

note technique

Étude de la radioactivité naturelle dans le sol du sud tunisien Région de Gafsa Tozeur

H. CHARNI MAJOUBI*, A. ABBES**, A. ABOUDI*,
S. KHAYATI*, A. GRAUBY***, H.A. GHARBI*, S. MTIMET*

(Manuscrit reçu le 11 mai 1990)

- RÉSUMÉ** La présence des mines de phosphate à teneur moyenne en uranium de l'ordre de 35 ppm dans le bassin de Gafsa au Sud de la Tunisie pourrait entraîner des modifications de la radioactivité gamma des régions avoisinantes.
- Pour vérifier cette hypothèse nous avons procédé à des mesures comparatives sur différents types d'environnements géologiques dans la région. Ensuite, nous avons essayé d'établir le niveau de la radioactivité gamma naturelle. Ainsi, nous avons remarqué que l'influence des gisements de phosphate sur la radioactivité ambiante des secteurs environnants existe mais reste faible.
- ABSTRACT** The phosphate mines in the south of Tunisia with 35 ppm of uranium could involve an alteration of the natural radioactivity in the nearest areas.
- To verify this hypothesis, many samples of ground were examined and the level of gamma radioactivity was measured. The environmental radioactivity is but slightly affected by the mines.
-

INTRODUCTION

Les exploitations de gisements de minerais riches en uranium, ajoutées au développement nucléaire dans le monde, ont augmenté le risque de pollution radioactive. Une protection contre ce genre de risques s'impose. Conscient de l'importance du problème, le gouvernement tunisien a déjà lancé un programme qui envisage le développement des études de l'environnement radiologique en collaboration avec le Commissariat à l'énergie atomique français et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

* Centre national de radioprotection, Hôpital d'enfants, place Bob Saadoun, Tunis, Tunisie.

** Office national des mines Tunisie.

*** Commissariat à l'énergie atomique, Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN), Service d'études et de recherches sur les transferts dans l'environnement, Centre d'études de Cadarache, 13108 Saint-Paul-lez-Durance Cedex 147.

La présente étude a été entamée dans le bassin de Gafsa connu, en particulier, par sa richesse en gisements de phosphates caractérisés par une teneur moyenne en uranium de 35 ppm. Il s'agit de faire l'inventaire de la radioactivité gamma naturelle des différents niveaux géologiques de la zone phosphatée. Les sols quaternaires qui environnent les gisements de phosphate ont montré un niveau radioactif relativement élevé. Plus loin, la même nature de sol s'est révélée moins radioactive.

L'exploitation des gisements de phosphates faite, en partie, à ciel ouvert pourrait être à l'origine de cette élévation. En effet, le climat étant sec et aride, les zones minières sont, en permanence, occupées par un nuage de poussières phosphatées plus ou moins épais selon les activités et la topographie des lieux ; sur certains quartiers, 7 à 9 g/m² de poussières se déposent quotidiennement [4]. Ce phénomène pourrait être responsable d'une pollution relative des sols environnants. A part la série phosphatée, d'âge éocène, radioactive, d'autres formations géologiques situées dans la même région ont révélé des niveaux radioactifs relativement élevés ; citons, en particulier, les sédiments argilo-gréseux du crétacé inférieur [3].

Pour étudier la répartition de la radioactivité naturelle dans les autres faciés tels que les sols de sebkas, les sédiments argilo-gréseux du miopliocène, les sédiments carbonatés et argileux du crétacé supérieur, une série d'échantillons a été prélevée dans les différents niveaux géologiques.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

1. Matériels utilisés

- détecteur germanium haute pureté (Type P) placé dans une enceinte en plomb de faible activité,
- analyseur multicanaux 4096 CAN 8000 CX, micro-ordinateur pour le traitement informatique des spectres.

2. Méthodes

Le bassin de Gafsa comporte les mines de phosphates qui sont réputées radioactives et les bassins du chott où la série crétacé inférieure a également montré un bruit de fond relativement élevé [3]. Un inventaire radiométrique par spectrométrie autoportée et pedestre a permis de faire une première sélection des niveaux géologiques radioactifs. Des analyses géochimiques des éléments radioactifs (U, K, Th) ont également justifié le choix des prélèvements (fig. 1).

Les échantillons prélevés sont séchés à l'étuve à 100 °C pendant 48 h, puis broyés et conditionnés dans des géométries 500 cm³. Les niveaux d'activité des échantillons sont généralement faibles. Pour améliorer la statistique des résultats, le temps de comptage a été porté à 20 h. Ce temps est suffisant pour donner des informations sur l'activité des émetteurs gamma.

Pour vérifier la précision des résultats, 30 % des échantillons ont été analysés deux fois sur le même détecteur et 28 autres ont fait l'objet

d'intercomparaison avec d'autres laboratoires (CEA de Cadarache, LMEI, Orsay, France).

Le bruit de fond étant soustrait de chaque mesure des radionucléides, la correction de l'autoabsorption pour les faibles énergies est faite selon la méthode de Philippot [2]. Dans le calcul de la concentration du radium 226, nous avons tenu compte d'une part de la raie à 185 keV commune à l'uranium 235 et au radium 226.

3. Résultats et interprétations

a) Résultats

L'ensemble des résultats de mesures de l'activité des émetteurs gamma obtenus aux différents points de prélèvement est illustré par les figures 2 à 6, l'activité mesurée étant proportionnelle à la surface du disque. Les tableaux I et II résument les principales données obtenues dans la région étudiée. La figure 7 illustre l'activité gamma totale et la situation géographique des principaux gisements de phosphates (Redeyef, Metlaoui, Moulares, Mdhilla). Les tableaux IV et V représentent le débit de dose estimé dans la région étudiée.

b) Interprétation

Une certaine hétérogénéité des résultats a été constatée au niveau de cette région. En effet, la répartition de l'activité des radionucléides ^{226}Ra , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K et ^{137}Cs n'est pas uniforme (figures 2 à 6), elle dépend de la nature lithologique du point prélevé. Au voisinage des gisements de phosphates, la distribution de ^{226}Ra et ^{238}U (figures 2 et 3) montre une augmentation locale du niveau de la radioactivité gamma. En effet, il y a une contamination de ces régions par transport éolien d'éléments polluants provenant des mines de phosphates. Loin des gisements de phosphates, la même nature du sol ne présente pas une radioactivité élevée.

L'activité comparée des radionucléides dans le sol (tableaux I et II) montre que la radioactivité due au ^{40}K est prépondérante.

TABLEAU I
Activités massiques moyennes dans le milieu naturel
en présence des gisements de phosphates (Bq/kg)

| Nombre d'analyses | ^{226}Ra | ^{232}Th | ^{40}K | ^{238}U | ^{137}Cs |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 27 | 34 | 17 | 225 | 36 | 4 |
| Statistiques | | | | | |
| Min | 7 | 5 | 5 | 7 | 0 |
| Max | 80 | 30 | 405 | 130 | 30 |
| STD | 22,3 | 7,4 | 113 | 28 | 8,8 |

TABLEAU II
**Activités massiques moyennes dans le milieu naturel
 en dehors des gisements de phosphates (Bq/kg)**

| Nature du sol | Nombre d'analyses | ^{226}Ra | ^{232}Th | ^{40}K | ^{238}U | ^{137}Cs |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| Argile | 47 | 23 | 25 | 263 | 22 | 9 |
| Calcaire | 16 | 15 | 12 | 65 | 15 | 3 |
| Marne | 22 | 22 | 16 | 221 | 22 | 5 |
| Sable | 18 | 14 | 11 | 150 | 12 | 4 |
| Statistique | | | | | | |
| Min | | 7 | 6 | 7 | 3 | 0 |
| Max | | 80 | 33 | 420 | 96 | 46 |
| Moy | | 19,6 | 13,9 | 203 | 19,2 | 5,7 |
| STD | | 11 | 5,5 | 99 | 13,2 | 10,2 |

TABLEAU III
**Activités massiques moyennes du sol en ^{40}K , ^{238}U
 et débits de doses calculés à 1 m au-dessus du sol (d'après UNSCEAR, 1977)**

| Série naturelle | Débit de dose par unité d'activité (10^{-10} Gy/h/Bq) | Activité massique moyenne (Bq/kg) | Débit de dose absorbée dans l'air (10^{-8} Gy/h) |
|-------------------|--|-----------------------------------|---|
| ^{40}K | 0,43 | 370 (100 – 700) | 1,6 (0,4 – 3) |
| ^{238}U | 4,27 | 25 (10 – 50) | 1,1 (0,4 – 2,1) |
| ^{232}Th | 6,26 | 25 (7 – 50) | 1,5 (0,4 – 3,1) |

TABLEAU IV
Estimation du débit de dose dans la région phosphatée (bassin de Gafsa)

| Radionucléides | Activité massique moyenne (Bq/kg) | Débit de dose absorbée dans l'air calculée à 1 m (10^{-8} Gy/h) |
|-------------------|-----------------------------------|--|
| ^{40}K | 228 (5 – 480) | 1 (0,02 – 2) |
| ^{238}U | 40 (7 – 130) | 1,7 (0,03 – 5,5) |
| ^{232}Th | 15 (3 – 30) | 1 (0,2 – 1,9) |

TABLEAU V

Estimation du débit de dose en l'absence de gisement en phosphates

| Radionucléides | Activité massique moyenne (Bq/kg) | Débit de dose absorbée dans l'air (10^{-8} Gy/h) |
|-------------------|-----------------------------------|---|
| ^{40}K | 203 (7 - 420) | 1 (0,03 - 1,8) |
| ^{238}U | 19 (3 - 96) | 0,8 (0,1 - 4) |
| ^{232}Th | 6 (3 - 46) | 0,4 (0,2 - 3) |

Quant à la radioactivité artificielle, elle est tout juste quantifiable dans les alluvions récentes ou anciennes (facteurs d'érosion) et partout ailleurs négligeable. Le césium 137 est dominant, il est éventuellement dû aux explosions et essais nucléaires qui ont pollué en partie l'atmosphère terrestre.

Etant donné l'absence de césium 134 au moment des mesures dans le bassin de Gafsa, l'influence de l'accident de Tchernobyl peut être écartée.

Les résultats du calcul de débits de dose (tableaux IV et V) montrent que la contribution de la famille ^{238}U au débit de dose est plus importante dans la région phosphatée. En effet, le débit de dose absorbé dans l'air est de $1,7 \cdot 10^{-8}$ Gy/h (tableau III) [1]. Cependant, cette augmentation de la radioactivité reste faible.

CONCLUSION

Les résultats des mesures relatives à la radioactivité naturelle dans le sud tunisien montrent que les valeurs des différentes composantes (^{226}Ra , ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K , et ^{137}Cs) présentent des variations significatives selon les lieux. Cependant, au voisinage des gisements de phosphate, la radioactivité due à ^{226}Ra et à ^{238}U est élevée, en raison de la présence en permanence, au-dessus des mines, d'un nuage empoussiéré contenant des éléments polluants qui, sous l'effet du vent, sont transportés vers les régions avoisinantes.

Nous ajoutons, par ailleurs, que le sol tunisien dans le bassin de Gafsa est faiblement touché par la pollution radioactive artificielle qui peut être attribuée aux explosions nucléaires dans l'atmosphère. L'influence de l'accident de Tchernobyl reste absente dans cette région. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] COMITÉ SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'ÉTUDE DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS (UNSCEAR). – Irradiation due aux explosions nucléaires –. New York : Nations unies, 1988.
- [2] L. FOULQUIER, J.C. PHILLIPOT. Métrologie de l'environnement, échantillonnage et préparation d'organismes d'eau douce. Mesure des radionucléides émetteurs gamma. Rapport CEA-R-5164, 1982.
- [3] Rapport géologique sur l'Atlas méridional. Compagnie de Gafsa, Groupe de Géologues de CPG, Tunisie, 1979.
- [4] B. SALAH HAMZA FAOUZIA. Risques radiques et profil sanitaire d'une population de travailleurs dans les mines de phosphate de Metlaoui (Tunisie). Thèse, Médecine, Tunis, 1987.
- [5] S. SASSI. La sédimentation phosphatée au Paléocène dans le Sud et le Centre Ouest de la Tunisie. Thèse d'Etat, Université de Paris sud, 1974.

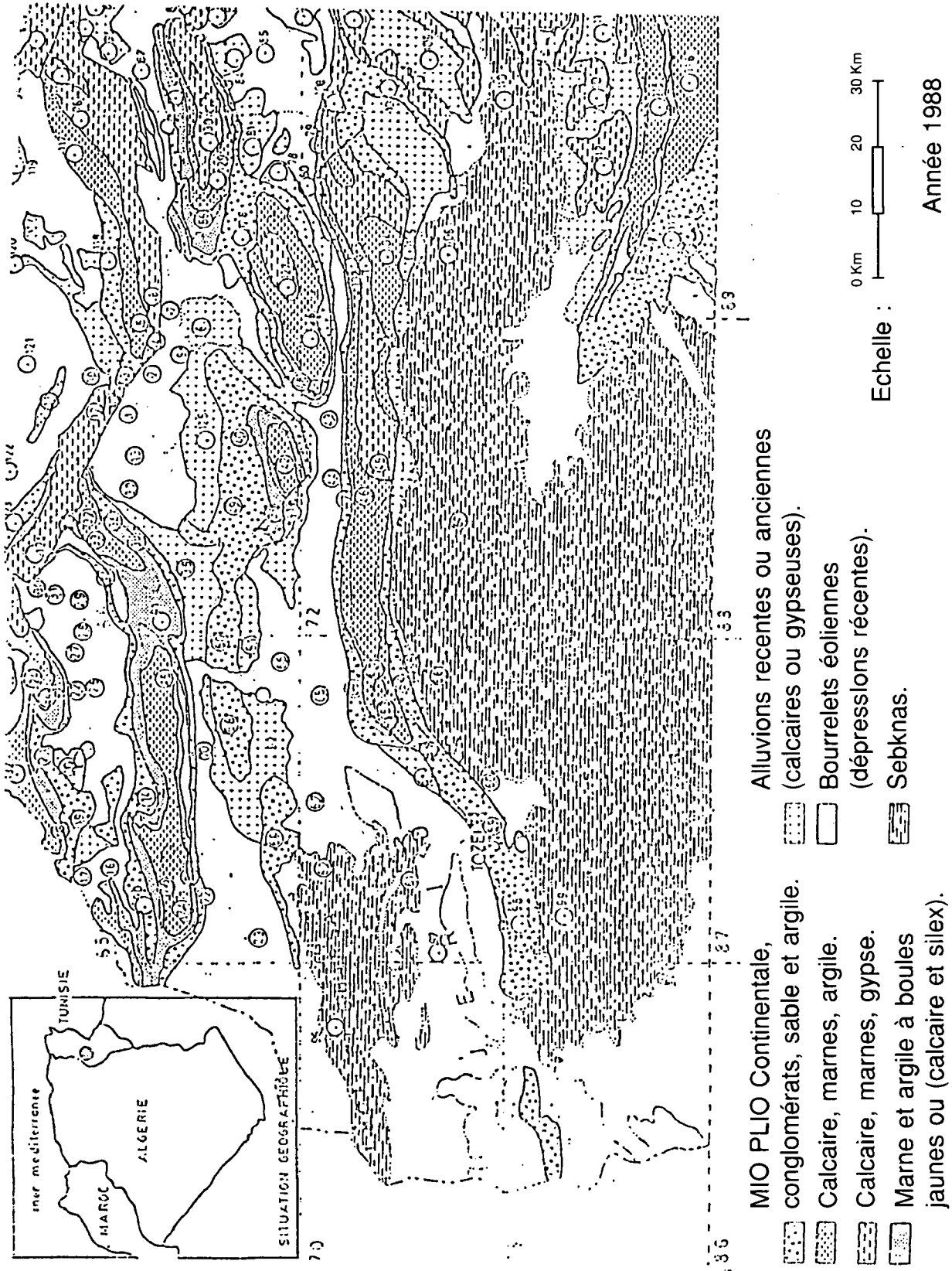
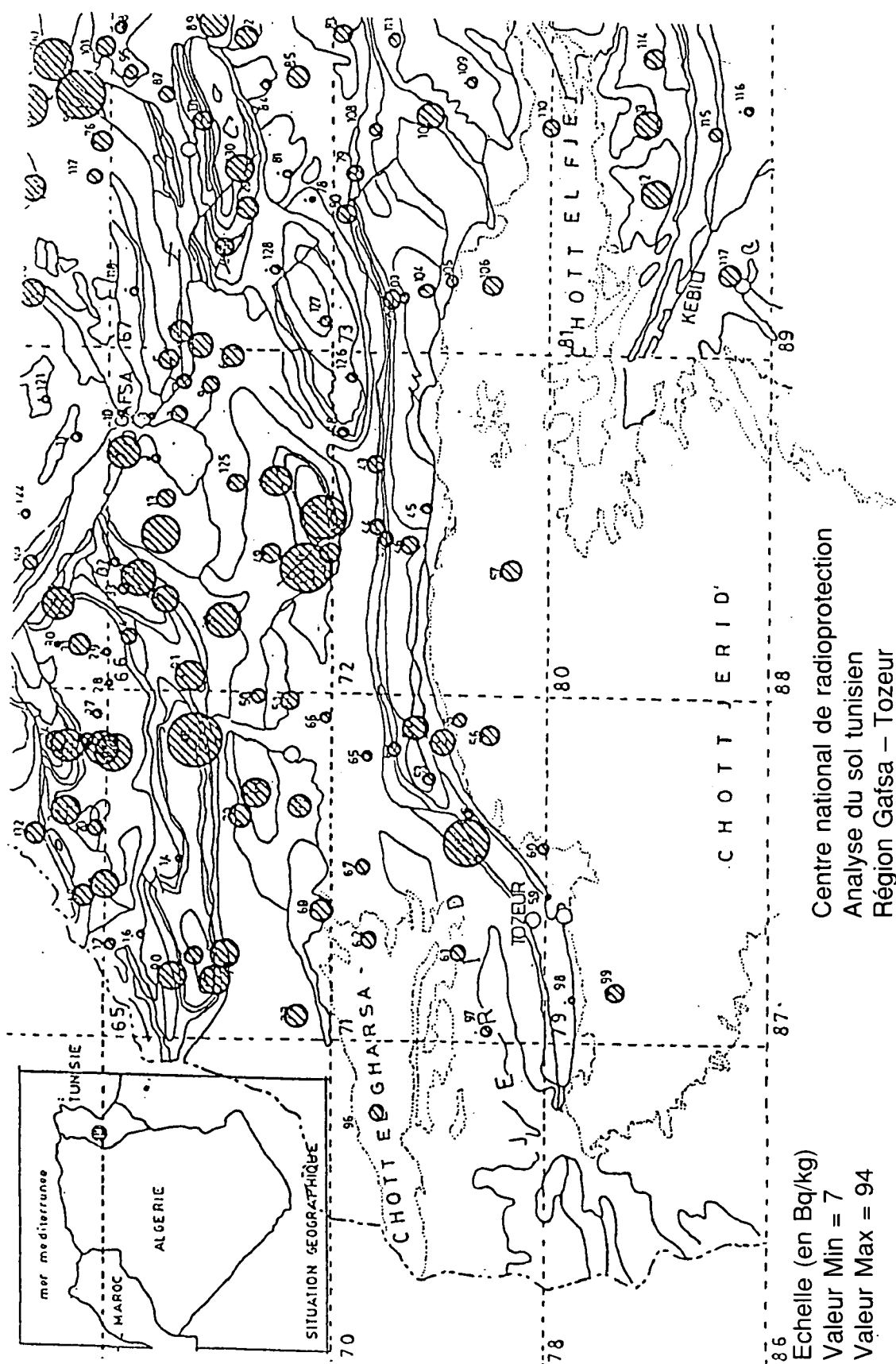
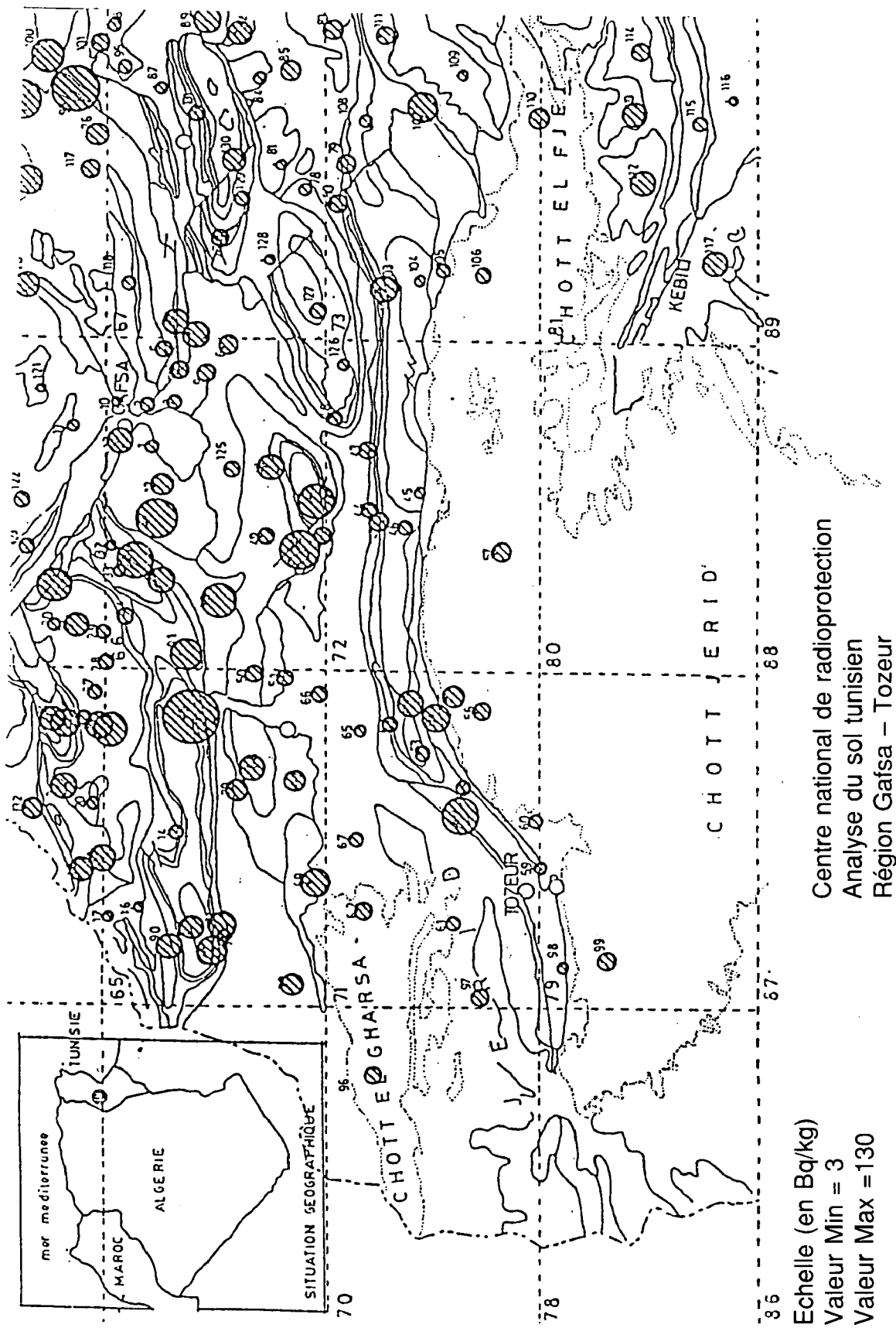


Fig. 1 - CNPR. Esquisse géologique avec les points de prélèvement dans le Sud tunisien



Année 1988

Fig. 2 - Représentation de l'activité du radium 226 aux différents points de prélèvement

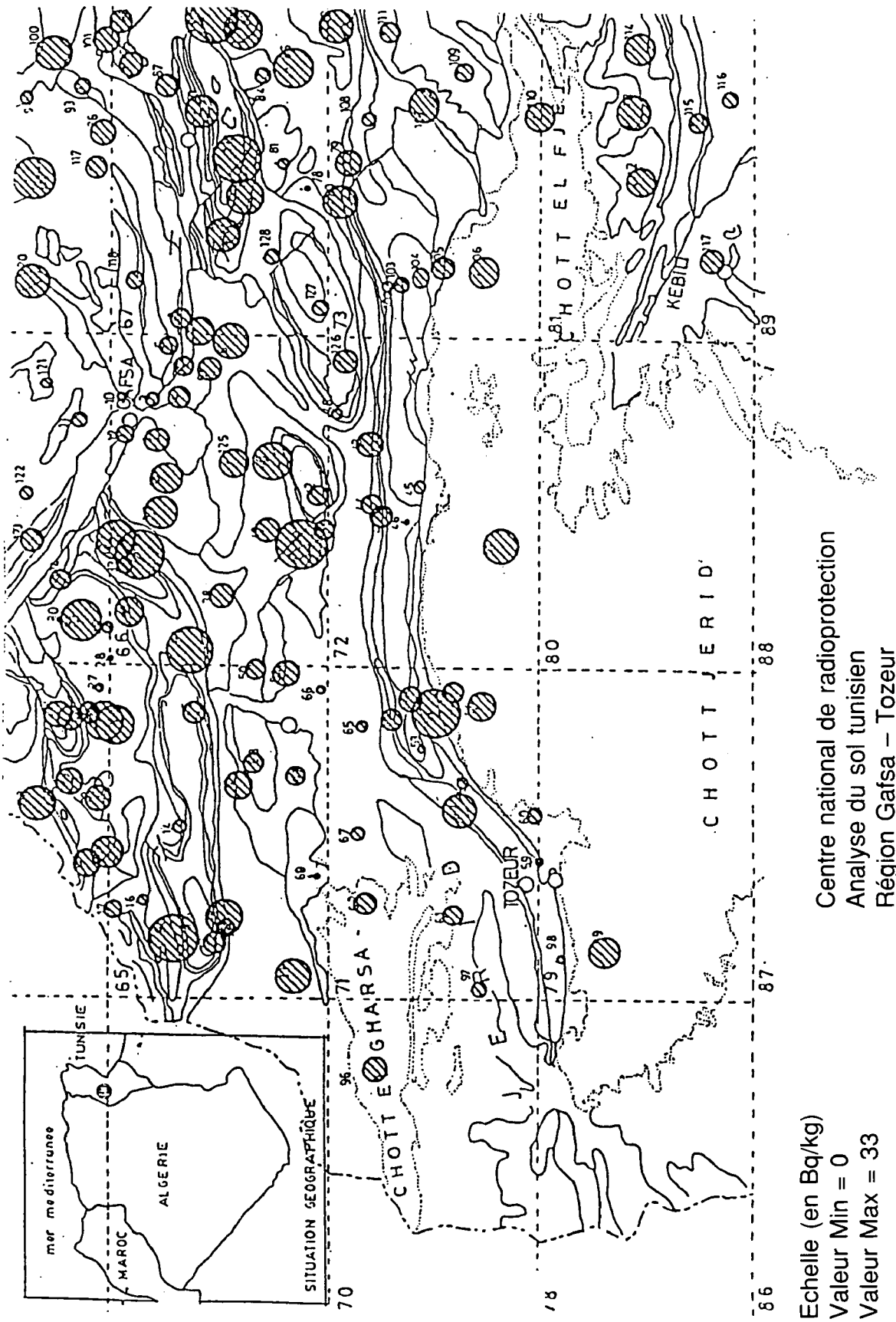


Echelle (en Bq/kg)
 Valeur Min = 3
 Valeur Max = 130

Centre national de radioprotection
 Analyse du sol tunisien
 Région Gafsa - Tozeur

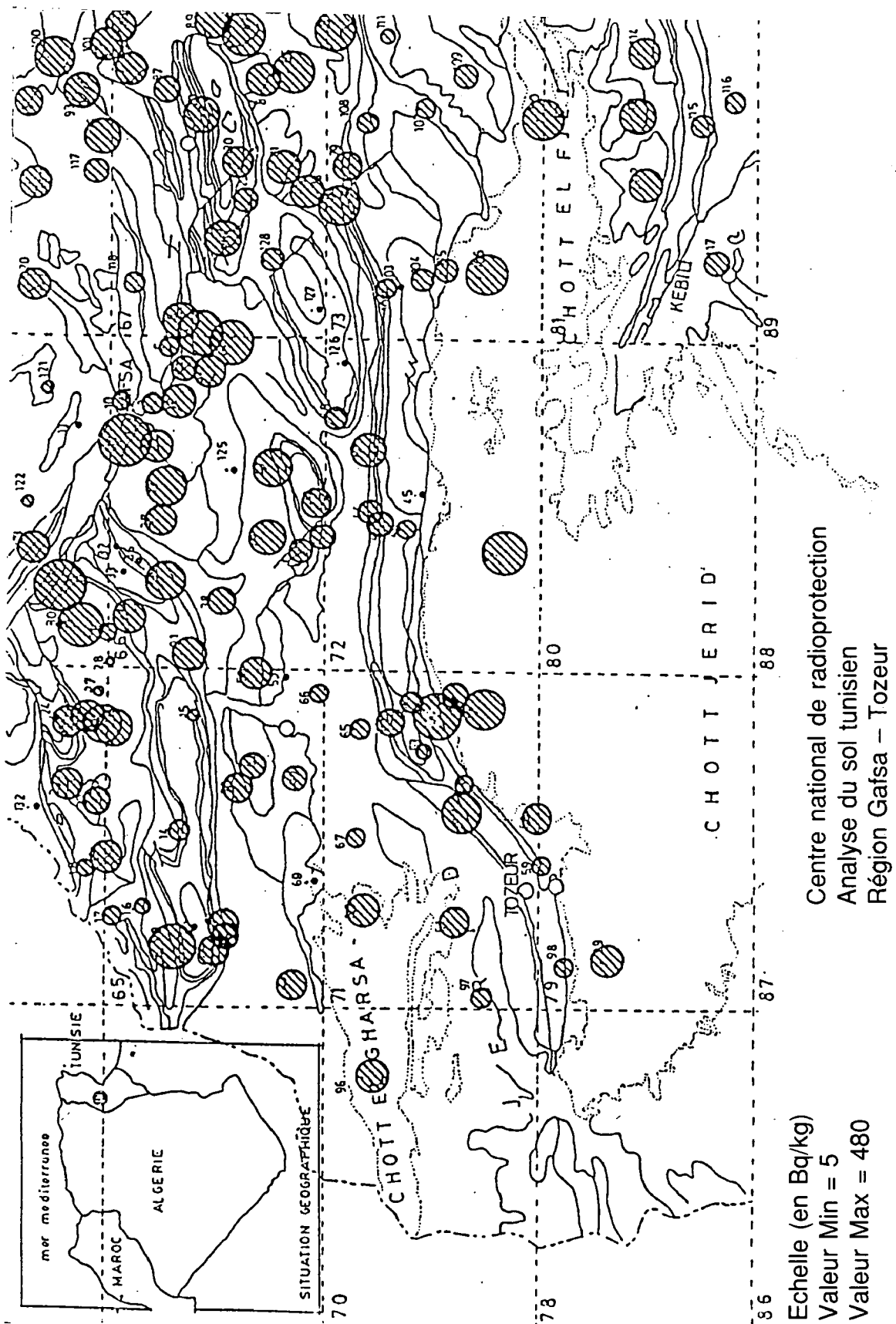
Année 1988

Fig. 3 - Représentation de l'activité de l'uranium 238 aux différents points de prélèvement



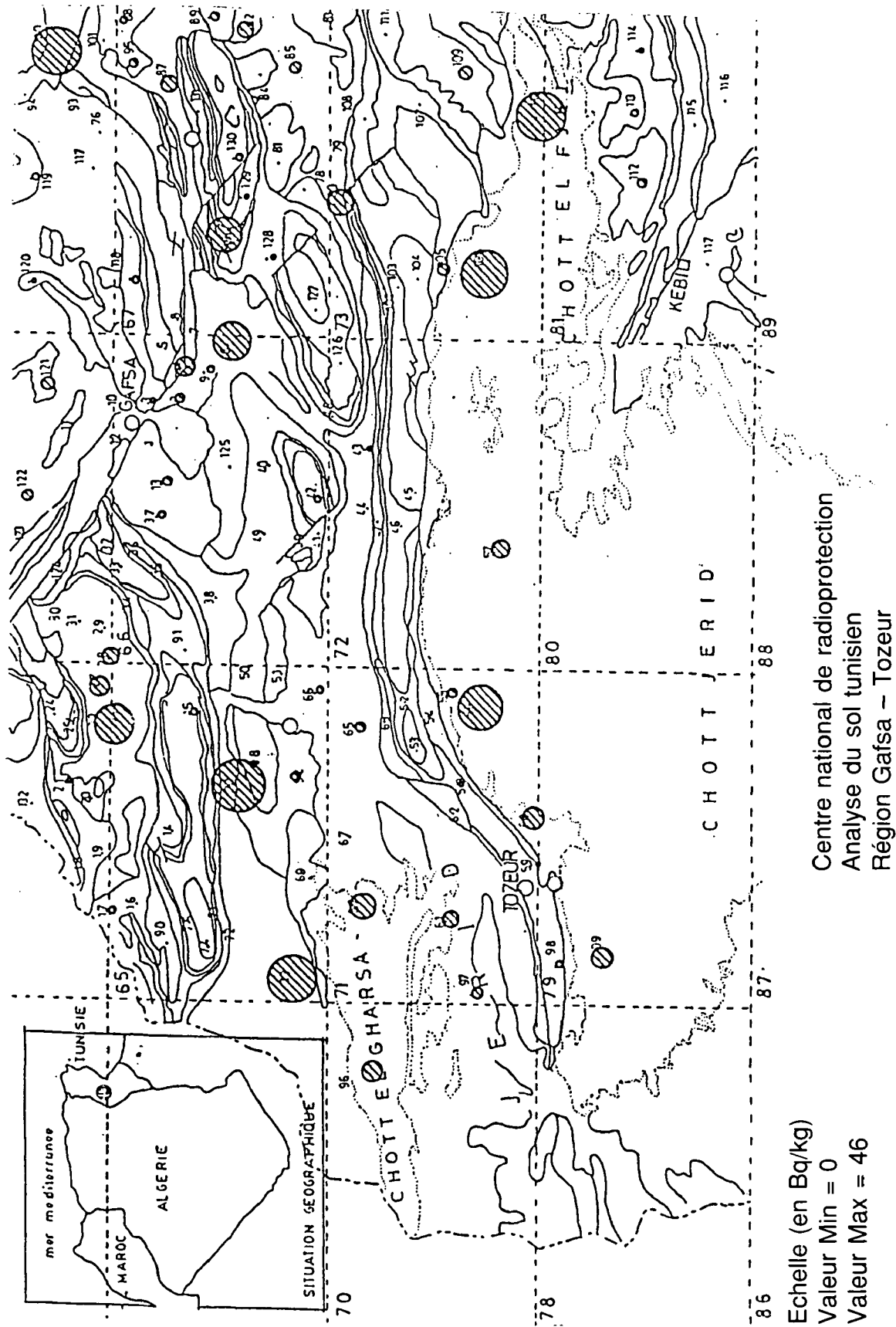
Année 1988

Fig. 4 - Représentation de l'activité du thorium 232 aux différents points de prélèvement



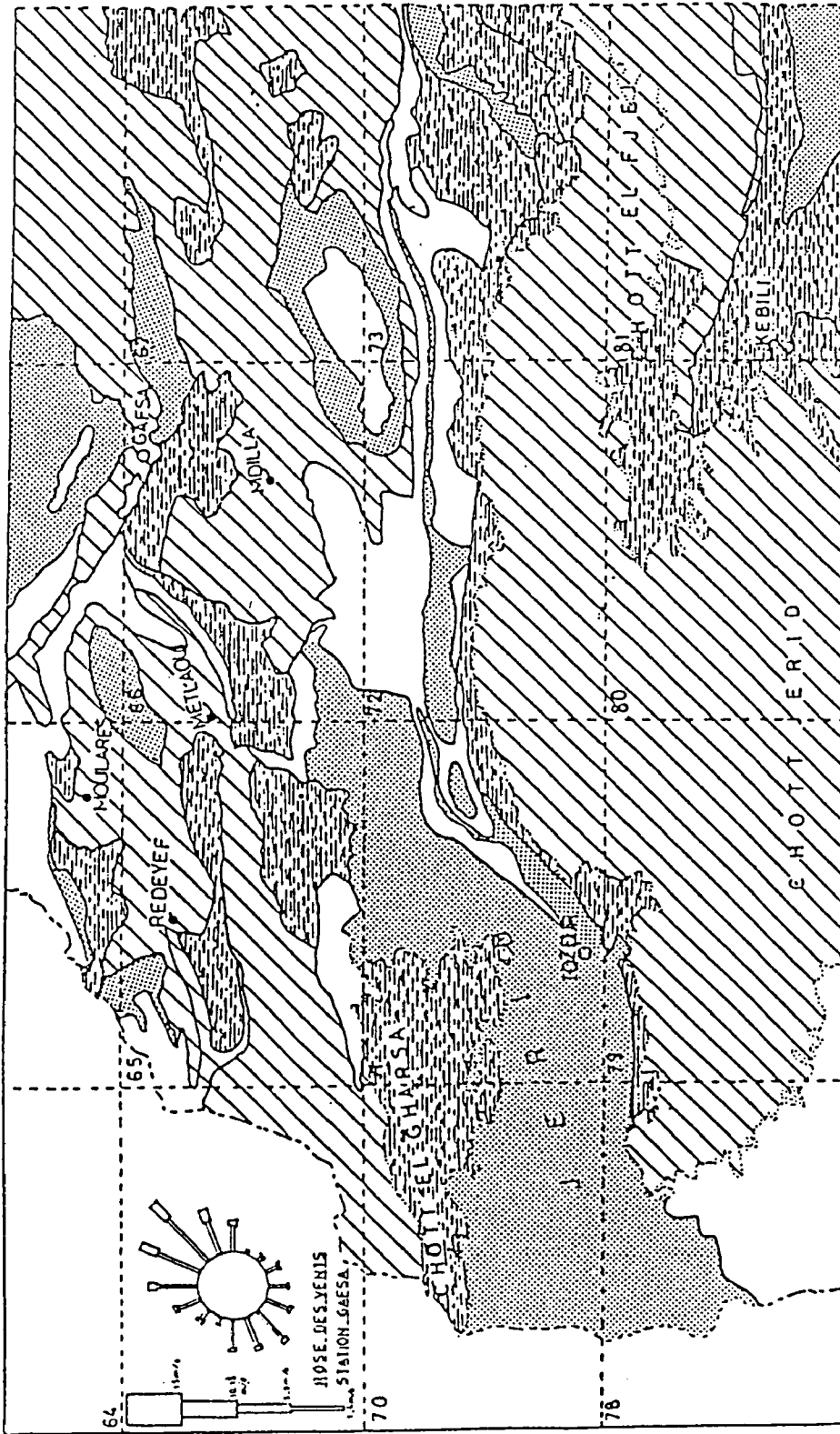
Année 1988

Fig.5 - Représentation de l'activité du potassium 40 aux différents points de prélèvement



Année 1988

Fig. 6 - Représentation de l'activité du césium 137 aux différents points de prélèvement



Activité en Bq/kg de sol

- ≤ 100
- ▨ 100 ≤ - < 100
- ▩ 300 ≤ - < 500
- ▤ 500 ≤ - < 800

Centre national de radioprotection
Analyse du sol tunisien
Région Gafsa - Tozeur

Echelle : 0 Km 10 20 30 Km

Année 1988
Année 1988

Fig. 6 - Représentation de l'activité gamma totale des radioéléments (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U et ^{137}Cs)