

## CHAPITRE IV : EVALUATION DES EAUX DE LA NAPPE PHREATIQUE

Le bassin du Saïss renferme deux nappes d'intérêt inégal:

- la nappe phréatique qui circule dans des sables, conglomérats et par endroits dans les calcaires lacustres du Plio-Villafranchien ;
- la nappe profonde qui circule dans les calcaires dolomitiques du Lias et se met en charge sous l'épaisse série de marnes imperméables du Miocène.

Ces deux nappes communiquent entre elles par endroits, à travers des fractures et failles ou indirectement par drainance ascendante.

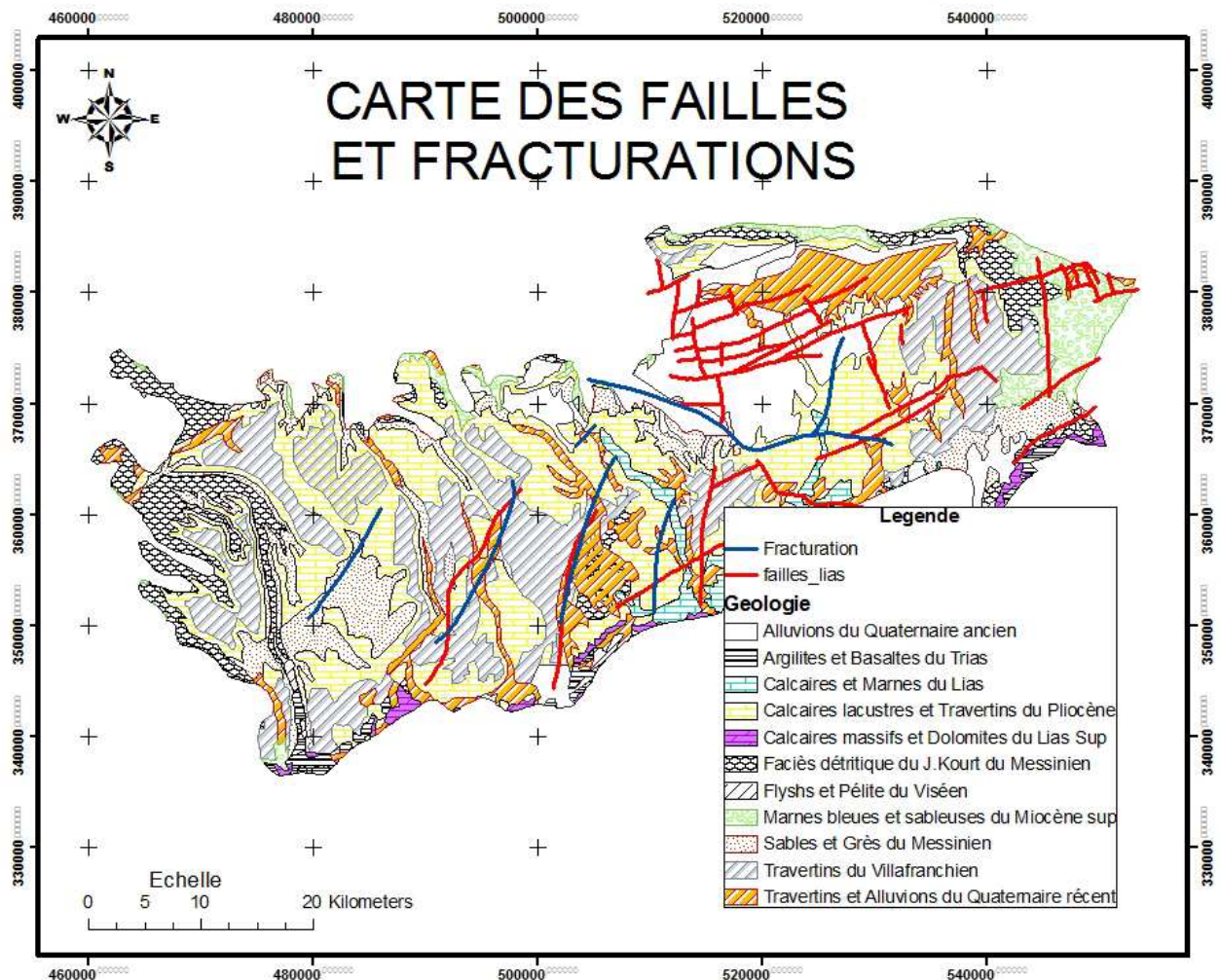


Figure 31 : Carte des failles et fracturations du bassin.

---

## **I. LITHOLOGIE DE LA NAPPE**

Cette nappe s'étend sur environ 80 km de long entre ses limites Ouest et Est, constituées par les affleurements argilo-marneux et les oueds Mikkès (Est) et Boufekrane (Ouest).

Elle s'étend également sur une largeur d'environ 30 km entre ses limites Nord (constituées par les marnes tertiaires au contact des rides pré-rifaines) et Sud (constituées par la ligne de contact entre le remplissage Plio-Quaternaire et les formations calcaires du Causse du Moyen-Atlas).

La lithologie de la nappe phréatique varie énormément entre l'Ouest et l'Est du bassin.

D'une façon générale, la nappe circule dans des dépôts du Plio - Quaternaire constitués de sables, grès, conglomérats, marnes sableuses et localement de calcaires lacustres.

A l'Ouest, la nappe circule dans un complexe sablo-limoneux, pouvant atteindre 70 m d'épaisseur.

Au centre et à l'Est du plateau de Meknès, la nappe circule principalement dans des grès et conglomérats, recouverts par des calcaires lacustres. L'épaisseur est comprise entre 20 et 40 m et peut atteindre localement 80 m.

Dans la partie centrale de la plaine du Saïs, la nappe circule notamment dans des calcaires lacustres karstifiés, d'épaisseur comprise entre 40 et 80 m.

Plus à l'Est, les calcaires lacustres disparaissent au profit de conglomérats et de sables argileux, sur une épaisseur de moins de 40 m.

Le substratum de la nappe est constitué par les marnes bleues du Miocène (Tortonien). Leur épaisseur peut atteindre 900 m et mettent en charge lias.

## **II. PROFONDEUR DE LA NAPPE**

La surface de l'eau de la nappe phréatique (mesurée en février-mars 2005 par L'ABH Sebou) se situe généralement entre 10 et plus de 40 m de profondeur. Au Nord du bassin, les profondeurs sont faibles ; généralement inférieures à 20 m (Fig.31). Au Sud et à l'Ouest du bassin, la profondeur de l'eau est généralement supérieure à 30 m. Au centre, cette profondeur est comprise entre 25 et 35 m.

La profondeur moyenne par rapport au sol de la surface de la nappe phréatique est de 25 m.



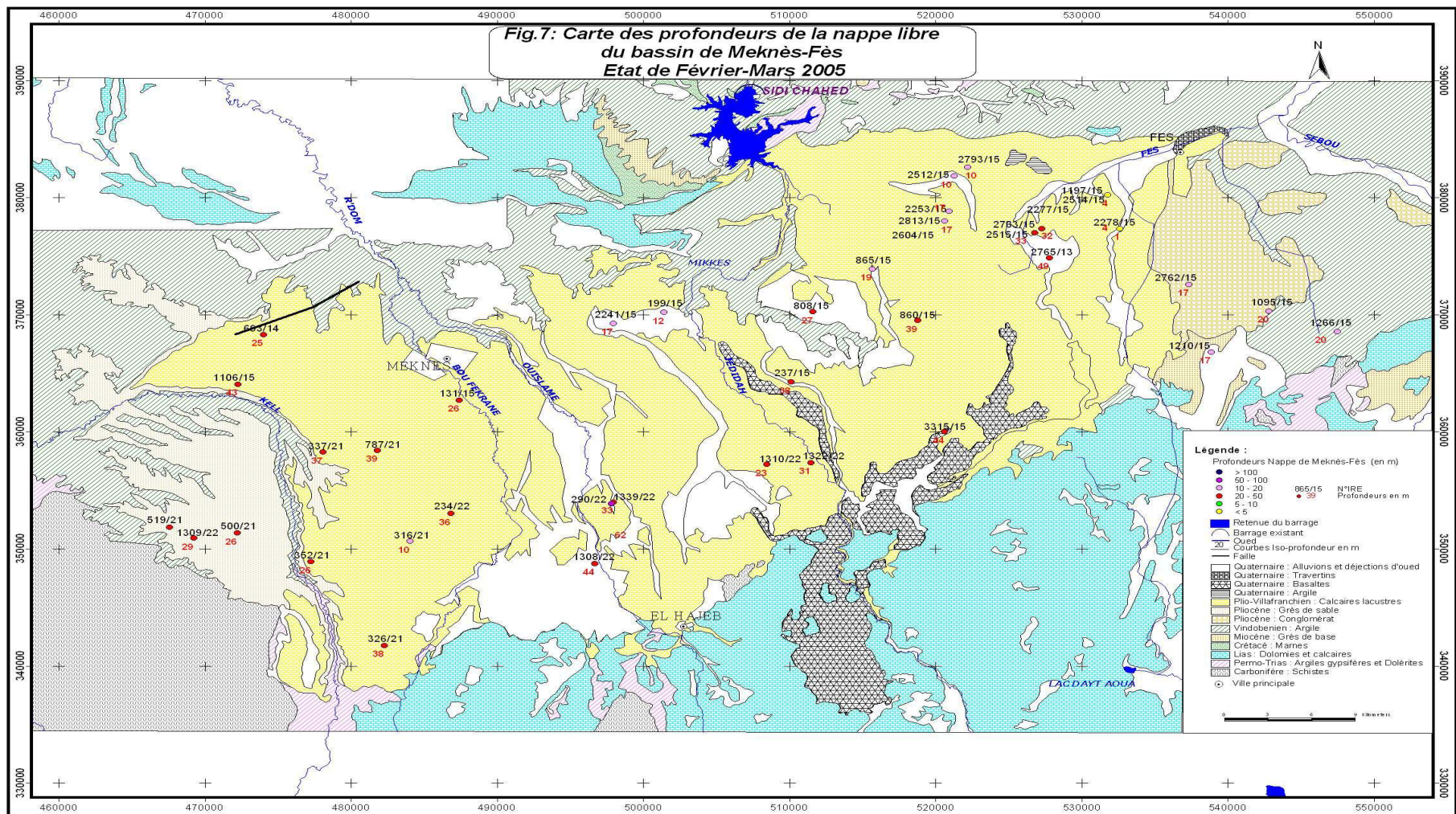


Figure 32 : Carte des profondeurs de la nappe du Saiss-Période : Fév.-Mars 2005

### III. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE

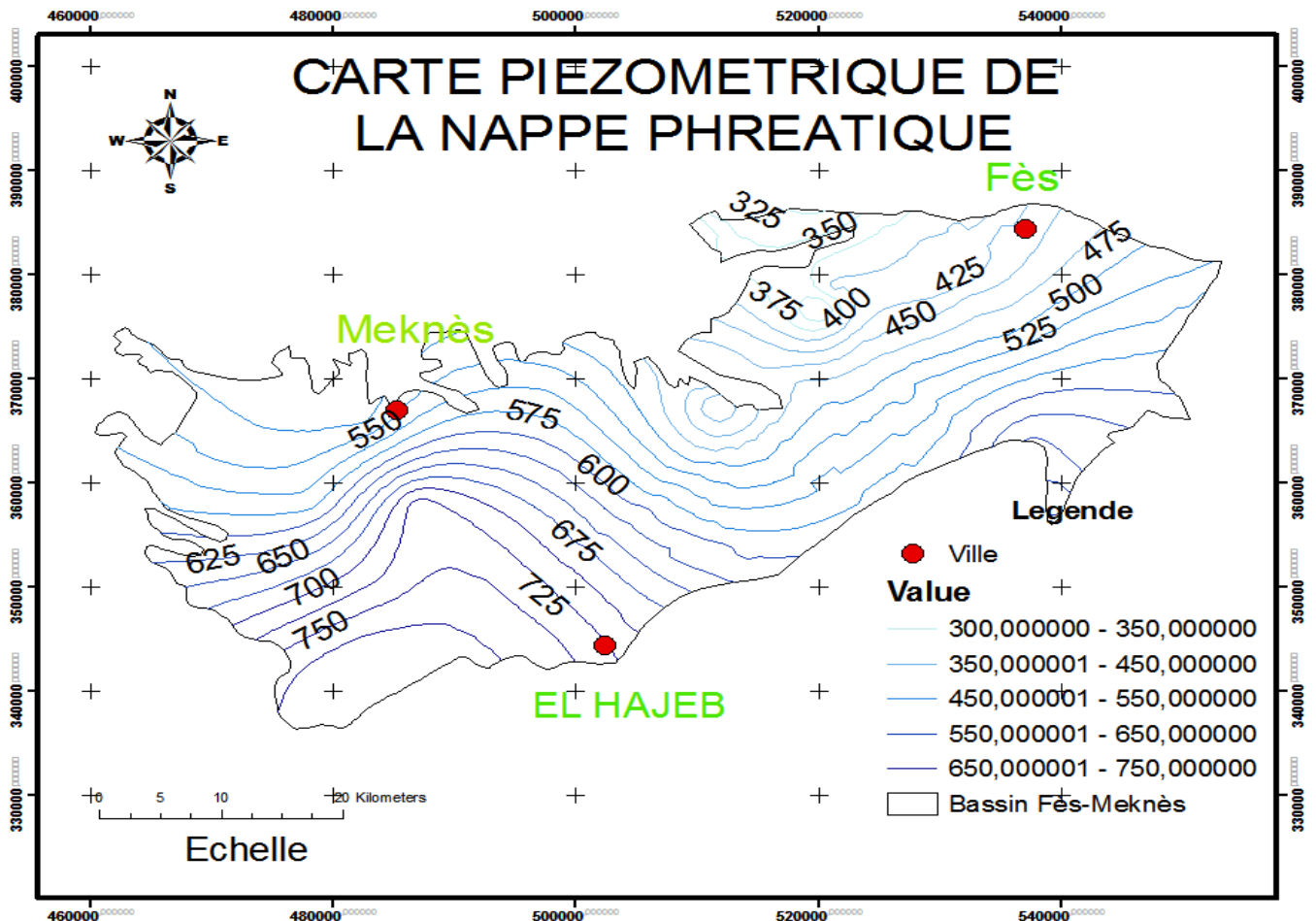


Figure 33 : Carte des courbes isopiézométrique de la nappe du Saïss

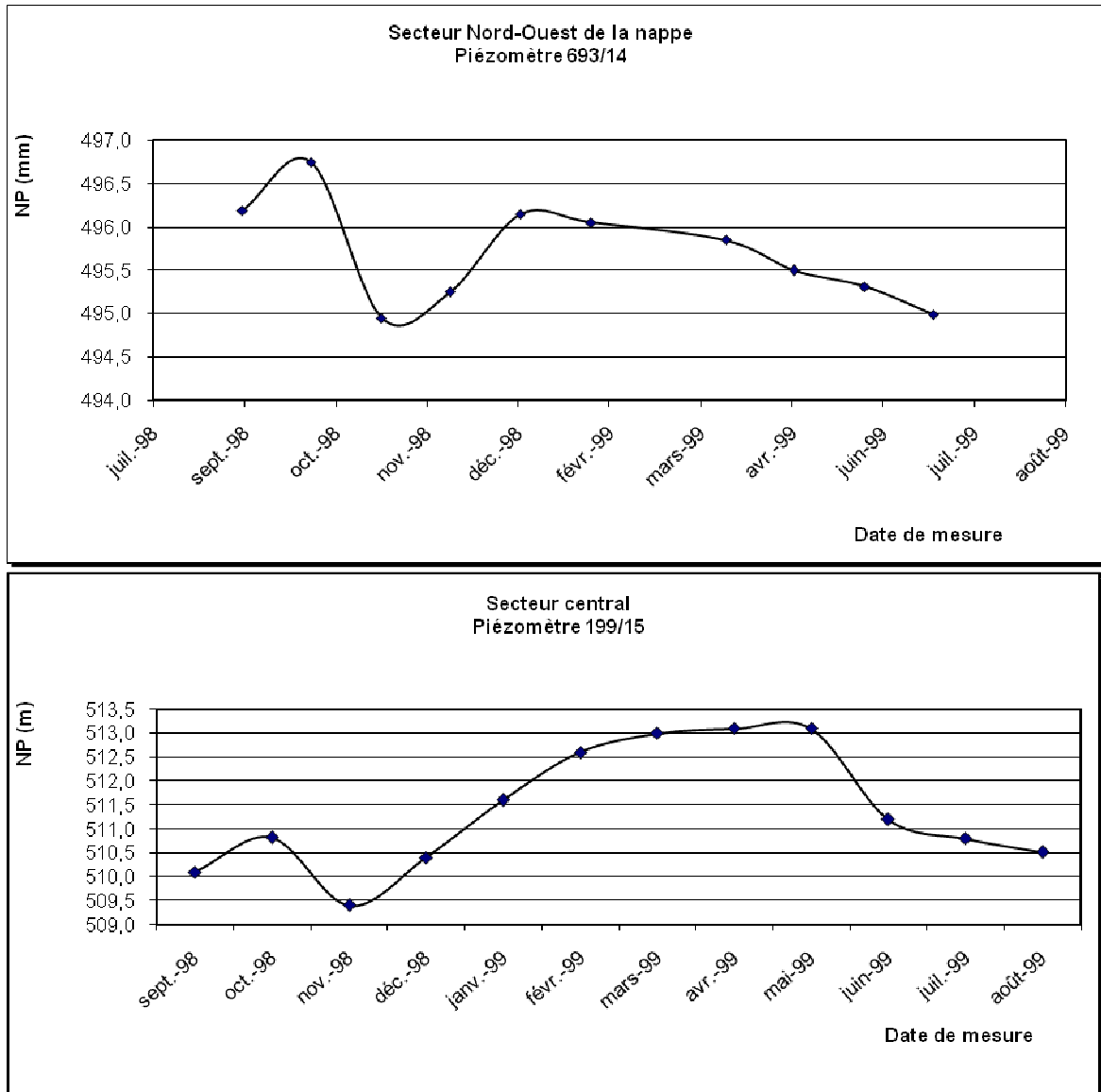
La carte de la Fig. 32 représente l'état piézométrique de la nappe, relative à la période de février-mars de 2005, élaborée à partir des données mesurées dans 47 puits et forages. Les niveaux piézométriques varient entre environ 325 m au Nord-Est de la nappe et plus de 800 m au niveau de la limite Sud-ouest du bassin, de part et d'autre d'EL Hajeb.

#### 1. Fluctuations de la nappe

##### a. Fluctuations saisonnières des niveaux de l'eau

Ces fluctuations dépendent de l'importance de la recharge et de la porosité de la nappe ; elles varient entre environ 1 m (secteur Est) et 4.5 m (secteur central), avec une hauteur moyenne d'environ 1.4 m. Ces fluctuations suivent celles des précipitations, avec un retard de un à trois mois dans la plaine du Saïss et de un à deux mois dans le plateau de Meknès

Les plus hautes eaux sont mesurées généralement entre les mois de janvier et mai et les basses eaux le sont entre les mois de juillet et août de chaque année (Fig. 33).



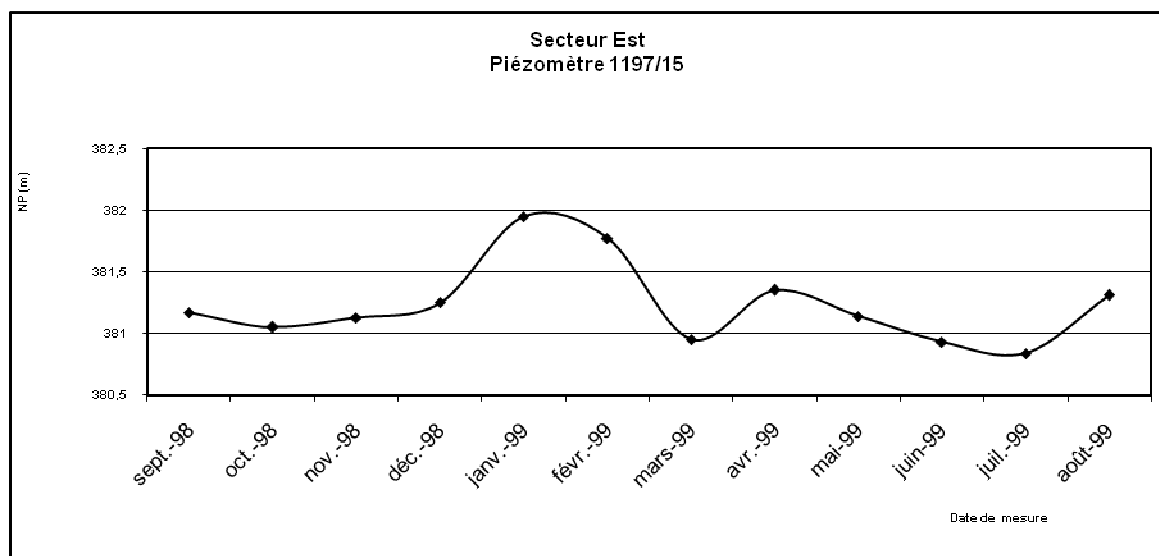


Figure 34 : Variations saisonnières de la piézométrie de la nappe phréatique de Fès-Meknès (Année : 1998-1999)

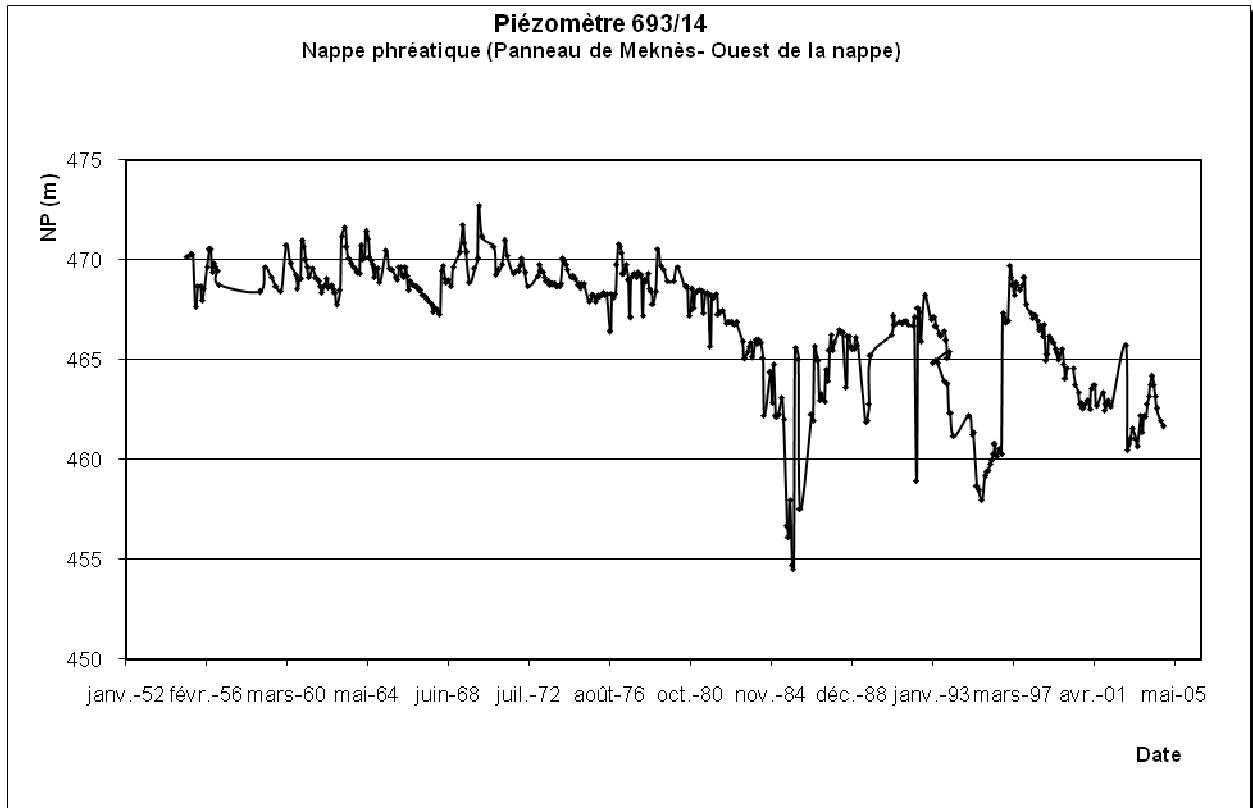
### b. Fluctuations interannuelles des niveaux de l'eau

Ces fluctuations varient selon les secteurs, avec cependant une tendance générale à la baisse.

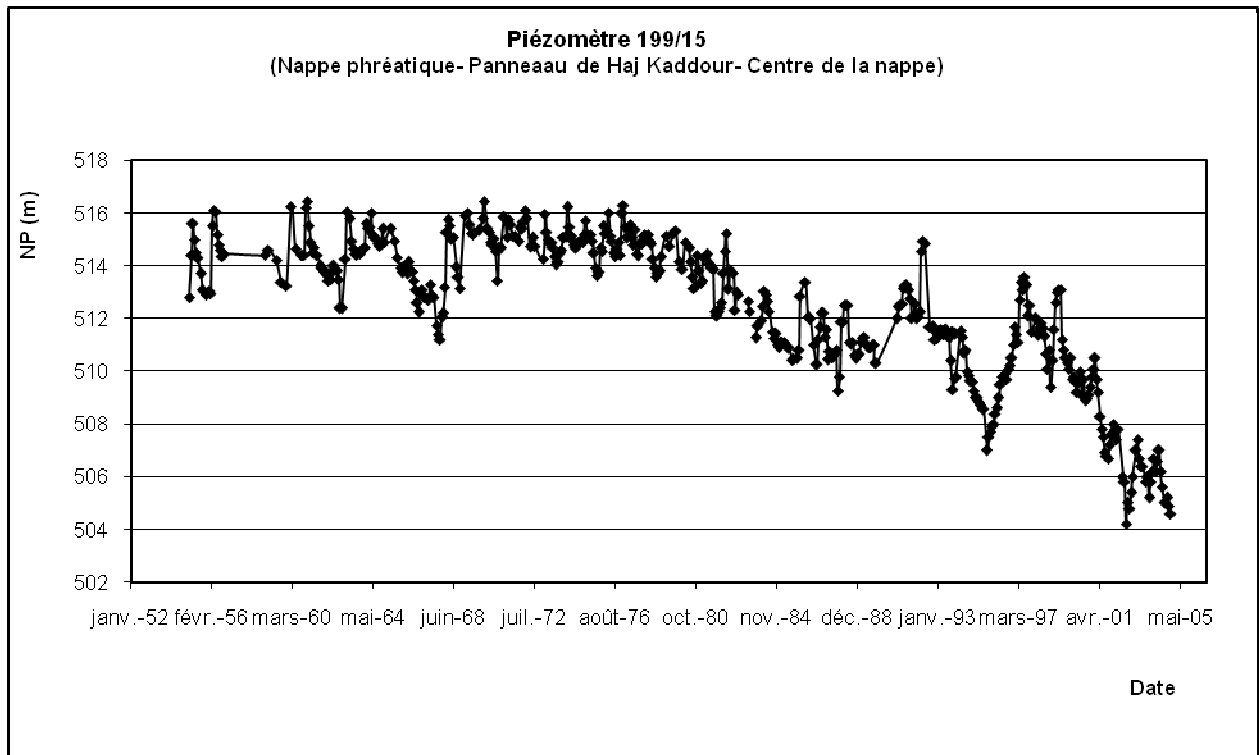
Le piézomètre 693/14, situé à l'Ouest de la nappe, montre une légère baisse, mais continue des niveaux de la nappe depuis 1970. La hauteur de cette baisse est d'environ 4 m, soit une moyenne d'environ 12 cm/an. Cette baisse s'est accentuée entre 1980 et 1986 et atteint un total de 6 m, soit une moyenne d'environ 1 m/an (Fig. 34).

Le secteur central de la nappe est également caractérisé par une baisse continue de la nappe (Fig.35), comprise entre 10 et 20 cm/an. Cette tendance est beaucoup plus accentuée entre 1996 et 2004, où la baisse moyenne est d'environ 1.2 m/an.

La partie Nord-est de la nappe est caractérisée par une stabilisation des niveaux (Fig.36).

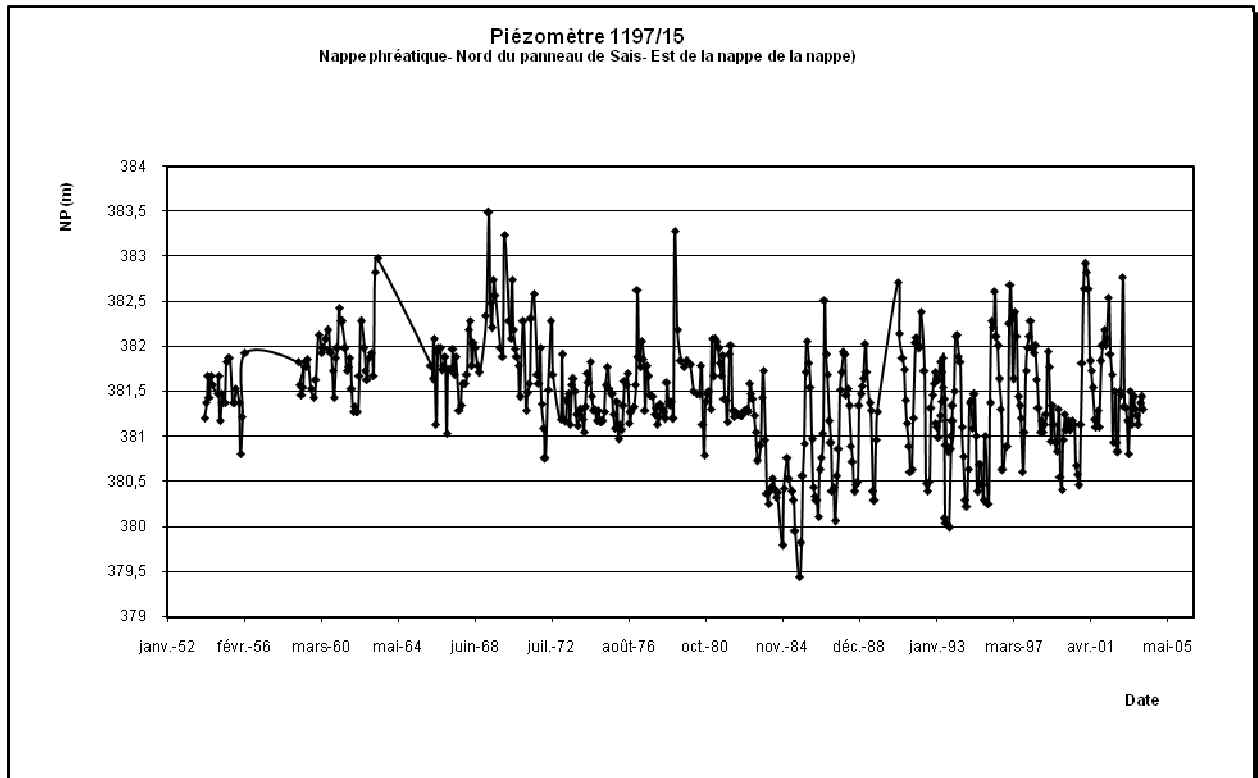


**Figure 35 : Historique piézométrique du secteur Ouest de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès**

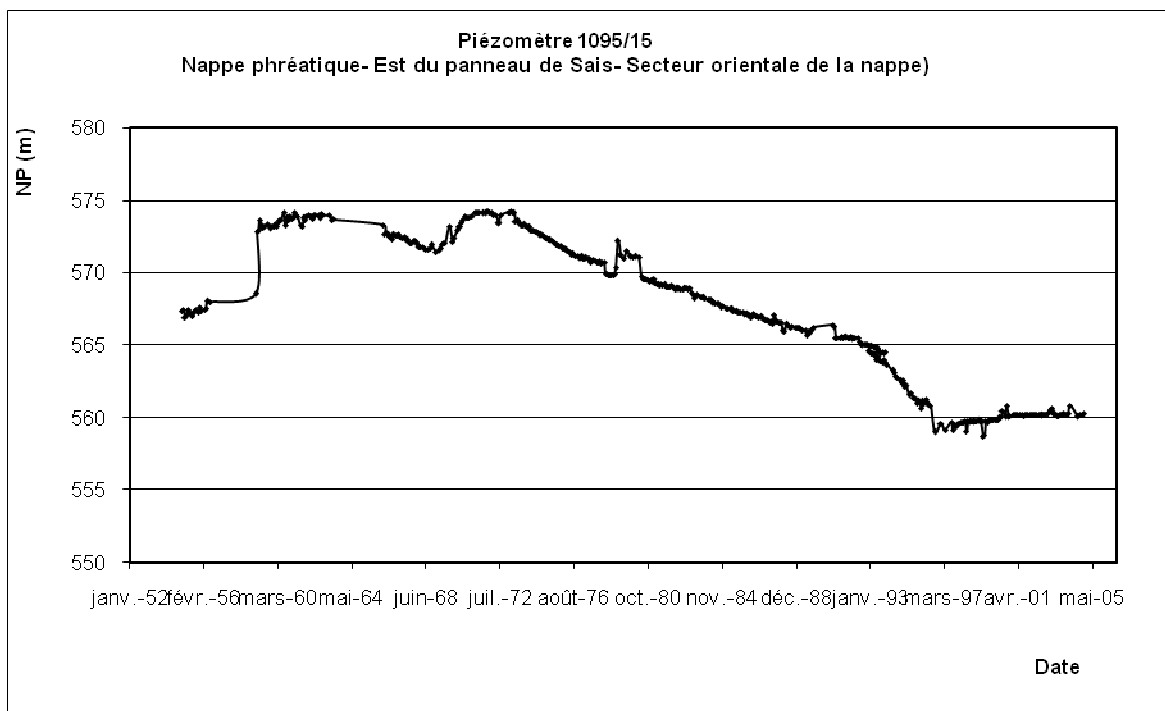


**Figure 36 : Historique piézométrique du secteur central de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès**





**Figure 37 : Historique piézométrique du secteur Nord-est de la nappe de Fès-Meknès**



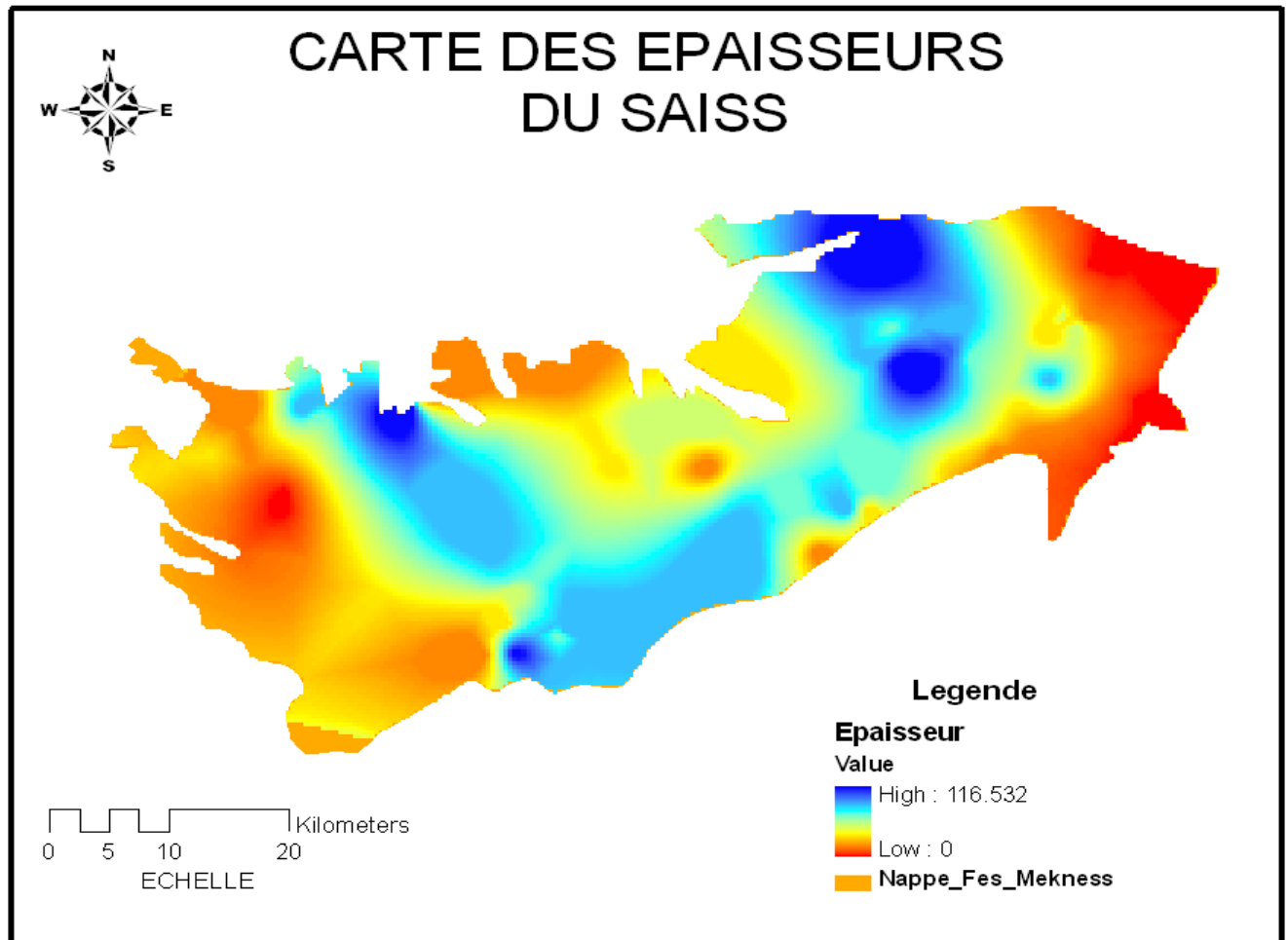
**Figure 38 : Historique piézométrique du secteur Sud-est de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès**



Le secteur Sud-est est caractérisé par une forte baisse, qui s'élève à environ 15 m entre 1971 et 1996, soit environ une baisse moyenne de 0.6 m/an. Après 1996, les niveaux de la nappe se sont stabilisés (Fig.37).

Cette baisse quasi-générale des niveaux de la nappe (environ 1 m/an en moyenne) est la conséquence du déficit pluviométrique, qui dure depuis le début des années 80 (Fig. 6 et 7) et de l'importante augmentation des prélèvements agricoles par pompage qui en découlent

#### IV. EPAISSEUR ET RESERVES DE LA NAPPE



**Figure 39 : Carte des épaisseurs du lias**

L'épaisseur de la nappe Plio-quaternaire varie entre 10 et 80 m (Fig. 38), avec une moyenne d'environ 40 m (Amraoui, 2005).

Le volume de la nappe est estimé à **88817306207,467 m<sup>3</sup> soit 88,8 M m<sup>3</sup>**. Si on considère ce volume et un coefficient d'emmagasinement moyen de la nappe de 1.8 %; les réserves totales de cette nappe seraient d'environ 1.5 milliards de m<sup>3</sup>. La plus grande partie de ces réserves est située au niveau de la plaine du Saïs.

## V. Paramètres Hydrodynamique

### 1. Gradient hydraulique

On le calcule en plaçant 2 piézomètres distants de L mètres. Le gradient est le rapport entre la différence de niveau Dh des piézomètres et la distance L. On utilise également les cartes piézométriques en mesurant la distance entre 2 courbes isopiézométrique en mesurant la distance (hydroisohypses) consécutives.

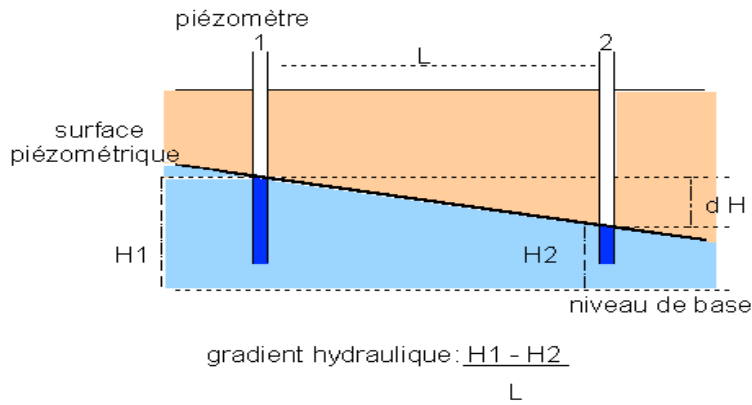


Figure 40 : calcul du gradient hydraulique avec 2 piézomètres.

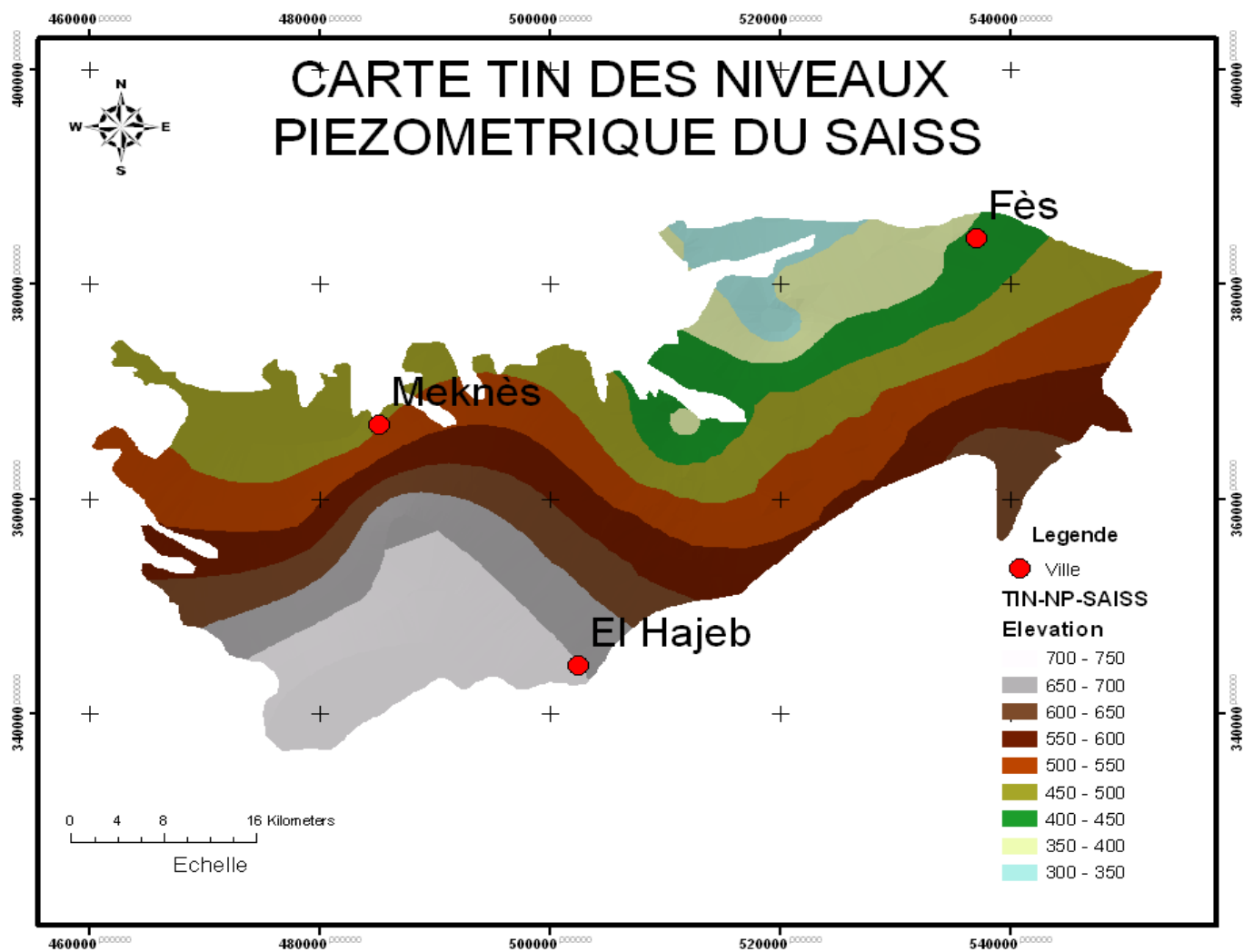


Figure 41 : Carte TIN DES niveaux piézométrique de la nappe phréatique

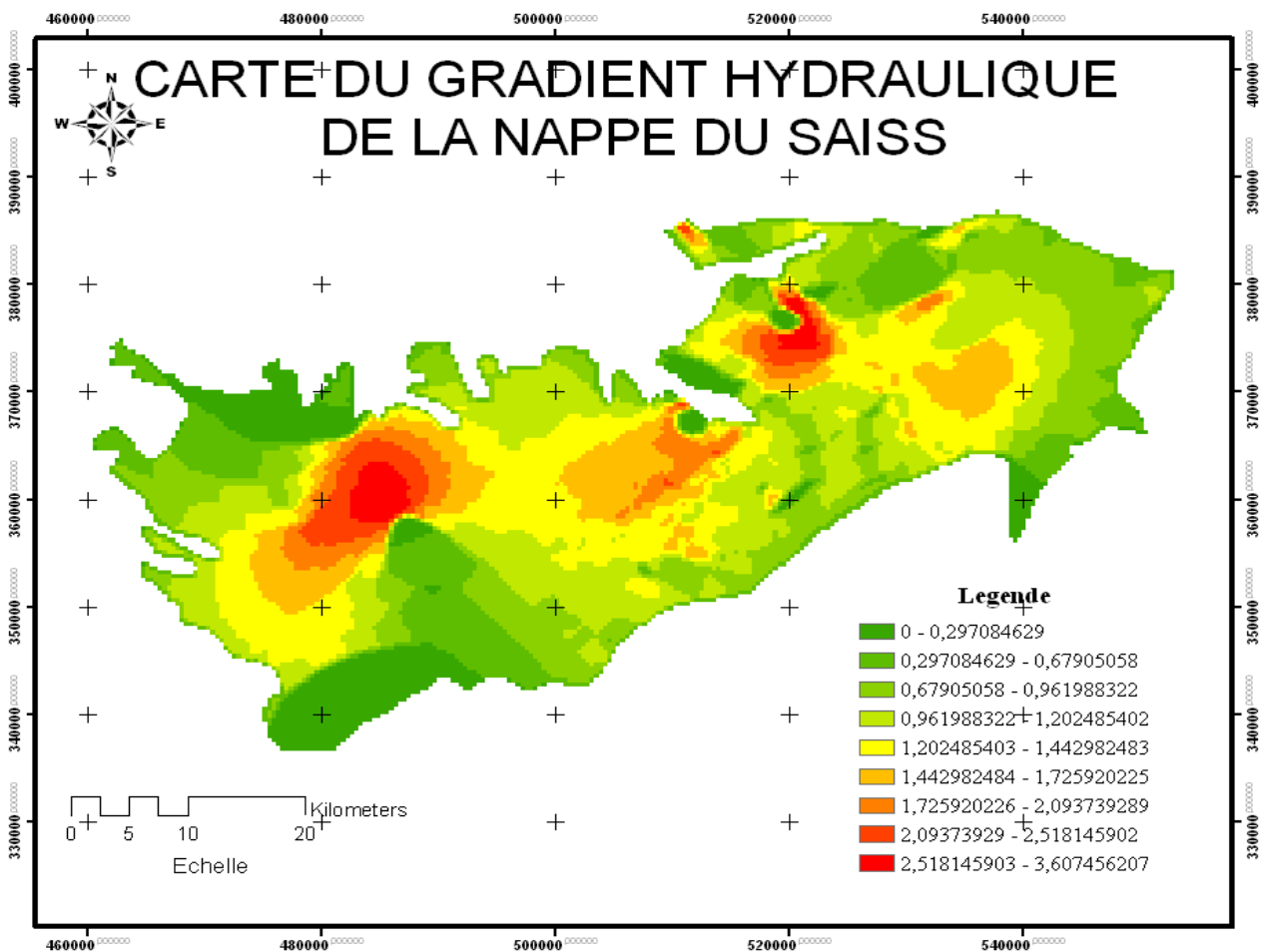


Figure 42 : Carte des gradients Hydraulique de la nappe du Saïss

Le gradient hydraulique de la nappe varie dans l'espace, et varie entre 0 et 3.6%.

Les gradients hydrauliques amont varient entre 0 et 1.4 % et ceux de la limite nord (aval hydraulique) avoisinent 1.4%.

Le gradient hydraulique moyen au niveau de l'ensemble de la nappe est d'environ 1.03 %.

## 2. Perméabilité

"La *perméabilité* est l'aptitude d'un réservoir à se laisser traverser par l'eau sous l'effet d'un gradient hydraulique" (G. CASTANY). Elle est mesurée notamment par le coefficient de perméabilité  $K$  défini par la loi de Darcy comme le volume d'eau gravitaire traversant une unité de section perpendiculaire à l'écoulement en 1 seconde sous l'effet d'une unité de gradient hydraulique. En prenant comme unités le  $m^2$  et le  $m^3$ ,  $K$  est exprimé en  $m/s$

Le coefficient de perméabilité dépend à la fois des caractéristiques du réservoir (granulométrie, porosité efficace) et des caractéristique du fluide (viscosité, donc température, et masse volumique). Il est grossièrement proportionnel au carré du diamètre des grains pour une nappe libre. Il varie de  $10 m/s$  à  $10^{-11}m/s$ . Un matériau est considéré comme imperméable au delà de  $10^{-9} m/s$ .

---

Les perméabilités de la nappe varient généralement entre  $1.10^{-5}$  m/s et  $5.10^{-3}$  m/s, avec une valeur moyenne d'environ  $6.6 \cdot 10^{-3}$  m/s. La classe la plus représentée est comprise entre  $10^{-4}$  et  $10^{-3}$  m/s. Cette perméabilité varie selon le faciès lithologique de la nappe, ainsi elle est comprise entre  $1$  et  $7 \cdot 10^{-5}$  m/s au niveau de la limite Nord du plateau de Meknès et entre  $2 \cdot 10^{-7}$  et  $3 \cdot 10^{-5}$  m/s en bordure de la rive gauche amont de l'oued El Kell.

### 3. Transmissivité

La *transmissivité* caractérise la productivité d'un captage. C'est le produit du coefficient de perméabilité K par l'épaisseur de la zone saturée h.

$$T \text{ (m}^2\text{/s)} = K \text{ (m/s)} \cdot h \text{ (m)}$$

Les transmissivités de la nappe varient entre  $1.10^{-4}$  et  $4.10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s, avec une valeur moyenne d'environ  $2.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. La classe la plus représentée est comprise entre  $1.10^{-3}$  et  $1.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

### 4. Diffusivité

La *diffusivité* est le rapport de la Transmissivité sur le coefficient d'emmagasinement; elle caractérise la vitesse de réaction d'un aquifère face à une perturbation.

La diffusivité moyenne est de la nappe est de 1,1.

### 5. Coefficient d'emmagasinement

Les coefficients d'emmagasinement de la nappe varient entre 0.1 et 6.5 %, avec une valeur moyenne de 1.8 % (SBOT, 1989).

### 6. Débit d'une nappe

C'est le volume d'eau traversant une section transversale de l'aquifère en une unité de temps. Son calcul est délicat; il faut connaître l'épaisseur de l'aquifère et l'écartement des courbes isopiézométriques. Pour les grandes nappes, on subdivise la section générale en sections élémentaires équipées de couples de piézomètres (forages d'essai).

Le débit d'une nappe peut être évalué par la loi de Darcy:

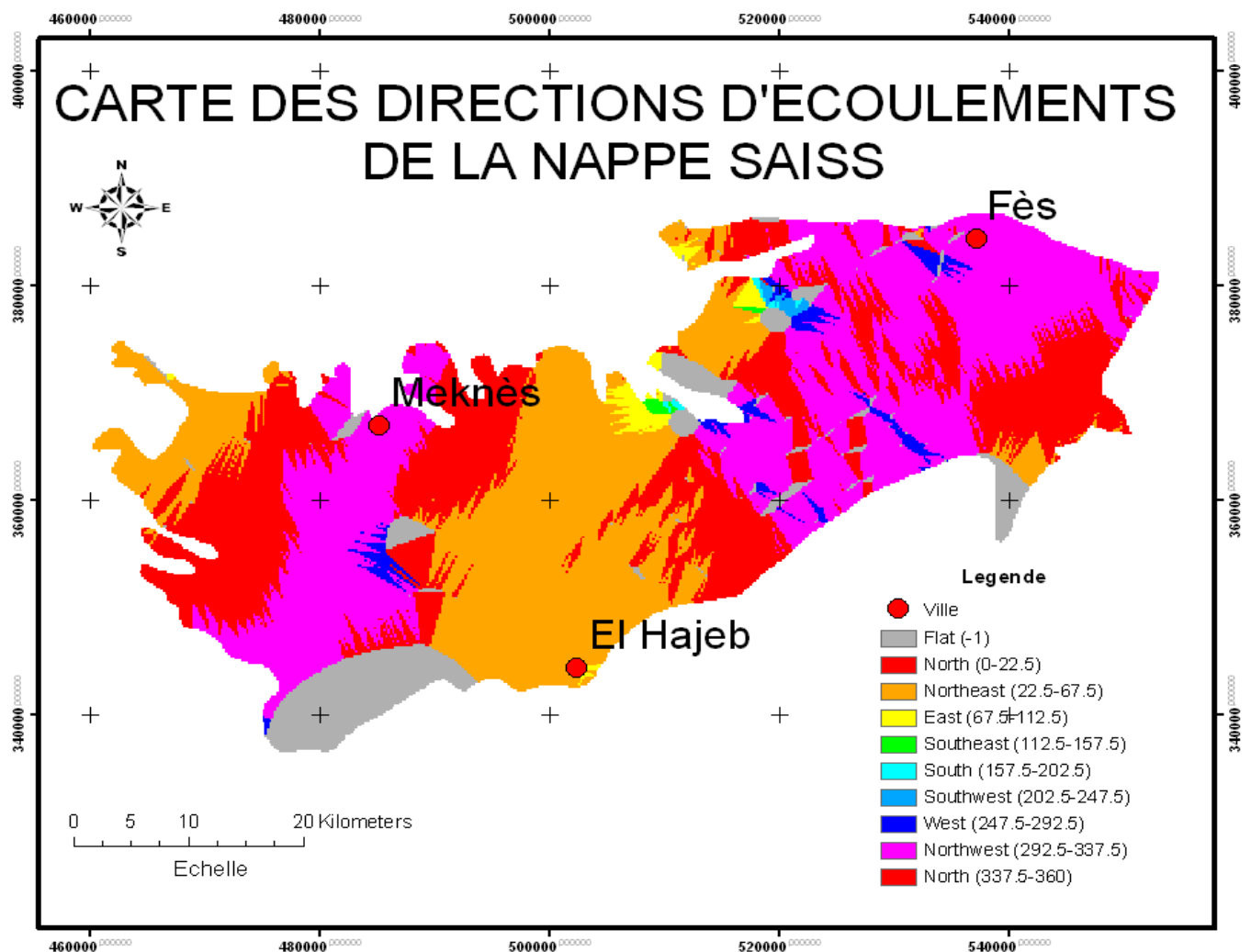
$$Q = K \cdot A \cdot i$$

Avec

- ✓ Q: débit en m<sup>3</sup>/s
- ✓ K: coefficient de perméabilité en m/s
- ✓ A: section de la nappe en m<sup>2</sup>
- ✓ i: gradient hydraulique en %

$Q = 6,6 \cdot 10^{-3} * 2261 \cdot 10^8 * 1,03 = 1537000000 \text{ m}^3\text{/s environ } 15,4 \text{ Mm}^3\text{/an}$
---





L'écoulement des eaux dans le Nord et Nord-Ouest dans l'ensemble sauf dans la partie centrale où l'écoulement s'effectue au Nord-Est.

## VI. HYDROCHIMIE DE LA NAPPE

La minéralisation de l'eau est très faible, le résidu sec est généralement inférieur à 0.5 g/l et dépasse rarement 1 g/l.

Seuls les secteurs de faible profondeur de surface de la nappe connaissent des minéralisations relativement importantes, comprises entre 2 et 2.5 g/l, en raison d'une forte évaporation de l'eau. Ces zones se trouvent dans la plaine de Douyet, au NE du bassin, où la profondeur de l'eau se trouve à moins de 10 m/sol.

La concentration en sels de l'eau varie également selon le faciès de la nappe. Les eaux des calcaires lacustres sont les plus douces (résidu sec compris entre 0.2 et 0.5 g/l), suivent ensuite celles des grès et sables du Pliocène (0.4 à 0.8 g/l) et enfin les eaux circulant dans les alluvions quaternaires (0.5 à 1.5 g/l).

---

Le faciès chimique de l'eau est le plus souvent bicarbonaté-calcique et magnésien (caractéristique des faciès calcaires) et très légèrement chloruré-sodique.

Les eaux sont basiques et incrustantes, du fait de leur forte teneur en carbonates.

## VII. CALCUL DE L'ALIMENTATION EN EAU

L'alimentation principale de la nappe est assurée par l'infiltration des eaux de pluie, l'abouchement avec la nappe du Lias au niveau de la limite sud du bassin, le retour des eaux d'irrigation issues notamment des sources de la nappe profonde (Lias) et par la drainance ascendante à partir de la nappe profonde du Lias au centre du bassin.

### 1. Infiltration des eaux de pluie

Le volume de l'infiltration est calculé dans le chapitre 2.

10% des eaux de précipitation s'infilte dans la nappe du Saïss soit environ un volume de recharge par infiltration de **124,7Mm<sup>3</sup>/an**

### 2. Abouchement avec la nappe du Lias au niveau de la limite sud du bassin

Ce débit a été calculé avec la méthode de Darcy :  $Q \text{ (m}^3\text{/s)} = T \times i \times L$

Avec :

T= Transmissivité (m<sup>2</sup>/s) de la nappe au contact avec les calcaires libres du Lias ;

i =Gradient hydraulique de la nappe au niveau de la bordure sud du bassin ;

L= Largeur de front de nappe (m) au niveau de la bordure sud du bassin.

Les transmissivités des formations Plio-villafranchiennes sont faibles au niveau de la bordure sud du bassin, généralement inférieures à 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s, nous adopterons une transmissivité moyenne comprise entre 1 et 2 10<sup>-4</sup> m<sup>2</sup>/s, soit un débit moyen de :

$Q = 1 \text{ à } 2 \cdot 10^{-4} \times 1.2 \cdot 10^{-2} \times 70 \cdot 10^3$ , soit environ 0.1 à 0.15 m<sup>3</sup>/s (environ 3 à 5 Mm<sup>3</sup>/an), valeurs de même ordre de grandeur que celles calculées par le modèle de 1990 et par le PDAIRE de 1989.

### 3. Retour des eaux d'irrigation

L'irrigation des cultures se fait à la fois à partir des eaux souterraines et des eaux superficielles, issues de la dérivation des sources drainant le système aquifère du bassin de Fès-Meknès.

***Ré infiltration des eaux souterraines prélevées dans le système aquifère de Fès-Sais***

Les superficies irriguées à partir des eaux souterraines ont été évaluées à **39250,22 ha** en 2005 (base de données des irrigations privées).

---

Les besoins nets moyens en eau des plantes sont évalués à 9450,738181m<sup>3</sup>/ha/an.

**Le volume total d'eau souterraine prélevé dans les nappes du bassin et utilisé pour l'irrigation, serait donc d'environ 290 millions de m<sup>3</sup> par an, soit environ 5 m<sup>3</sup>/s.**

En considérant une fraction moyenne de 10 % de ce volume retourne à la nappe phréatique par ré-infiltration, le volume de sa recharge à partir des eaux d'irrigation d'origine souterraine, serait d'environ **29 Mm<sup>3</sup>/an (environ 0.5 m<sup>3</sup>/s)**.

#### ***Ré infiltration des eaux superficielles utilisées dans l'irrigation***

Les superficies irriguées à partir des eaux de surfaces ont été évaluées à 16530,73 ha en 2005 (base de données des irrigations privées).

Les besoins nets moyens en eau des plantes sont évalués à 6539,03m<sup>3</sup>/ha/an.

**Le volume total d'eau superficielle prélevé dans le bassin et utilisé pour l'irrigation, serait donc d'environ 74,4 millions de m<sup>3</sup> par an, soit environ 5 m<sup>3</sup>/s.**

En considérant une fraction moyenne de 10 % de ce volume retourne à la nappe phréatique par ré-infiltration, le volume de sa recharge à partir des eaux d'irrigation d'origine souterraine, serait d'environ **7,44 Mm<sup>3</sup>/an (environ 0.5 m<sup>3</sup>/s)**.

**Le volume total de recharge de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès à partir des eaux d'irrigation (superficielles et souterraines) serait d'environ 35,2 Mm<sup>3</sup>/an, soit environ 1.14 m<sup>3</sup>/s.**

#### **4. Alimentation par drainance verticale ascendante à partir de la nappe du Lias**

Cette alimentation se fait notamment à la faveur de failles subverticales qui affectent les marnes miocènes intercalées entre les nappes phréatique et profonde. Elle a été évaluée par le modèle de 1990 à **environ 20 Mm<sup>3</sup>/an** et se fait notamment au niveau des secteurs d'Aïn Ribaâ-Bittit et de Cheggag.

**Le volume total de l'alimentation de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès s'élèverait donc à environ**

$$V_a = V_{ip} + V_{ii} + V_{ad}$$

**Avec  $V_a$  : Volume d'alimentation**

**$V_{ip}$  : Volume d'infiltration des précipitations**

**$V_{ab}$  : Volume d'abouchement limite Sud**

**$V_{ii}$  : volume d'infiltration des irrigations**

**$V_a$  : Volume d'alimentation par drainance**

$$V = 124,7 + 4 + 36,3 + 20 = 185 \text{ Mm}^3/\text{an}$$

---

## VIII. CALCUL DES SORTIE DE LA NAPPE

Les sorties de la nappe sont constituées par :

- ▲ les prélèvements dans les puits et forages pour la satisfaction des besoins de l'irrigation. L'enquête des prélèvements effectuée en 2004 par l'ABHS n'indique pas l'origine de l'eau (nappe captée) prélevée dans les ouvrages inventoriés, nous faisons l'hypothèse que 80% des volumes prélevés proviennent de la nappe superficielle (en raison des profondeurs importantes de la nappe du Lias et de l'utilisation des eaux des sources et oueds en bordure des Causses), soit un débit prélevé d'environ 243,9 Mm<sup>3</sup>/an;
- ▲ les prélèvements pour l'alimentation en eau potable estimés sur la base des besoins en eau de la population à 53,7 Mm<sup>3</sup>/an ;
- ▲ le drainage des sources et des oueds. Les débits drainés par ces exutoires naturels de la nappe phréatique ne sont pas connus avec précision, en raison de l'incertitude sur l'origine de l'eau (nappe phréatique, nappe profonde ou mixte). Ces débits seront déduits du bilan global des ressources en eau du système aquifères de Fès-Meknès.

## IX. BILAN DE LA NAPPE

Les historiques piézométriques enregistrent généralement une baisse des niveaux de la nappe, variant selon les secteurs. Cette baisse est la conséquence du déficit de la recharge de la nappe (notamment depuis le début des années 80) et de l'augmentation des prélèvements, notamment ceux utilisés pour l'irrigation des cultures. Une baisse moyenne des niveaux de la nappe de 1 m sera considérée pour l'ensemble de la nappe.

En considérant un coefficient d'emménagement moyen de 1.8 %, cette baisse engendre un volume de déstockage de la nappe d'environ 63 Mm<sup>3</sup>/an, soit environ.