

---

## **CHIMIE ET POLLUTION DES EAUX**

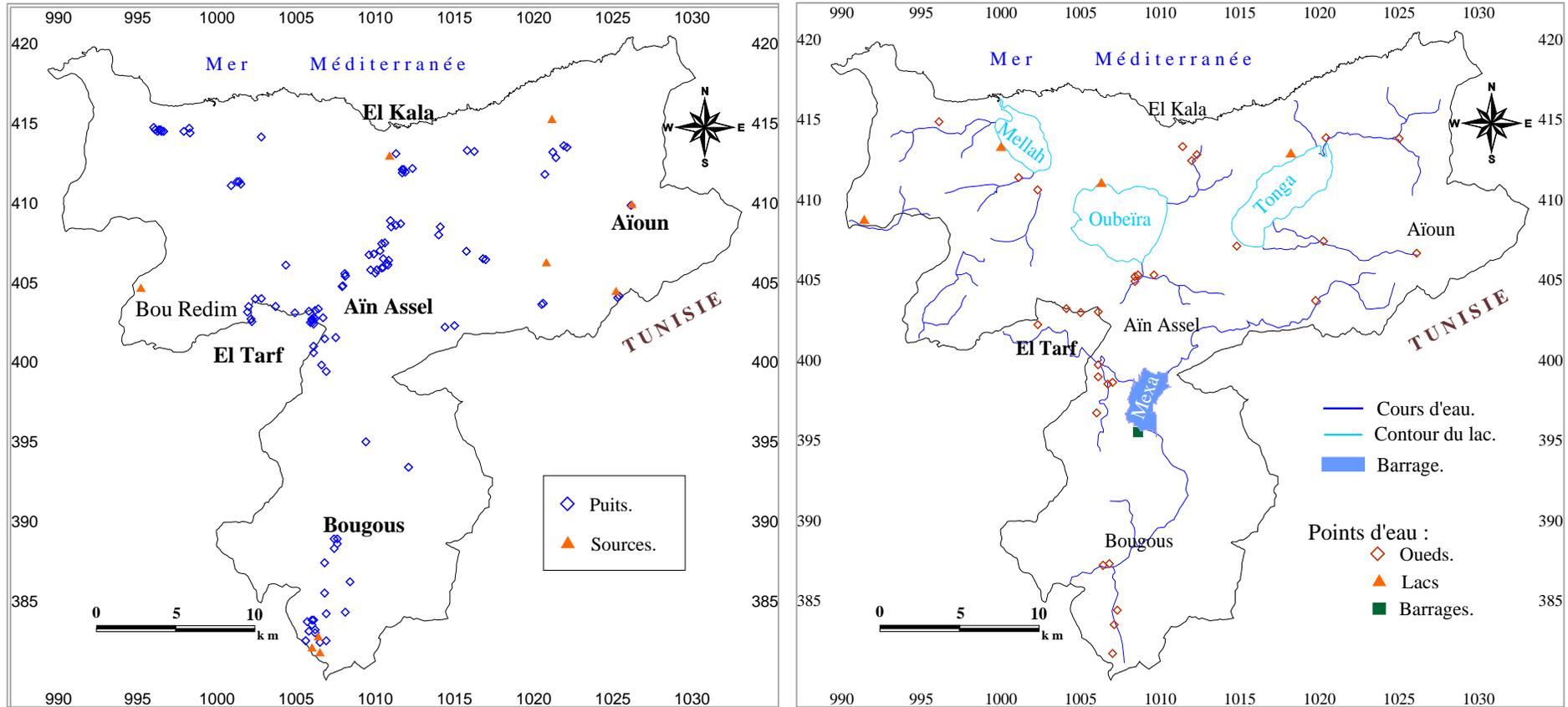
Pour les physiciens et les chimistes, l'eau est une molécule très particulière dont la structure et les propriétés sont beaucoup plus complexes que sa formule chimique ( $H_2O$ ) si simple et si connue ne le laisserait présager [GROSCLAUDE, 1999]. L'eau est un liquide naturel qui se forme par condensation en altitude, puis elle acquiert son chimisme au cours de son trajet, par dissolution des gaz et absorption des composés solubles et insolubles présents dans l'air. Au sol, elle traverse les formations géologiques perméables, ce qui augmente sa minéralisation par lessivage des roches [ROUABHIA, 2006].

Il est évident que le chimisme des eaux souterraines dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ .....). Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre aquifères et les eaux de surface [GOUAIDIA, 2008]. La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.) [KHELFAOUI, 2014].

### **V-1-1/ Échantillonnage et analyse**

Le but capital de l'étude hydrochimique est de caractériser le comportement des eaux superficielles et souterraines en interaction avec son environnement (géologique et anthropique) et identifier la qualité de ces eaux et, donc, de déduire probablement sa pollution et ses impacts sur l'environnement du parc d'El Kala.

C'est pour cette raison que nous avons réalisé deux campagnes d'échantillonnage qui correspondent aux périodes des hautes (le mois choisi : mars 2011) et des basses eaux (le mois choisi : juillet 2011). Pour chaque campagne, nous avons mesuré, sur terrain, les quatre paramètres physico- chimiques (le pH, la conductivité électrique, la salinité et la température) grâce à une valise multi- paramètres de terrain de marque WTW pour plus de cent cinquante points d'eau répartis entre puits, sources, oueds, lacs et barrages (Fig.71). En laboratoire, on a procédé à une analyse complète de tous les éléments chimiques majeurs ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  et  $HCO_3^-$ ) et certains paramètres organiques ( $NH_4^+$ ,  $P_2O_5$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $O_2$ ). Le  $DBO_5$ ,  $DCO$ ,  $NO_2^-$  et  $NO_3^-$  ont fait l'objet d'analyse uniquement pour la campagne de juillet 2011. A cet effet, dix-sept (17) échantillons ont été prélevés et analysés dans différents points d'eau et qui sont répartis comme suit :



Figures n°71 : Inventaires des points d'eau analysés répartis dans le PNEK.

- ◆ Huit (08) points de prélèvements au niveau des puits ;
- ◆ Six (06) points de prélèvements au niveau des Oueds ;
- ◆ Deux (02) points de prélèvements au niveau des sources ;
- ◆ Un (01) point de prélèvement au niveau du barrage Mexa.

Les échantillons à analyser ont été recueillis dans des flacons en polyéthylène qui ont été, d'abord, rincés avec de l'eau distillée puis avec de l'eau à échantillonner, ensuite ils ont été remplis jusqu'à débordement, bouchonnés, mis dans une glacière et transportés le plus vite possible vers les laboratoires les plus proches (Laboratoire Fertial, le laboratoire central SEATA et le laboratoire Horizon) situés à Annaba.

Il faut mentionner la diversité lithologique des terrains du parc d'El Kala qui est constituée essentiellement de formations sédimentaires meubles et compactes et par conséquent les eaux souterraines minéralisées, comme pour celles en surface, sont généralement chargées d'éléments chimiques proviennent surtout de certains minéraux constituant ces terrains (Fig.72).

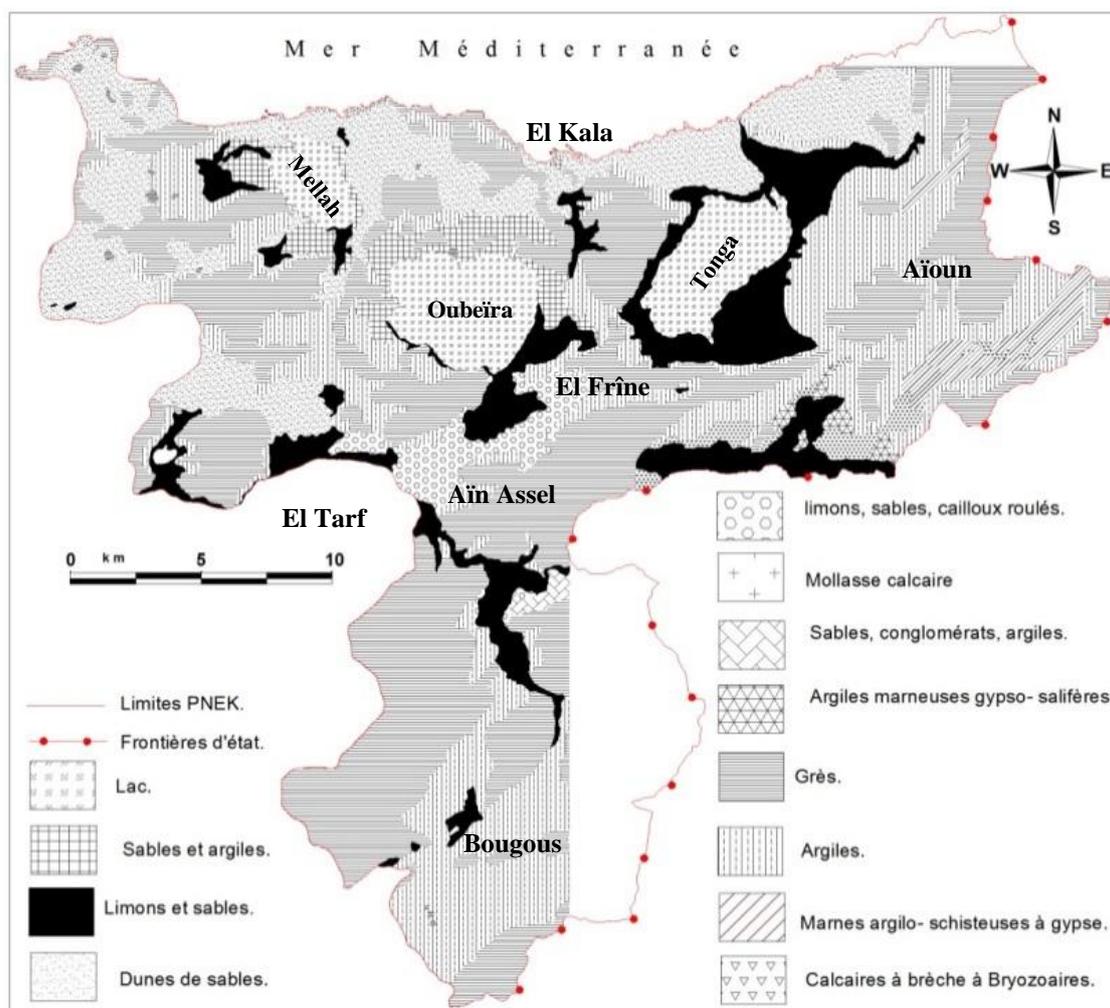


Figure n°72 : Observation des couches lithologiques dans le parc d'El Kala (Voir Figure 25).

### **V-1-2/ Interprétation des paramètres physico-chimiques**

L'étude des paramètres physico- chimiques dans l'eau est nécessaire pour évaluer son comportement dans le milieu traversé et donc sa vulnérabilité au contact des contraintes persistantes. Il faut dire que, pour l'eau, ces paramètres contrôlent l'intensité de sa sensation (goût, odeur, fraîcheur).

Pour les deux campagnes de mesure (mars et juillet 2011), des cartes de distributions spatiales éventuelles des teneurs de ces paramètres physico- chimiques, dans plusieurs points partagés entre les eaux superficielles et souterraines, ont été réalisées et commentées.

#### **V-1-2-1/ Température de l'eau (T)**

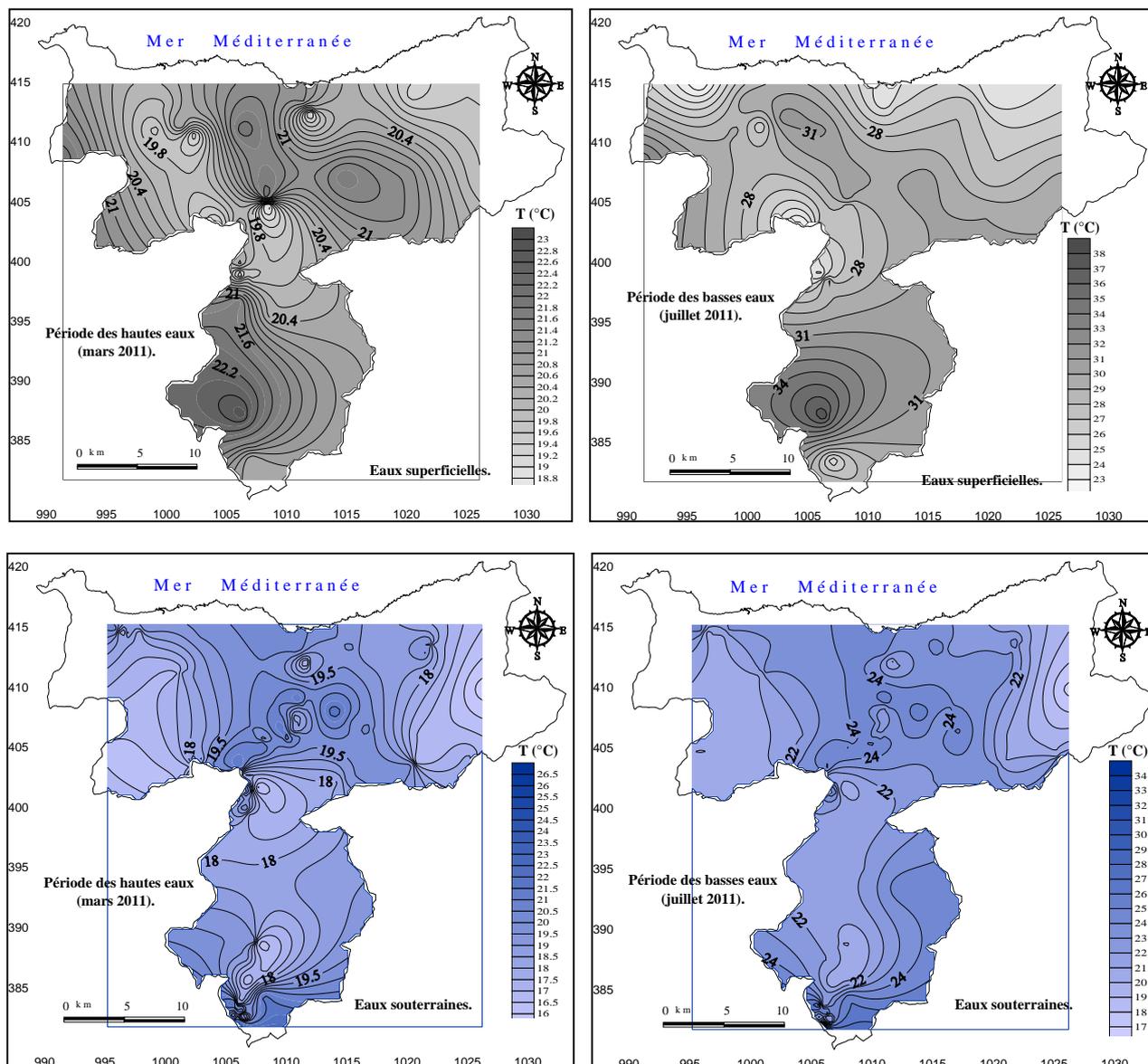
Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissolution des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. la mesure de la température est à effectuer sur le terrain [RODIER, 1996].

Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres [BOUZIANI, 2000].

D'après l'OMS (1994), la température de l'eau ne doit pas dépasser les 30°C. En période des hautes eaux, la température des eaux superficielles et souterraines est inférieure à la norme et ne dépasse pas les 27°C. Nous observons que la température des eaux de surface est moins importante que celle des eaux souterraines car, en surface, les eaux sont exposées à une atmosphère hivernale pluvieuse et froide et même l'altitude et l'exposition anthropique influent sur la variation de la température de l'air et donc sur la température des eaux.

Au revanche, les eaux souterraines circulent parfois dans des aquifères à toit et substratum argileux qui représente un isolant thermique inversant le comportement externe de la surface. Certains puits sont exposés directement à l'air atmosphérique et donc la température des eaux étant froide.

En période des basses eaux, le comportement s'inverse et la température des eaux de surface est relativement élevée et dépasse même, dans certains points d'eau, la norme recommandée. Dans certains endroits, la morphologie des courbes reste analogue par rapport à celle des hautes eaux. La température de l'air influe toujours sur la température des eaux en surface et la plus forte valeur atteint les 38°C.



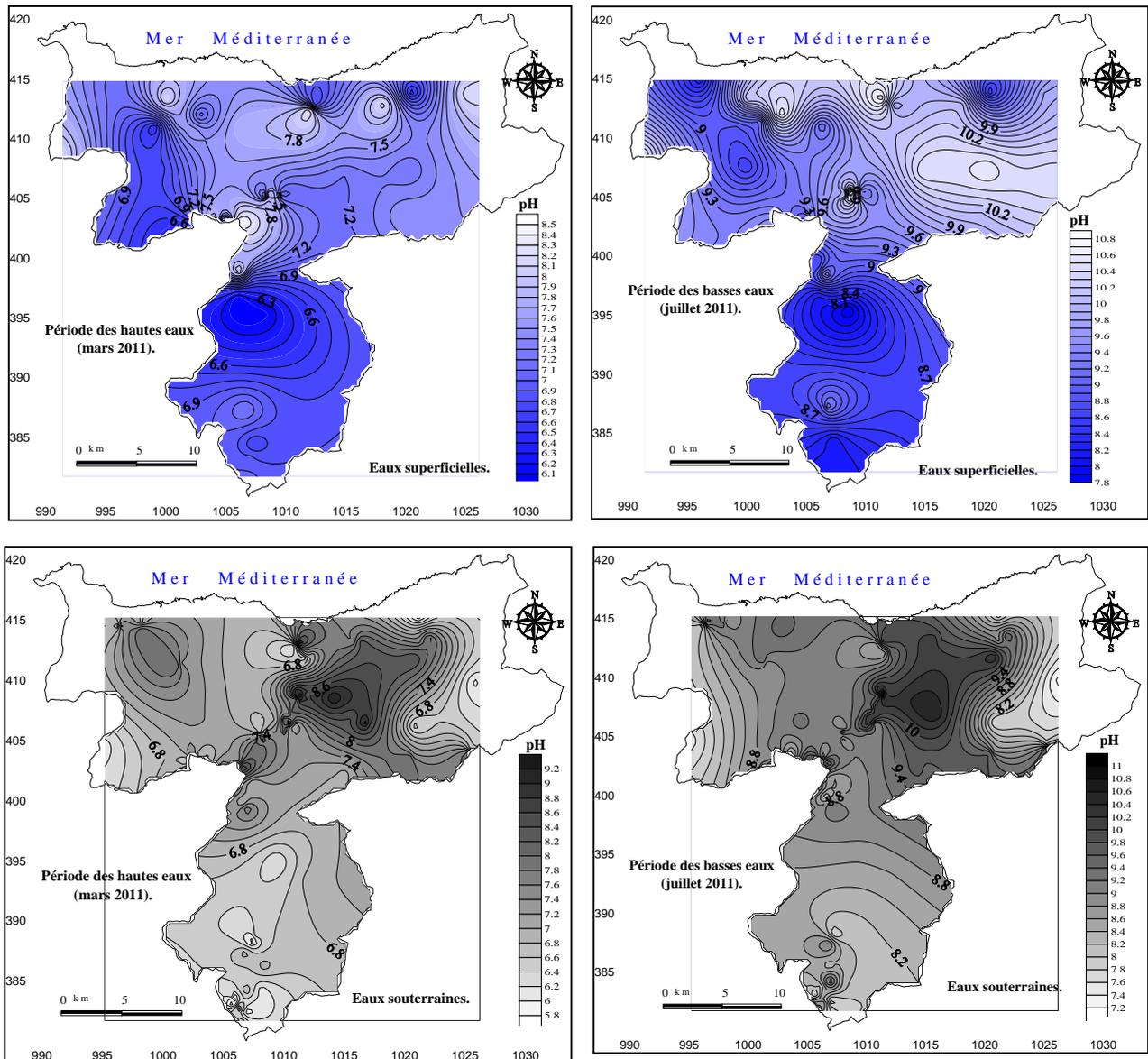
Figures n°73 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale des températures de l'eau (°C).

La température maximale des eaux souterraine arrive à 35°C, cette forte température peut être due parfois à une augmentation du comportement chimique et bactérien dans les eaux (Fig.73).

### Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (le potentiel d'hydrogène) exprime si l'eau est à réaction acide ou alcaline. Le pH n'a pas de signification hygiène, mais il représente une notion importante dans la détermination de l'agressivité de l'eau, vis-à-vis des métaux. Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 8. Au-dessous de ce seuil, l'eau est dite « agressive », elle a un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb des conduites [BOUZIANI, 2000].

Selon l'OMS (1994), les valeurs du pH doivent être comprises entre 6,5 et 8,5. On voit que, en période des hautes eaux, le pH des eaux de surface est majoritairement normalisé du fait de l'exposition de ces eaux à l'air et aux eaux des pluies acides.



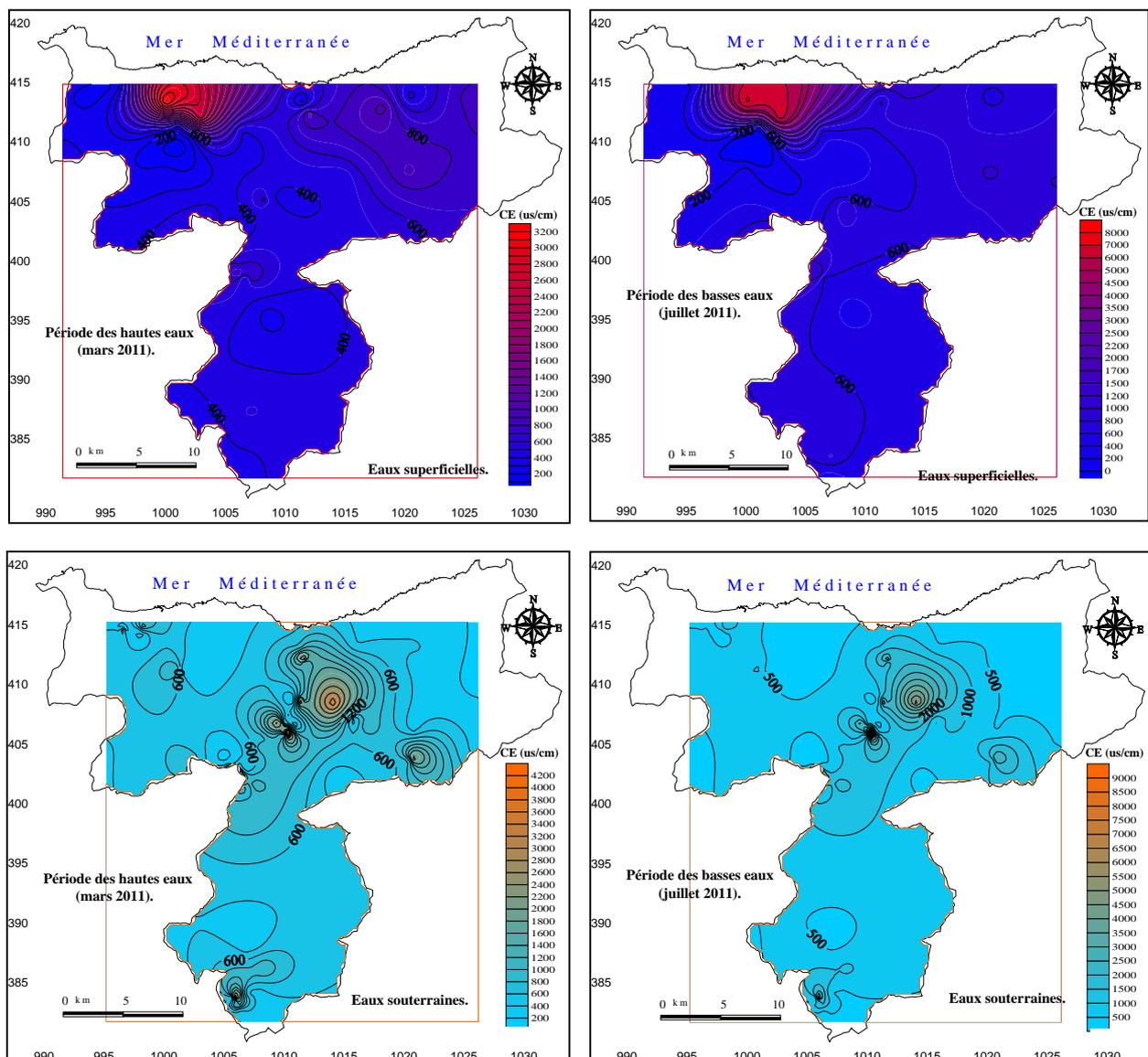
Figures n°74 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale du pH.

Pour les eaux souterraines, le pH tend beaucoup plus vers une acidité (<6,5) alors que son alcalinité est observée au voisinage des agglomérations humaines (rejets domestiques acides et alcalins, l'influence de la végétation, l'utilisation des engrais à bases alcaline et surtout les concentrations chimiques alcalines d'origine géologique). En période des basses eaux, les courbes de la répartition du pH gardent sa morphologie et le comportement des eaux devient plus alcalin mais la majorité des points d'eau reste dans les normes recommandées avec un

pH varie entre 7,8 et 8,8 dans les eaux de surface et 6,4 à 8,6 pour les eaux souterraines. La plus forte valeur du pH, dans les eaux de surface, est de 10,8 alors que la forte valeur du pH, dans les eaux moins profondes arrive à 11,5. Les apports chimiques par lessivage et dissolution des formations géologiques à base alcaline et l'utilisation des engrais dans l'agriculture parfois augmentent le pH surtout dans les eaux souterraines (Fig.74).

### V-1-2-3/ Conductivité électrique (CE)

L'eau peut être considérée comme une solution électrolytique, car presque tous ses constituants dissous, majeurs et mineurs, sont présents sous forme ionique. Grace à la présence de ces ions, l'eau devient susceptible de se laisser traverser par un courant électrique [DJIDEL, 2008].



Figures n°75 :Cartes éventuelles de la distribution spatiale des conductivités électriques ( $\mu\text{S/cm}$ ).

D'après l'OMS (1994), la conductivité électrique de l'eau ne devrait pas dépasser la valeur de 2500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En période des hautes eaux, les valeurs de CE des eaux superficielles et souterraines sont en majorité inférieure à la norme. Nous envisageons que la conductivité électrique des eaux de surface est importante, au Nord, au voisinage du littoral et la forte salinité des eaux du lac Mellah correspond à la plus forte conductivité électrique estimée à 3260  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les valeurs de la conductivité électrique, dans les eaux souterraines, sont comprises entre 156 et 1385  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Un puits à eaux salées a été identifié dans la localité d'El Frîne où sa conductivité est de 7435  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ceci est dû certainement à la présence des formations gypseuses et salifères dans le sous-sol. En période des basses eaux, la conductivité électrique augmente dans les eaux souterraines que dans les eaux de surface du fait de l'augmentation des sels dessous sous l'influence de l'évaporation des eaux en surface et le lessivage des évaporites dans le sous-sol. La conductivité électrique des eaux du lac mellah atteint la valeur de 7250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  alors que la CE du puits à eaux salées arrive à 17180  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig.75).

#### **V-1-2-4/ Salinité de l'eau (S)**

La salinité est définie comme étant la concentration en gramme des sels dessous dans un litre d'eau et elle est exprimée à diverses manières (in situ ou en labo). La salinité est proportionnelle à la conductivité (CE).

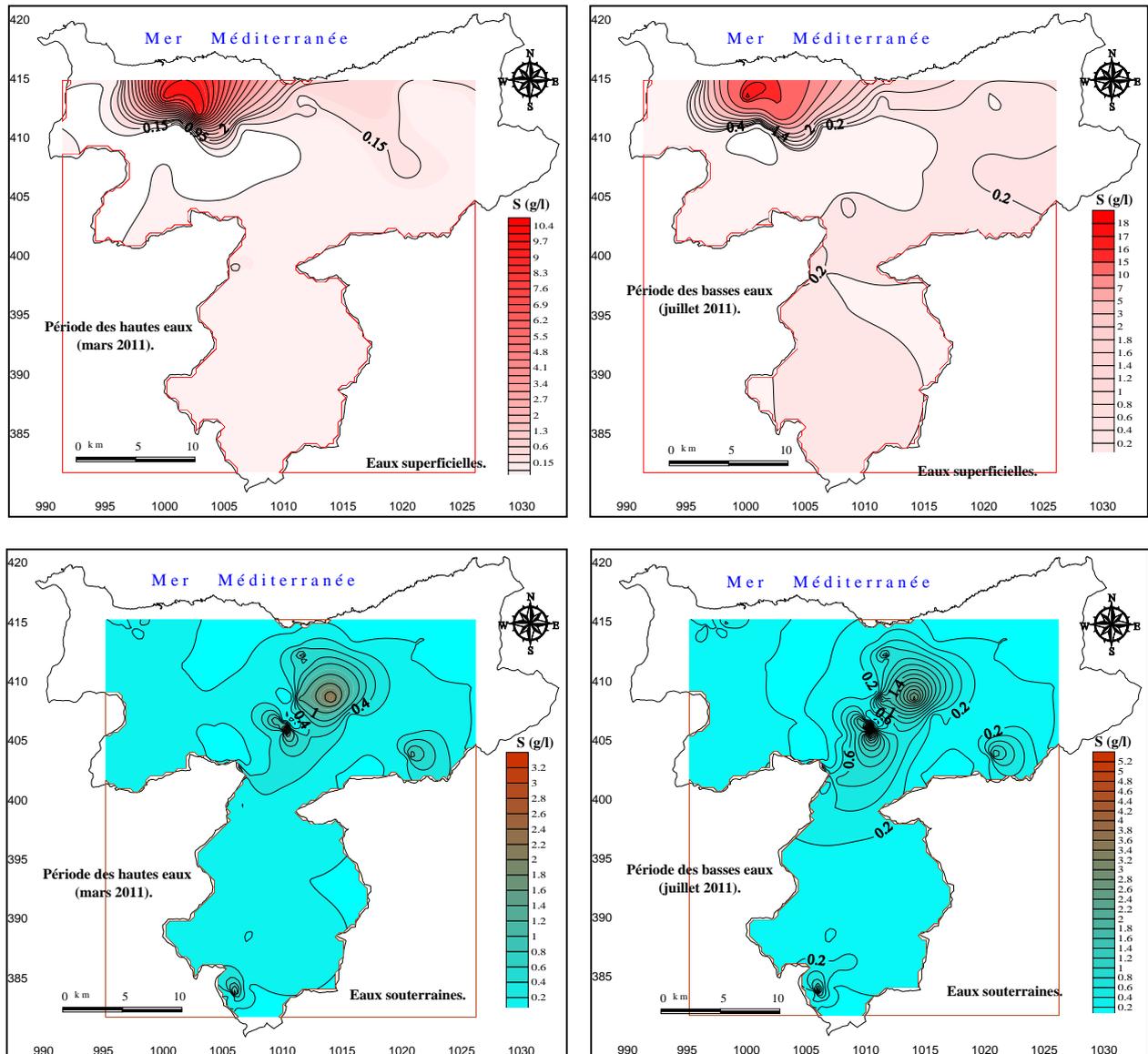
La salinité peut aussi être calculée à partir de la conductivité. Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. En effet, le calcul de la minéralisation à partir de la conductivité ne permet pas d'avoir une valeur exacte [RODIER, 1996] :

$$*\text{Minéralisation (mg/l): } 688000 \times \text{conductivité à } 20^\circ\text{C (S/cm)}.$$

L'observation de la carte de la distribution spatiale de la salinité (Fig.76) en comparaison avec la carte de la conductivité électrique (Fig.75) montre une ressemblance de l'allure des courbes et donc la salinité qui représente la concentration des sels dessous dans l'eau est relative à la conductivité électrique qui représente le déplacement de la charge électrique dans les eaux sous la présence des ions à charge positive et négative.

La salinité des eaux en période des hautes eaux dans la pluralité des eaux souterraines est inférieure à 0,3 g/l, alors que, dans les eaux de surface, la salinité atteint la valeur 2 g/l. En période des basses eaux la salinité augmente pour atteindre la valeur de 10,2 g/l dans le puits à eaux salées et la valeur de 17,6 g/l pour les eaux du lac Mellah. La minéralisation des eaux du fait de la forte évaporation dans les saisons sèches, la dissolution des formations gypseuses et

salifères et les rejets d'origine anthropique sont les causes probables de l'augmentation de la salinité des eaux.



Figures n°76 : Cartes éventuelles de la distribution spatiale de la salinité des eaux (gr/L).

### V-1-3/ Interprétation des éléments chimiques majeurs

L'étude de ces éléments chimiques et leurs concentrations dans l'eau peut nous fournir des indices sur la nature lithologique des milieux traversés par cette eau. La concentration de certains éléments dépend aussi des apports externes climatiques et anthropiques. Les eaux superficielles ou souterraines sont minéralisées du fait des teneurs élevées de certains de ces éléments chimiques et qui peuvent rendre ces eaux indésirables.

Pour les deux campagnes de mesure (mars et juillet 2011), des histogrammes, de la concentration de chaque élément chimique, ont été réalisés et interprétés pour 17 échantillons prélevés (Tab.29) au niveau des eaux de surface et souterraines.

**Tableau n°29 : Informations sur les dis- sept échantillons analysés.**

| Symbole | Localité      | Localisation (Lambert) |        |      | Lithologie         |
|---------|---------------|------------------------|--------|------|--------------------|
|         |               | X(km)                  | Y(km)  | Z(m) |                    |
| P-1     | O. Teboul     | 1021,2                 | 413,3  | 8    | Limons-sables      |
| P-2     | R. Souk       | 1020,5                 | 403,2  | 128  | Argiles- calcaires |
| P-3     | A. Assel      | 1010,9                 | 408,9  | 33   | Sables- argiles    |
| P-4     | O. Hout       | 1014,1                 | 408,5  | 5    | Sables- limons     |
| P-5     | Bougous1      | 1006,8                 | 387,9  | 190  | Limons- argiles    |
| P-6     | Bougous2      | 1008,9                 | 394,1  | 90   | Argiles            |
| P-7     | A. Khiar      | 1002,4                 | 403,95 | 48   | Argiles            |
| P-8     | S. Rguibet    | 998,25                 | 414,65 | 11   | Sables- argiles    |
| S-A     | Aïoun         | 1025,2                 | 410,25 | 290  | Argiles- grès      |
| S-B     | Bou Rdim      | 995,25                 | 404,65 | 49   | Sables- argiles    |
| O-a     | Kala          | 101,7                  | 412,65 | 25   | Limons- argiles    |
| O-b     | Eurg          | 1021,5                 | 414,4  | 8    | Limons- sables     |
| O-c     | Bougous-amont | 1006,5                 | 387,3  | 198  | Limons- argiles    |
| O-d     | Kebir-Assel   | 1005,65                | 399,9  | 35   | Limons             |
| O-e     | Aroug         | 1002                   | 409,7  | 6    | Sables- limons     |
| O-f     | Bou Hchicha   | 1008,3                 | 405    | 28   | Limons             |
| B-M     | Mexa          | 1008,2                 | 395,4  | 87   | Limons- argiles    |

**V-1-3-1/ Notion d'équivalence**

Pour un ion en solution, l'équivalent- gramme est la masse de cet ion déchargée sur une électrode par un faraday (96000C). L'équivalent- gramme se calcule en divisant la masse de l'ion considéré par l'électrovalence de cet ion [RODIER, 1996] (Tab.30):

$$Eq = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(40)$$

**Tableau n°30 : Détermination de l'équivalent- gramme des éléments chimiques majeur.**

| Élément chimique   | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> |
|--------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Masse atomique (M) | 40,08            | 24,31            | 22,99           | 39,10          | 35,45           | [1,008+12,01+(16)*3]          | [32,07+(16)*4]                |
| Valence (V)        | 2                | 2                | 1               | 1              | 1               | 1                             | 2                             |
| Equivalent (Eq)    | 20,04            | 12,155           | 22,99           | 39,10          | 35,45           | 61,018                        | 48,035                        |

Traiter informations, source SEVIN

Les teneurs des constituants des eaux s'expriment le plus souvent en milligramme, d'où le choix du milliéquivalent. Une concentration en milliéquivalent d'un ion donné se calcule en divisant le chiffre de sa concentration en milligramme C par le rapport précédent [RODIER, 1996]:

$$C \text{ en Meq} = \frac{c \left( \frac{mg}{l} \right)}{\frac{M}{V}} = c \left( \frac{mg}{l} \right) \times \frac{V}{M} \dots\dots\dots(41)$$

Les résultats d'analyses chimiques des éléments majeurs ont été interprétés sous forme d'histogrammes dont les concentrations obtenues ont été permutées en milliéquivalent-gramme par litre.