

## 4 - Longueur de la partie inactive et la perte par infiltration :

La partie avale de la foggara constitue une zone transitoire qui relie la zone drainante et la palmeraie irriguée, sa longueur est très variable, il est en relation proportionnelle avec le rabattement de la surface de la nappe d'eau drainée, Lorsque l'eau drainée traverse ce tronçon perd une portion par l'infiltration, la quantité d'eau perdue est d'autant plus élevée que la longueur du tronçon est grande.

## 5 - EVAPORATION

, la zone saharienne, soumise à une forte évaporation des terrains supérieurs durant la longue saison sèche suivant l'hivernage. nous avons tenté d'estimer les flux évaporatoires théoriquement admissibles pour une nappe libre, à l'aide de l'expression établie par A. Coudrat- Ribstein et al. (1997) à partir des profondeurs piézométriques de la nappe :  $Q=71,9Z^{-1,49}$

avec : q : flux évaporé en mm/an

z : profondeur de la nappe sous le sol en m

Notons que ces flux sont indépendants de la nature des sols, On constate que le flux d'évaporation est inversement proportionnel à la profondeur de la nappe.

- L'influence du sens d'écoulement sur le débit des foggaras :

# INVENTAIRE DES FOGGARAS

Pour connaître l'ensemble des foggaras d'Adrar l'Agence nationale des Ressources Hydrauliques a organisé une campagne d'inventaire et jaugeage des débits des foggaras. La wilaya d'Adrar réunit 1400 foggaras réparties comme suit

- 907 foggaras pérennes (en services)
- 493 foggaras taries.

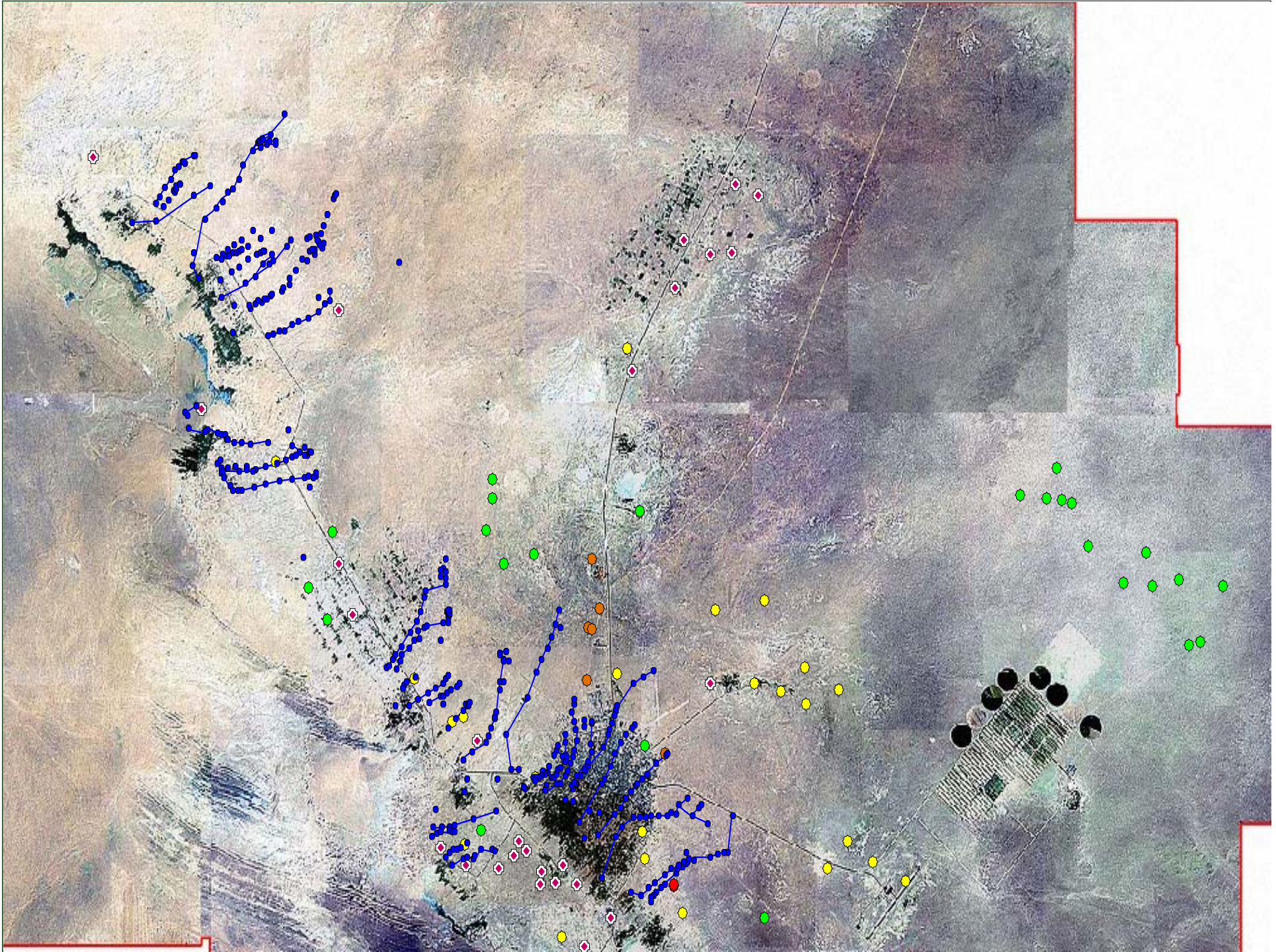


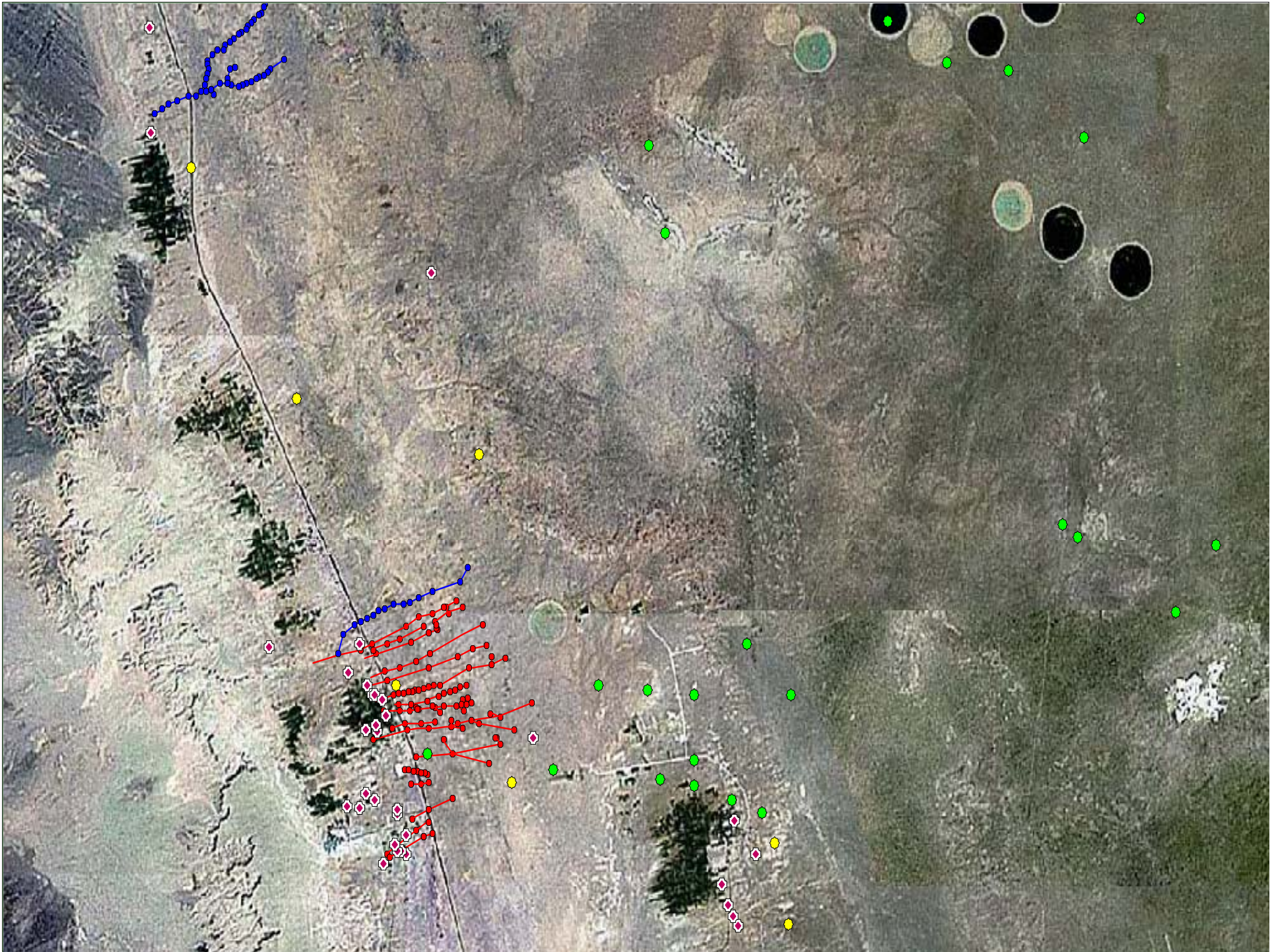
# GESTION DU SYSTEME FOGGARA

L'étendue de la wilaya et l'importance des foggaras comme système d'exploitation des eaux souterraines et la ramification du réseau de la foggara ,pour éviter au maximum les contraintes qui influent sur les foggaras citées précédemment surtout le problème interférence réciproque et pour avoir une gestion simple et fiable et pour faciliter l'accès à l'information concernant le système foggaras on a pensé à introduire les foggaras dans le système d'information géographique ( SIG ) de la wilaya.

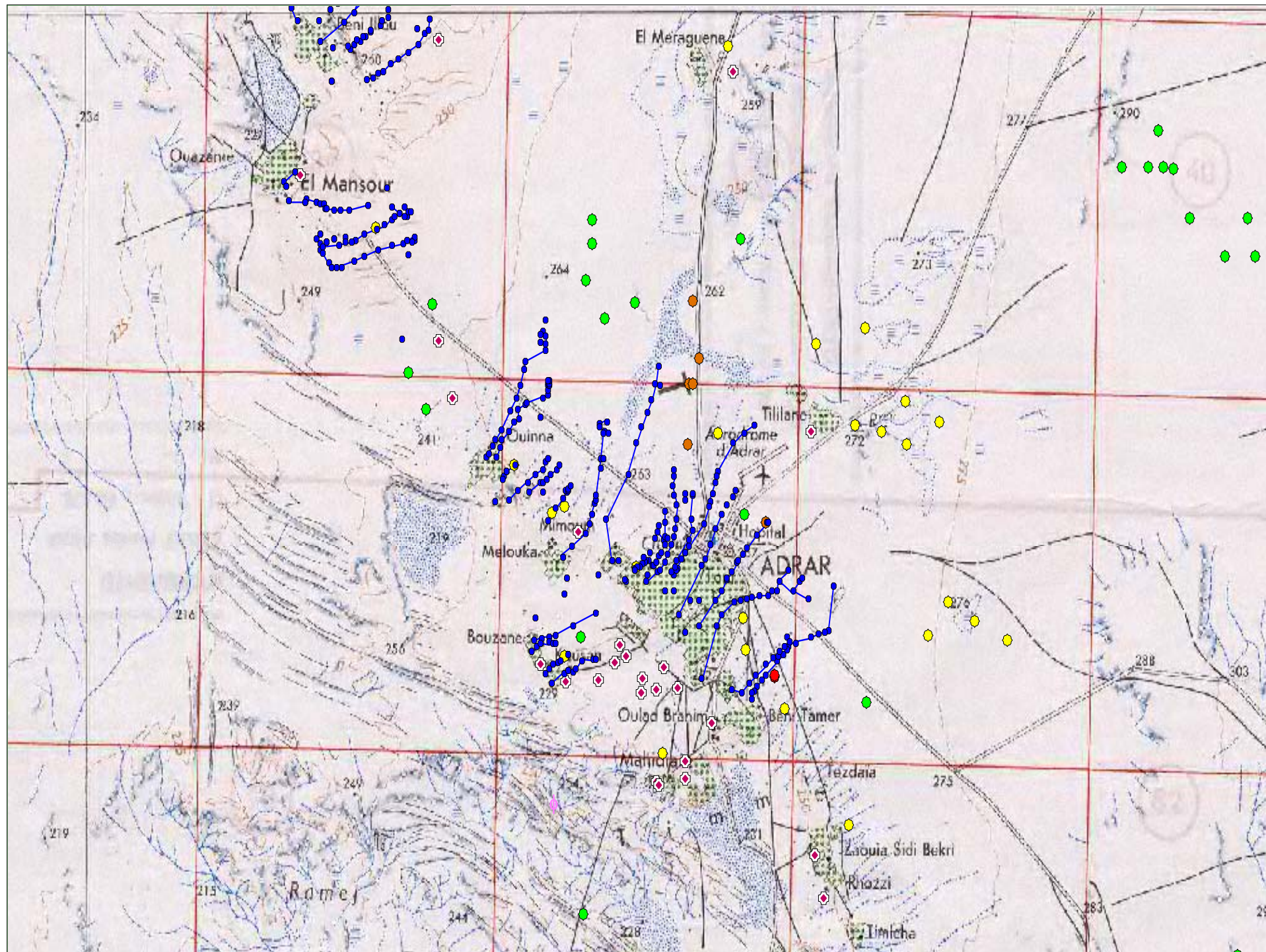
Le SIG comporte:

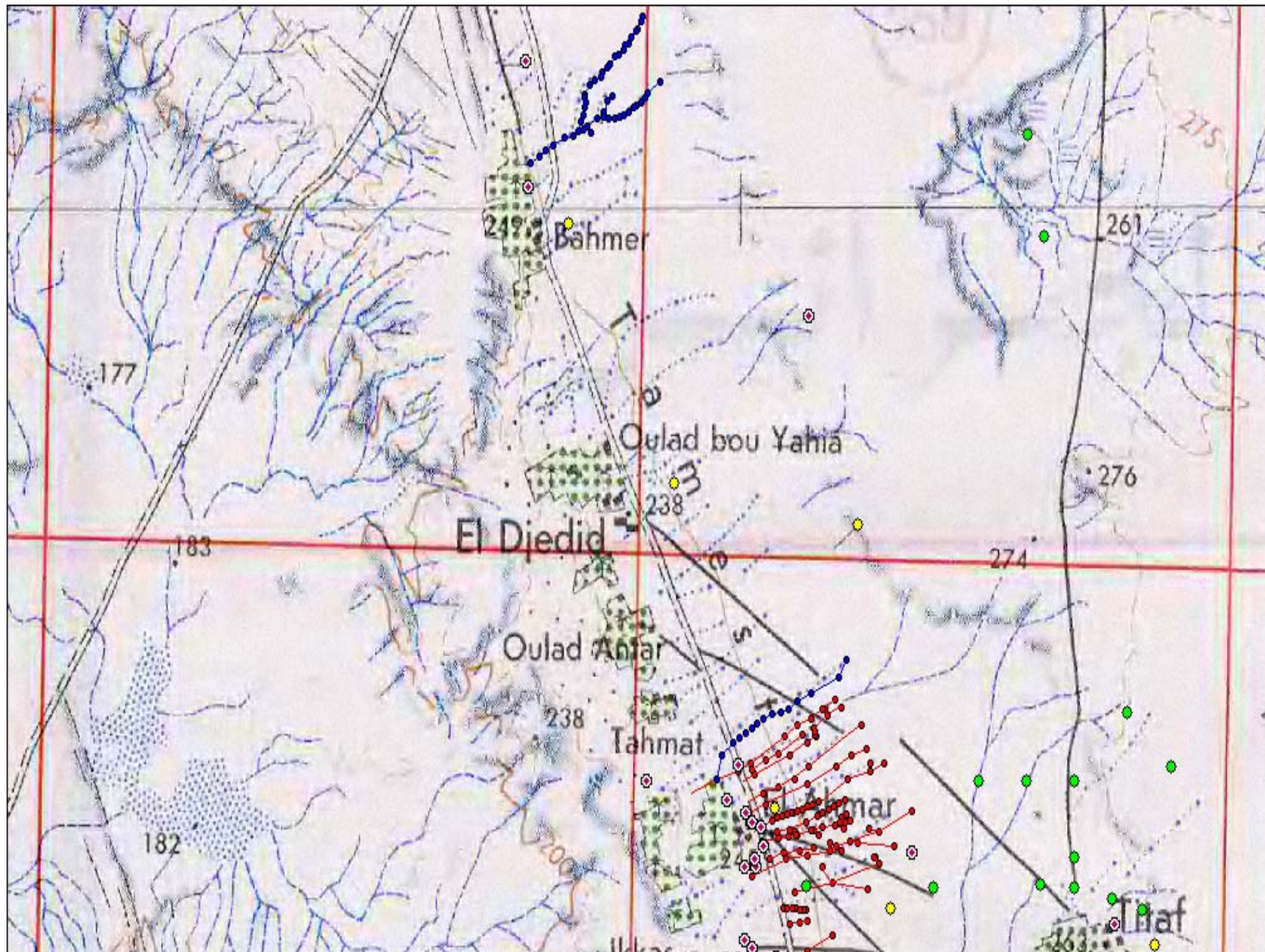
- Les photos satellites.
- Les cartes topographiques numérisées.
- Les cartes géologiques numérisées.
- Une base de données

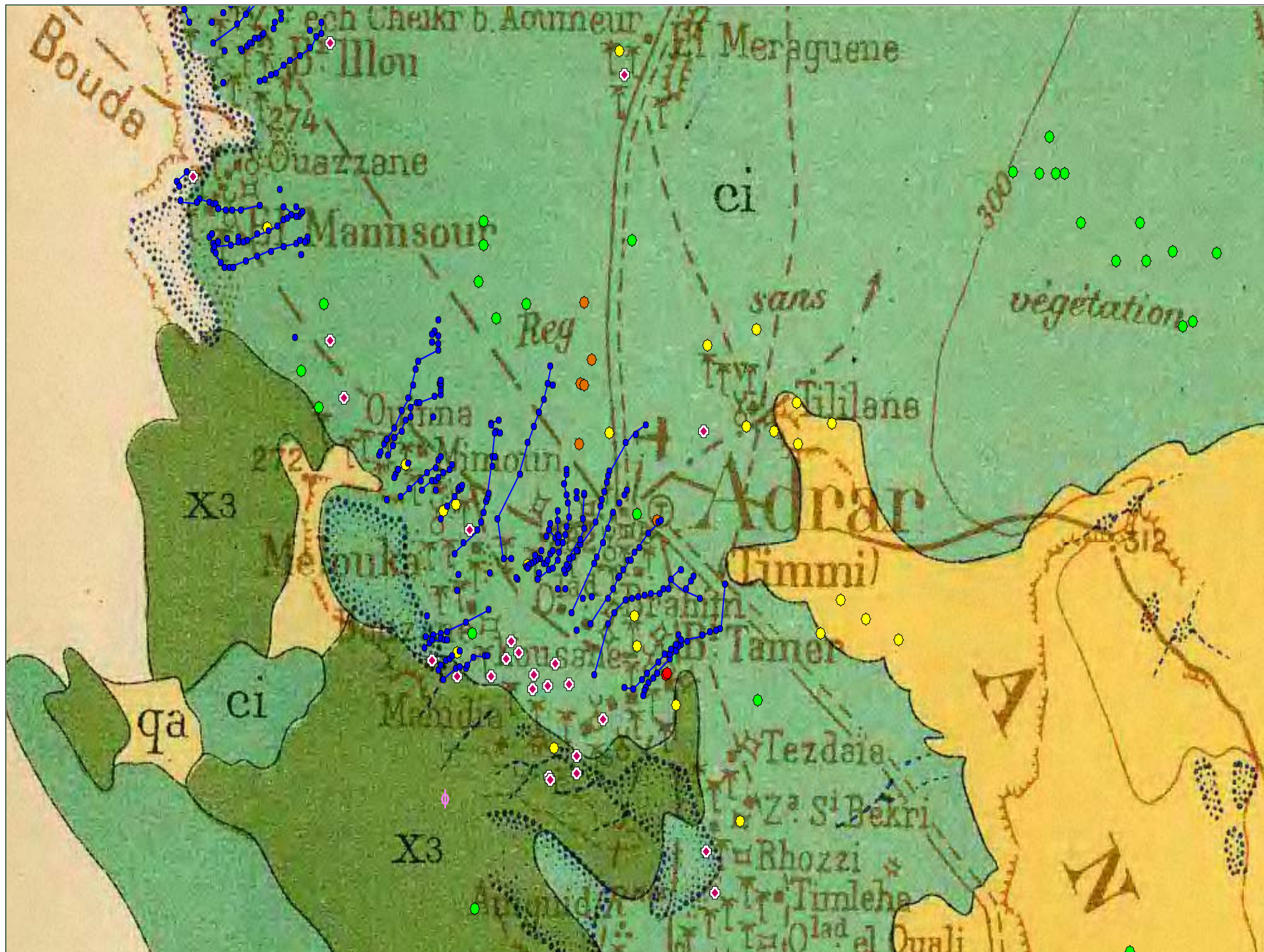












# PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DE LA FOGGARA :

Les paramètres chimiques d'une dizaine d'échantillons d'eau prélevés des foggaras et analysés dans le laboratoire ANRH Adrar indiquent que :

- Sur le plan salinité, les eaux sont à minéralisation moyenne et presque toutes les eaux possèdent une minéralisation inférieure à 2000 mg/l. L'utilisation d'une telle eau en irrigation requiert certaines précautions telles que le choix des textures, l'addition de doses de lessivage aux besoins des cultures et la pratique systématique du drainage. Or, dans tous les périmètres irrigués par ces eaux le drainage n'est pas une pratique connue. Ces considérations confortent l'hypothèse de l'extension des surfaces salées par l'irrigation (SEBKHA).

# LES SOLUTIONS POUR AMÉLIORER ET SAUVEGARDER LES DÉBITS DES FOGGARAS

1. L'imperméabilisation de la zone inactive de la foggara est la seule solution qui nous permet de récupérer ce volume d'eau infiltrée, et diminuer le volume d'eau perdu par évaporation. L'imperméabilisation de cette zone se fait par bétonnage ou pose de conduite le long de la zone inactive avec des regards de visite chaque 30m environ.
2. Faire des corrections des débits des forages qui existent dans les champs de captage des foggaras. Le procédé de correction des débits des forages permet d'éliminer ou réduire l'interférence réciproque entre les points de captage.
3. La modernisation des outils de curage et travail pour le prolongement des galeries pour diminuer le temps du travail dans une foggara ceci va abaisser le prix de revient du mètre cube d'eau de la foggara.
4. Renforcement des foggaras par des puits équipés de pompes à énergie solaire ou éolienne : l'implantation des puits peu profonds équipés par des pompes à énergie solaire permet de combler le déficit des débits des foggaras, cette solution est très importante et faisable surtout pour les foggaras ayant une caractéristique  $Q \geq 1$  l/s/km, Il est conseillé de ne pas implanter les puits au voisinage des têtes des foggaras (zone de drainage des foggaras) car on risque de rabattre le niveau de la nappe et assécher la partie drainante par pompage . le puits doit être implanté dans la partie avale de la foggara pour capter les flux des débits passés sous les galeries

# CONCLUSIONS

**Il ne s'agit pas au contraire de maintenir des techniques hydrauliques primées ou encore de chercher à figer l'histoire et à réduire la société ksourienne et les oasis traditionnelles en une sorte d'écomusée. Il s'agit au contraire de réparer et de rétablir les fonctions endommagées car les foggaras c'est l'histoire et le patrimoine qu'on ne doit pas négliger**

