



Ministère de l'Economie,  
des Finances et  
de l'Industrie



*Reconnaissance par microgravimétrie  
sur d'anciens travaux miniers  
La Chapelle-sous-Dun (71)*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public 98-G-014

mars 1998  
R 40026



Mots-clés : Géophysique, Microgravimétrie, Mines orphelines, La Chapelle-sous-Dun, Saône-et-Loire, France.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM (1998) - Reconnaissance par microgravimétrie sur d'anciens travaux miniers La Chapelle-sous-Dun (71). Rap. BRGM R 40026, 25 p., 6 fig., 1 tabl., 2 pl.

© BRGM, 1998, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

A la demande du SGR/Bourgogne et pour le compte de la DRIRE, une reconnaissance par microgravimétrie a été effectuée sur l'ancienne concession des mines de houille de La Chapelle-sous-Dun (71), dans le cadre des actions de Service public du BRGM (fiche 98-G-014).

L'objectif de l'étude est la localisation des galeries, descenderies ou salles d'exploitation qui, à l'heure actuelle, présentent des risques potentiels d'effondrement.

Le levé microgravimétrique a mis en évidence deux importants systèmes anomaux légers qui devraient correspondre à deux secteurs d'exploitation différents. Les caractéristiques de ces anomalies légères laissent supposer la présence de galeries ou de chambres d'exploitation proches de la surface et de dimensions importantes.

Ces anomalies devraient être contrôlées par des sondages de reconnaissance atteignant une profondeur d'au moins 25 m.

D'autres anomalies, situées sur la bordure de la zone d'étude, ne sont pas circonscrites et nécessiteraient un complément d'étude avant de passer à la phase de reconnaissance mécanique.

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	7
<b>1. Contexte géologique</b> .....	9
<b>2. Principe de la méthode "Microgravimétrie"</b> .....	11
<b>3. Exécution des travaux</b> .....	13
3.1. Personnel et moyens mis en oeuvre .....	13
3.2. Procédures .....	13
3.2.1. Implantation et nivellement des stations microgravimétriques.....	13
3.2.2. Gravimétrie.....	13
3.3. Statistiques des travaux réalisés .....	15
3.4. Compilation des données .....	15
3.5. Précision des mesures.....	15
<b>4. Résultats</b> .....	17
4.1. Anomalie de Bouguer.....	17
4.2. Anomalie régionale .....	17
4.3. Anomalie résiduelle d'ordre 2.....	17
4.4. Anomalie résiduelle d'ordre 4.....	26
<b>Conclusion</b> .....	29

## Liste des illustrations

Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude. Echelle à 1/25 000 .....	6
Fig. 2 - Histogramme des reprises .....	14
Fig. 3 - Carte de l'anomalie de Bouguer ( $d = 2.3$ ). Echelle à 1/1 500 .....	19
Fig. 4 - Carte de l'anomalie régionale d'ordre 2. Echelle à 1/1 500.....	21
Fig. 5 - Carte de l'anomalie régionale d'ordre 4. Echelle à 1/1 500.....	23
Fig. 6 - Carte de l'anomalie résiduelle d'ordre 4. Echelle à 1/1 500 .....	27
Tabl. 1 - Sondages de reconnaissances.....	25
Pl. 1 - Carte de l'anomalie résiduelle d'ordre 2. Echelle à 1/1 000	
Pl. 2 - Carte de synthèse. Echelle à 1/1 000	

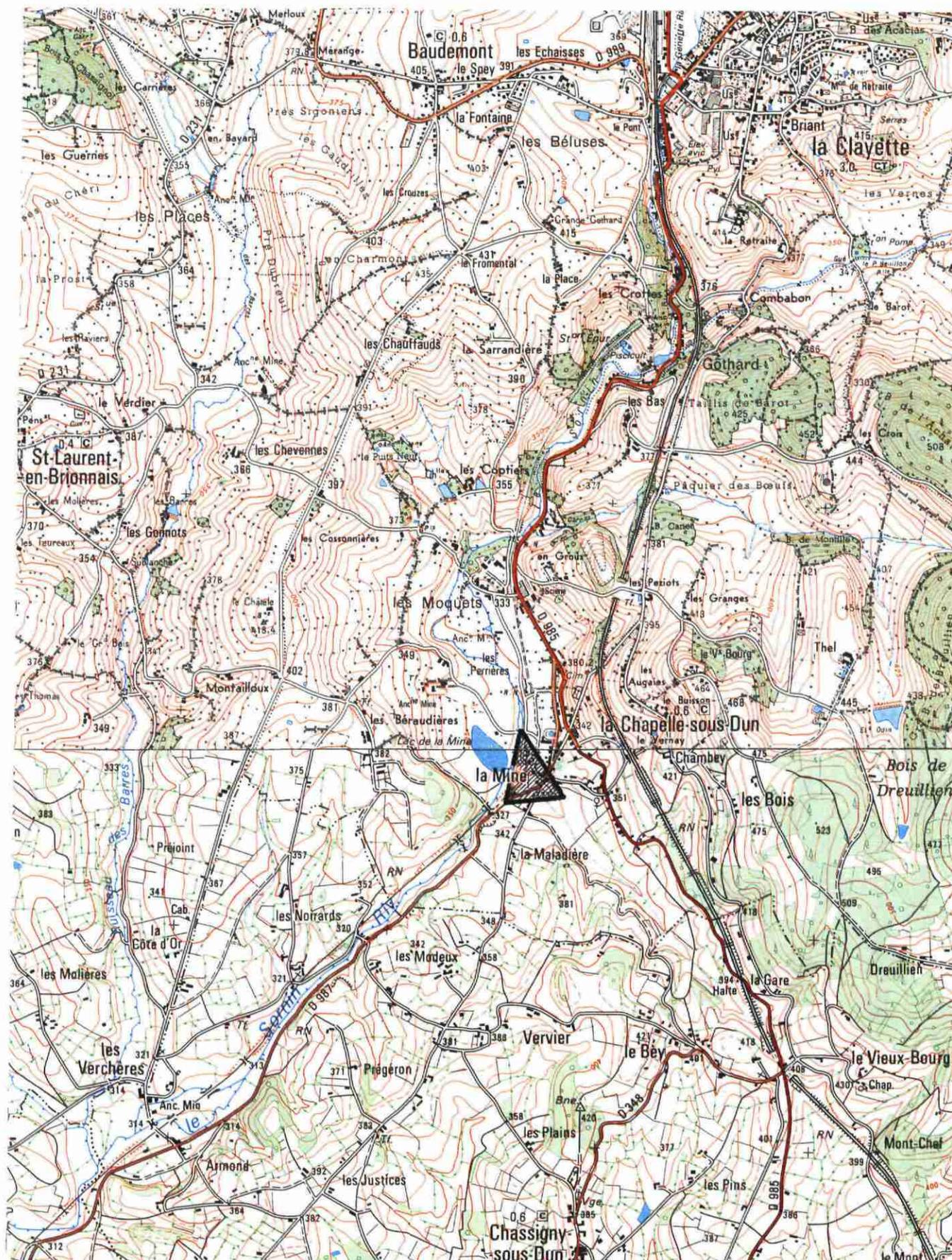


Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude. Echelle à 1/25 000.

## **Introduction**

A la demande du SGR/Bourgogne et pour le compte de la DRIRE, une reconnaissance par microgravimétrie a été effectuée à La Chapelle-sous-Dun (fig. 1).

L'objectif de cette étude est la localisation d'anciennes exploitations souterraines de charbon.

Les galeries et les salles d'exploitation, qui sont à l'heure actuelle inondées, présentent des risques potentiels d'effondrement.

## **1. Contexte géologique**

Le bassin houiller de La Chapelle-sous-Dun, d'extension très limitée, est enclavé entre un massif granitique au sud-ouest (contact par faille) et une intrusion rhyolitique au nord-est.

Les couches de houille sont subaffleurantes et ont été exploitées soit en descenderies, soit en galeries relativement proches de la surface.

Les formations du Stéphanien, constituées d'un faisceau de couches de houille et par des niveaux détritiques, ont une densité moyenne beaucoup plus faible que celle des roches éruptives qui occupent la bordure du bassin.

## 2. Principe de la méthode "Microgravimétrie"

La prospection gravimétrique consiste à déterminer les anomalies de la pesanteur occasionnées par l'inégale répartition des densités dans le sous-sol. Ces anomalies représentent la différence entre la valeur de  $g$ , accélération de la pesanteur, mesurée et corrigée des causes de variations connues, et une valeur normale de  $g_0$  que l'on observerait si la terre était homogène.

Pour mesurer  $g$ , on utilise des appareils appelés gravimètres, dont le principe se ramène à celui du peson à ressort, soit une masse accrochée à l'extrémité inférieure d'un ressort vertical. Le poids de la masse est équilibré par la tension du ressort, elle-même proportionnelle à son élongation. Les variations de  $g$  se traduiront par des variations de longueur du ressort que l'on mesurera.

Pour être significatifs, les résultats des mesures gravimétriques doivent être corrigés de toutes les causes de variations de  $g$  (altitude, relief et latitude) qui ne sont pas liées à la structure et composition du sous-sol.

On calcule, pour chaque station de mesure, l'anomalie de Bouguer dont l'expression est la suivante :

$$B = g + c \cdot Z + T - g_0$$

- où  $g$  est la mesure à la station corrigée des variations luni-solaires et de la dérive instrumentale,  
 $Z$  est l'altitude en mètres,  
 $c$  est un coefficient de correction, fonction de la densité  $d$  des terrains superficiels,  
 $T$  est la correction de relief (ou topographique),  
 $g_0$  est la valeur normale de la pesanteur sur l'ellipsoïde terrestre supposé homogène.

L'interprétation des résultats se fait à partir de la carte de l'anomalie de Bouguer ou de la carte de l'anomalie résiduelle (soustraction d'une anomalie régionale dont les sources sont plus lointaines) et conduit à une analyse des anomalies gravimétriques (signe positif ou négatif, amplitude, longueur d'onde, direction d'allongement, axes), à une différenciation entre corps lourds et légers et à une estimation de la profondeur de ces corps.

Les variations de l'anomalie de Bouguer sont dues à l'effet gravifique du sous-sol profond, correspondant aux structures géologiques régionales, et aux hétérogénéités superficielles, correspondant aux structures recherchées. Les phénomènes superficiels provoquent des variations de courte "longueur d'onde" se manifestant par des contours à faible rayon de courbure sur les cartes.

La carte d'anomalie résiduelle tend à ne conserver que ces seules variations qui correspondent aux structures recherchées par soustraction des effets régionaux de grande longueur d'onde, sans intérêt en considération de l'objectif de l'étude.

La microgravimétrie est une méthode reconnue comme adaptée à la recherche de cavités. Ces cavités sont plus facilement détectables, lorsqu'elles sont vides que lorsqu'elles sont dans l'eau, le contraste de densité étant plus grand ( $d = 0$  pour l'air,  $d = 1$  pour l'eau).

L'influence d'une cavité se traduit en gravimétrie par une anomalie négative, mais il est évident que toutes les anomalies négatives présentes sur une carte ne sont pas forcément attribuables à la présence de ces cavités.

Les variations lithologiques (surépaisseur de couverture sableuse ou argileuse, remblais de matériaux alluvionnaires, zones d'altération ou de fissuration de faible densité, variations de densité des roches) provoquent des anomalies négatives qu'il n'est pas possible de distinguer à priori de celles produites par les cavités franches. Pour cette raison, en microgravimétrie, une anomalie négative jugée significative doit toujours être suivie d'un contrôle par sondages pour lever l'indétermination.

## 3. Exécution des travaux

### 3.1. PERSONNEL ET MOYENS MIS EN OEUVRE

Les opérations de terrain se sont déroulées du 23 mars au 1er avril 1998. Elles ont été effectuées par F. Dupont et F. Le Jeune, géophysiciens au département I2G/GS3D.

L'équipement utilisé est le suivant :

- un gravimètre SCINTREX CG3 "Microgal",
- un niveau automatique laser de marque WILD LNA2 L,
- un calculateur HP 42S,
- un ordinateur TOSHIBA 4850 CT et son imprimante HP DESKJET 320.

### 3.2. PROCÉDURES

#### 3.2.1. Implantation et nivellement des stations microgravimétriques

La reconnaissance a été effectuée selon une maille de 10 x 10 m. Certaines stations n'ont pu être levées du fait de la présence de constructions (zone urbanisée).

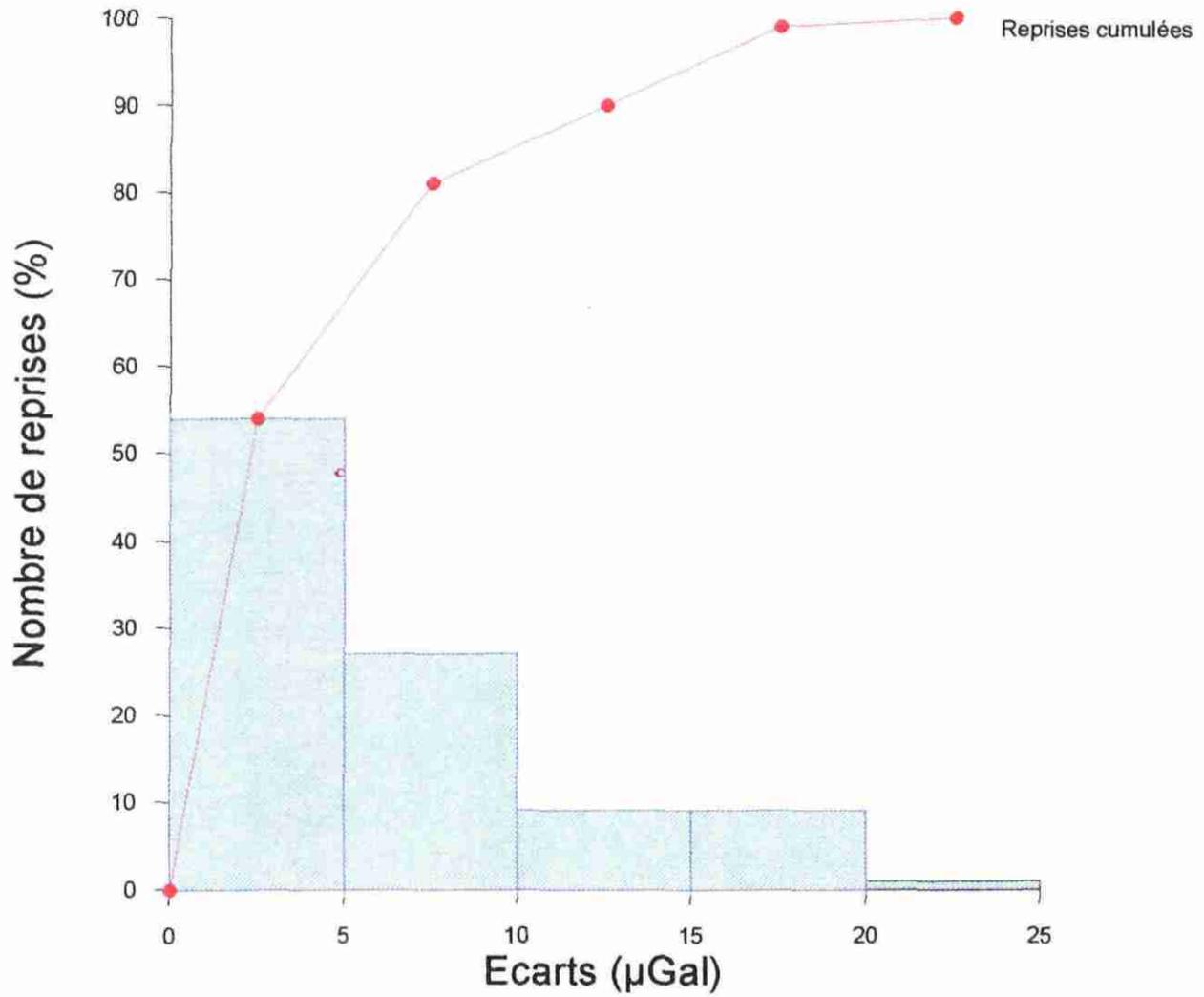
Toutes les stations sont matérialisées par des pastilles en plastique numérotées ou par des marques à la peinture, et ont été nivelées au sol en nivellement direct. Une cote arbitraire de 10 m est attribuée à l'origine du nivellement qui coïncide avec la base gravimétrique.

#### 3.2.2. Gravimétrie

Une base unique, dont la localisation est reportée sur la planche 1, a été utilisée pour l'ensemble de l'étude. La valeur de  $g$  à cette base est de 10 mGal.

Les ouvertures et fermetures sont faites sur coupelle basse, les mesures en station sur trépied. Le rattachement altimétrique de chaque station est fait en mesurant la distance entre le bord de la coupelle du trépied et le point au sol mesuré en nivellement.

La durée moyenne des programmes est d'environ 1 heure. Des corrections topographiques proches à 1, 3,5 et 10 m ont été effectuées.



Nombre de mesures: 369  
Nombre de reprises: 69 (19%)

**ECART MOYEN: 7  $\mu\text{Gal}$**

Fig. 2 - Histogramme des reprises.

### 3.3. STATISTIQUES DES TRAVAUX RÉALISÉS

Au total, 369 stations ont été implantées, nivelées et levées en gravimétrie, 69 d'entre elles, soit 19 %, ont été réitérées (points doubles). Les reprises gravimétriques permettent de déterminer la précision de mesures dans des conditions bien définies avec un gravimètre donné.

### 3.4. COMPILATION DES DONNÉES

L'anomalie de Bouguer a été calculée en densité 2,3, valeur admise pour les terrains cristallins superficiels. La valeur de  $g$  à la base a été prise arbitrairement égale à 10 mGal. Les corrections de latitude ont été intégrées dans l'anomalie régionale (l'effet de latitude augmente de 10  $\mu$ Gal tous les 12 m du sud vers le nord).

Les corrections topographiques à 1, 3,5 et 10 m sont estimées de visu sur chaque station de mesure.

### 3.5. PRÉCISION DES MESURES

La précision de la valeur de l'anomalie de Bouguer calculée en chaque point dépend essentiellement de l'erreur sur la mesure gravimétrique.

Cette erreur est estimée à partir des stations réitérées (points doubles). 69 stations ont été reprises (19 % des stations). L'analyse des écarts montre que l'erreur sur la mesure gravimétrique s'établit à 7  $\mu$ Gal (fig. 2). A cette erreur de mesure, s'ajoutent les erreurs :

- de nivellement ( $\pm 1$  cm), soit 3  $\mu$ Gal,
- d'appréciation des corrections topographiques. Cette erreur est estimée à 20 % de la correction moyenne, c'est-à-dire  $< 1$   $\mu$ Gal.

L'erreur sur le calcul des corrections luni-solaires est négligeable ( $< 1$   $\mu$ Gal). L'erreur finale estimée est donnée par la formule :

$$E_f^2 = E_{ri}^2 + E_z^2 + E_T^2$$

avec  $E_{ri}$  erreur sur la mesure estimée sur la base de la statistique des écarts aux points doubles,

$E_z$  erreur sur l'altitude du point,

$E_T$  erreur sur les corrections topographiques.

L'erreur finale sur la valeur de l'anomalie de Bouguer est donc d'environ 8  $\mu$ Gal. Dans ces conditions, une anomalie sera significative si son amplitude est d'au moins 15  $\mu$ Gal sur plusieurs points.

## 4. Résultats

### 4.1. ANOMALIE DE BOUGUER (fig. 3)

La carte de l'anomalie de Bouguer met en évidence une importante anomalie légère, orientée N150°E. Cette anomalie légère caractérise parfaitement le bassin d'effondrement occupé par les formations du Stéphaniens de densité inférieure à 2, et encadré par des massifs éruptifs de densité 2,6. Cependant, son orientation ne correspond probablement pas à l'orientation des couches de charbon.

### 4.2. ANOMALIE RÉGIONALE (fig. 4 et 5)

La soustraction d'un champ régional à l'anomalie de Bouguer permet d'éliminer la réponse d'origine structurale et de mettre ainsi en évidence les anomalies légères de courte longueur d'onde qui caractérisent la présence de cavités.

Compte tenu de la faible extension de la zone d'étude, l'anomalie régionale due à la présence du bassin houiller est assez mal définie. C'est pour cette raison que des champs régionaux d'ordres différents (ordres 2, 3 et 4) ont été soustraits à l'anomalie de Bouguer, afin de vérifier l'influence de l'ordre du régional sur la position et l'amplitude des anomalies résiduelles. Le résultat de ces calculs montre que le choix du régional n'a d'implication que sur les bordures de la zone d'étude. En conséquence, les anomalies légères situées sur cette bordure ne pourront être prises en considération qu'après avoir fait l'objet de compléments de mesures.

### 4.3. ANOMALIE RÉSIDUELLE D'ORDRE 2 (pl. 1 et 2)

La carte de l'anomalie résiduelle d'ordre 2 met en évidence trois systèmes anomaux légers :

#### • Anomalie A

Les caractéristiques de cette anomalie sont les suivantes :

- amplitude de l'ordre de 100  $\mu$ Gal,
- gradient de 40  $\mu$ Gal/10 m,
- extension NNW-SSE de 130 m,
- extension ESE-WNW de 40 à 60 m,

- présence de quatre extensions A1, A2, A3 et A4 de direction subperpendiculaire à la direction d'allongement de l'anomalie principale. Ces anomalies secondaires ont une amplitude de l'ordre de 20 à 30  $\mu$ Gal et sont relativement étroites (10 à 20 m).

L'importance de l'amplitude et du gradient de l'anomalie A caractérise une cavité de grande dimension relativement proche de la surface. Le seuil positif, qui scinde cette anomalie au niveau des stations P10-O11, est dû à la présence de matériaux denses ayant servi à la stabilisation de la route.

Le système anomalique léger A correspond à un secteur d'exploitation du charbon fermé au siècle dernier. Les extensions secondaires A1, A2, A3 et A4 seraient en relation avec des galeries de reconnaissance ou d'accès.

Des indices d'effondrement (L4) et d'un ancien puits (N7) ont été repérés au niveau de cette anomalie A.

#### • Anomalie B

Les caractéristiques de l'anomalie B sont les suivantes :

- amplitude de l'ordre de 50 à 60  $\mu$ Gal,
- gradient de 20  $\mu$ Gal/10 m,
- axe courbe, avec une direction d'allongement : N30°E au sud, puis N-S au nord,
- extension nord-sud : 240 m (non fermée au nord comme au sud),
- longueur d'onde moyenne : 30 m,
- présence de quatre axes légers secondaires B1, B2, B3 et B4, de direction subperpendiculaire à celle de l'axe B. L'amplitude de ces anomalies secondaires est de 30 à 60  $\mu$ Gal.

L'anomalie B reste ouverte au nord et au sud ; mais vers le sud, son extension doit être limitée, car le massif de granite est à moins de 100 m de la bordure sud de la zone d'étude. Les axes légers A1 et A2, correspondant probablement à des galeries d'accès, font la liaison entre le système anomalique B et le système A.

Le système anomalique léger B serait en relation avec les anciennes exploitations qui se sont arrêtées dans les années 1960.

Plusieurs indices d'effondrement (F14, S25), d'un ancien puits (P21) ou d'une ancienne descenderie (G15) jalonnent cette anomalie B.

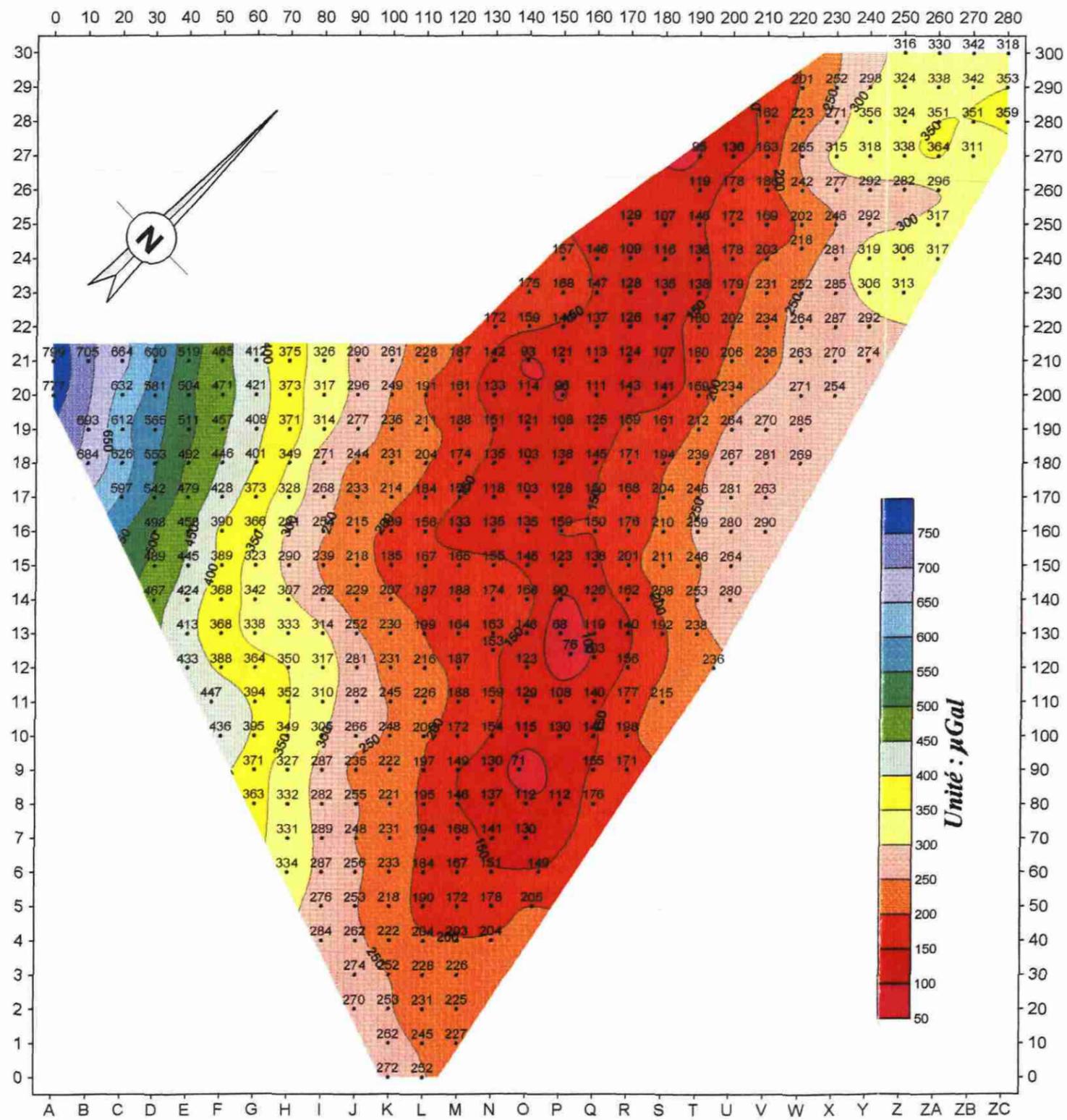


Fig. 3 - Carte de l'anomalie de Bouguer ( $d = 2.3$ ). Echelle à 1/1 500.

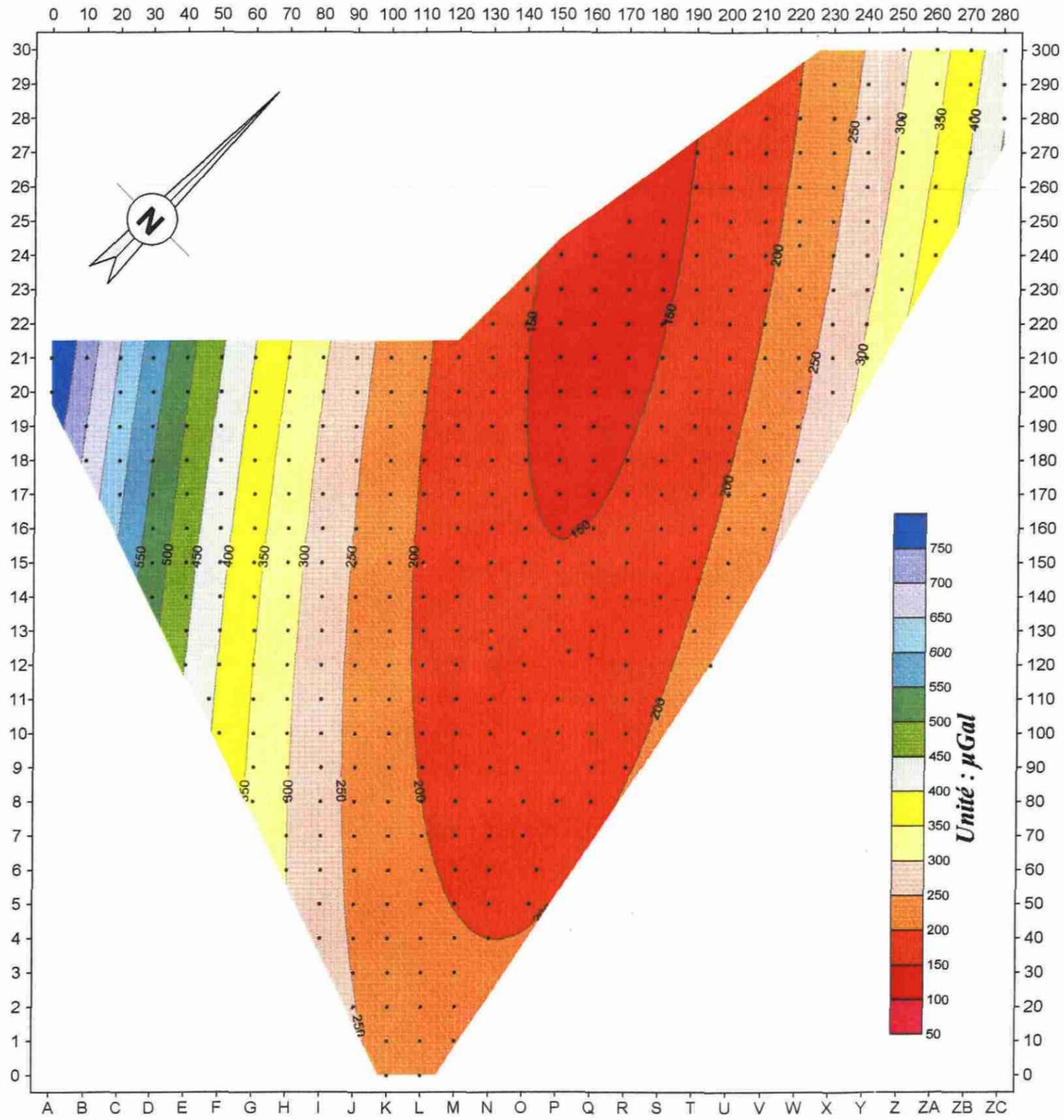


Fig. 4 - Carte de l'anomalie régionale d'ordre 2. Echelle à 1/1 500.

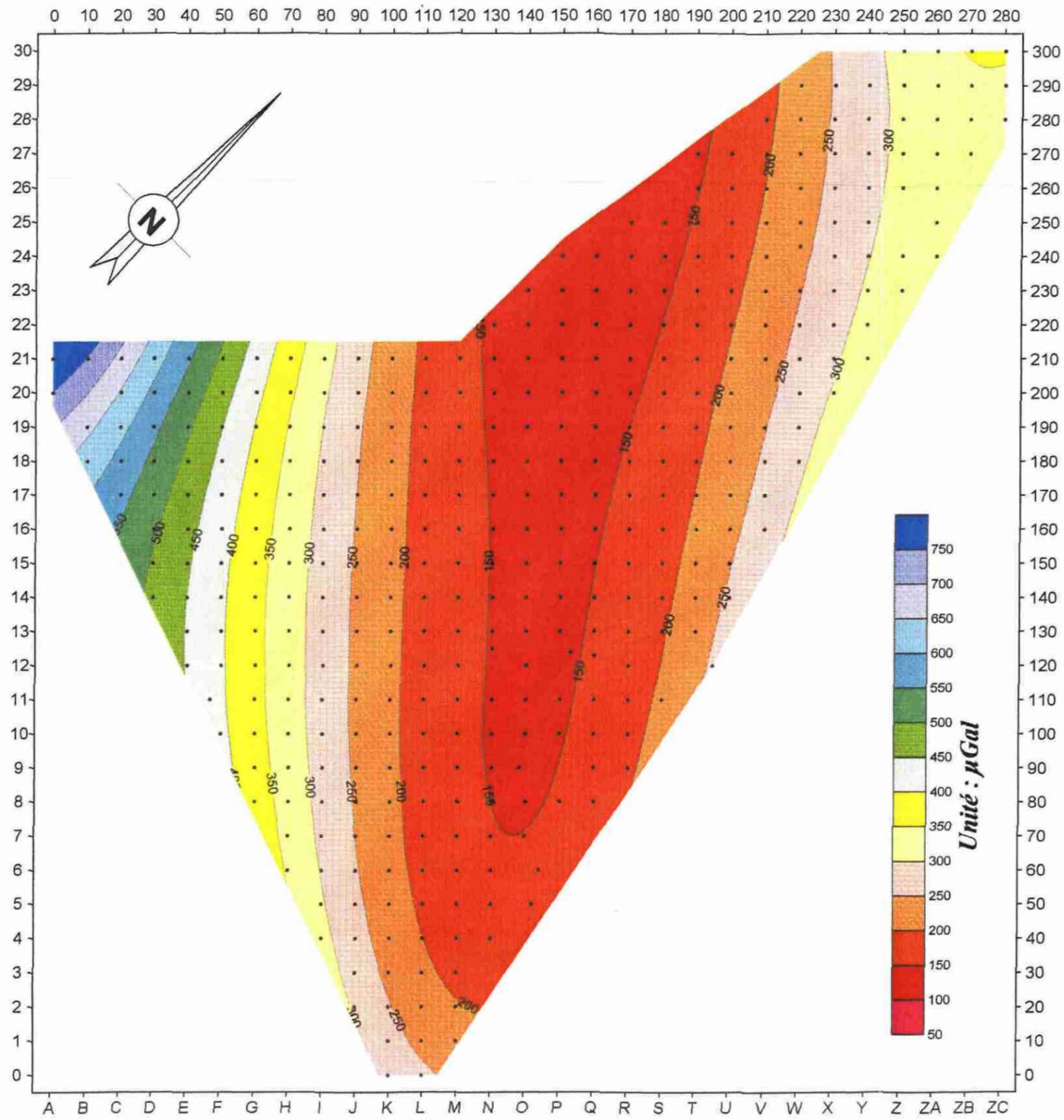


Fig. 5 - Carte de l'anomalie régionale d'ordre 4. Echelle à 1/1 500.

• Anomalie C

L'anomalie C est située sur la bordure nord-est de la zone d'étude. Elle n'est pas circonscrite et ne pourra être prise en considération qu'après avoir fait l'objet d'un complément de mesures. Elle pourrait cependant correspondre à un troisième secteur d'exploitation.

Afin de contrôler toutes ces anomalies, 17 sondages de reconnaissance sont proposés en priorités 1 ou 2, suivant l'amplitude de l'anomalie. Ces sondages devront atteindre une profondeur d'au moins 25 m.

La position des sondages de reconnaissance est donnée dans le tableau suivant. Elle a été établie en fonction de l'occupation des sols.

Anomalie	Amplitude en $\mu\text{Gal}$	Position du sondage	Priorité
A	90 à 100	P14.5 (incliné vers le SE)	1
		P11 (incliné vers NW)	1
		O9	1
		O8	1
A2	20	M13	2
A3	20	J9	2
B	50 à 60	I 15	1
		M 16	1
		O 17	1
		P 20	1
		S 25	1
		T 27	1
B 1	30	V 25	2
B 2	50	S 21	1
B 3	60	O 21	1
B 3	30	M 20	2
B 4	30	I 18	2

Tabl. 1 - Sondages de reconnaissances.

#### **4.4. ANOMALIE RÉSIDUELLE D'ORDRE 4 (fig. 6)**

Les résultats sont globalement identiques à ceux de la résiduelle d'ordre 2, sauf sur les bordures de la zone d'étude, où des différences sont mises en évidence :

- une possible extension de l'anomalie A vers le sud ;
- la présence d'une anomalie légère sur la limite nord-ouest (stations B21 à E21) ; cette anomalie reste ouverte vers le nord-ouest et nécessiterait un complément d'étude ;
- l'amplitude de l'anomalie B semble s'atténuer sur la bordure sud ;
- la morphologie de l'anomalie C est complètement différente et confirme de ce fait la nécessité d'un complément d'étude avant de passer à la phase de reconnaissance mécanique.

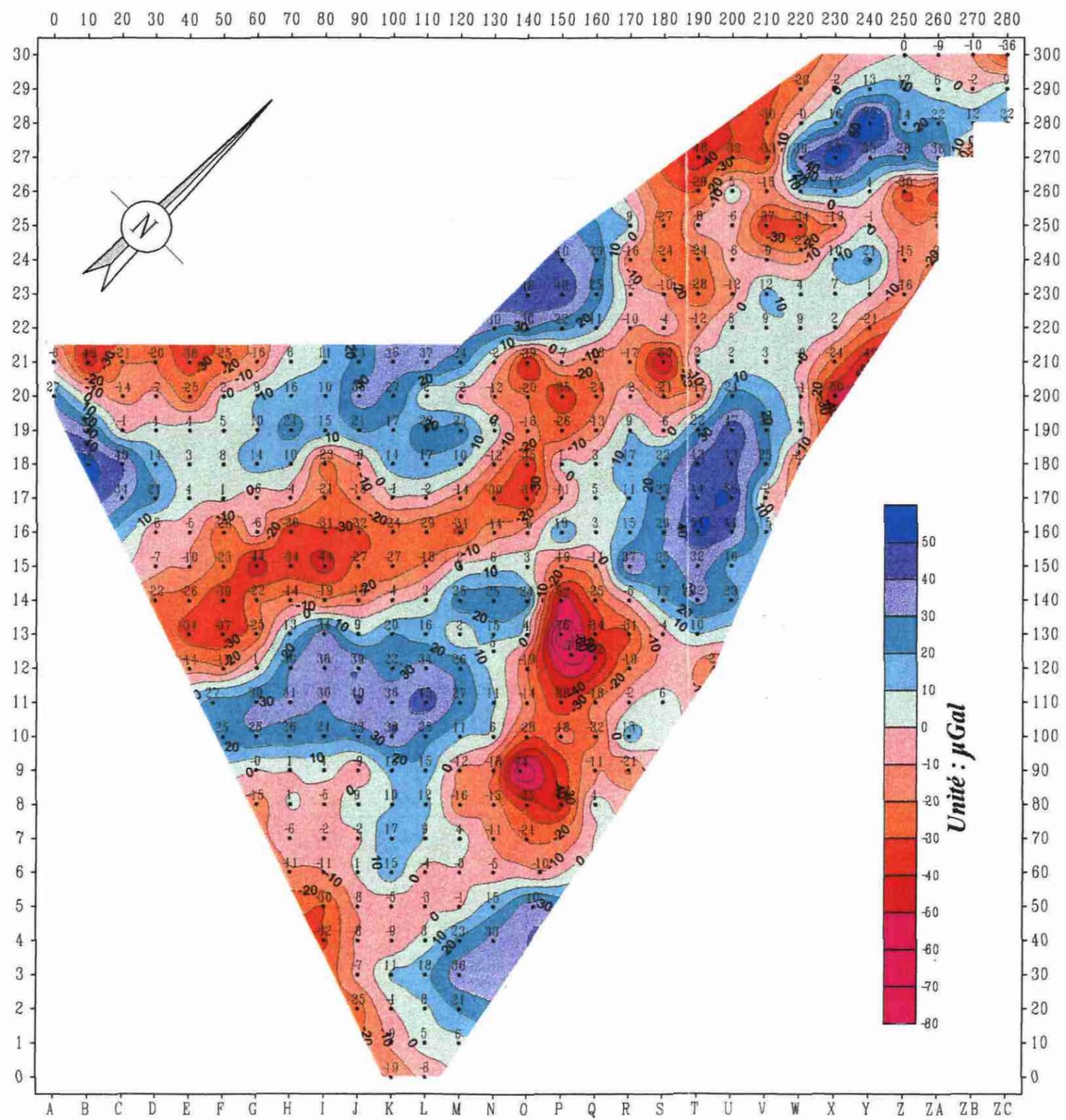


Fig. 6 - Carte de l'anomalie résiduelle d'ordre 4. Echelle à 1/1 500.

## **Conclusion**

La reconnaissance microgravimétrique effectuée à La Chapelle-sous-Dun a mis en évidence deux systèmes anomaux légers (A et B) correspondant à d'anciennes exploitations de charbon.

Ces deux anomalies légères ont des caractéristiques (amplitude, gradient et longueur d'onde) qui laissent supposer la présence de galeries ou de salles d'exploitation d'un volume important et proches de la surface.

Un certain nombre d'anomalies secondaires se greffe sur ces deux systèmes anomaux et correspond certainement à des galeries de liaison ou de reconnaissance.

Toutes ces anomalies devraient faire l'objet de sondages de reconnaissance atteignant une profondeur d'au moins 25 m.

L'anomalie C, qui reste ouverte sur la bordure nord-est de la zone d'étude, ainsi que les extrémités nord et sud de l'anomalie B, devraient faire l'objet d'un complément d'étude.

**BRGM**  
**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL**  
**Département Infrastructures Géologique et Géophysique**  
**B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS cedex 02 - Tél. 02.38.64.34.34 - Fax : 02.38.64.35.18**

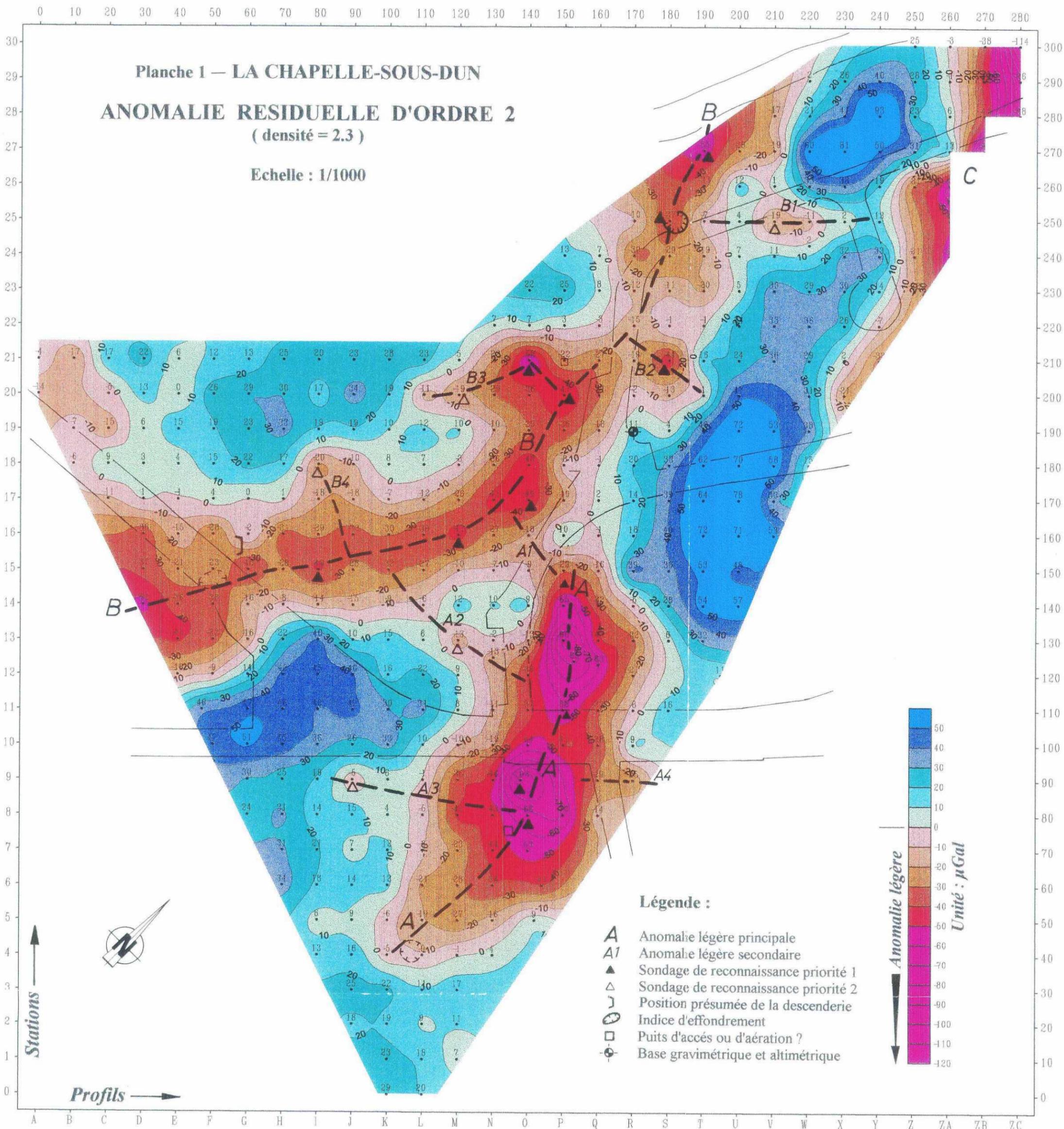
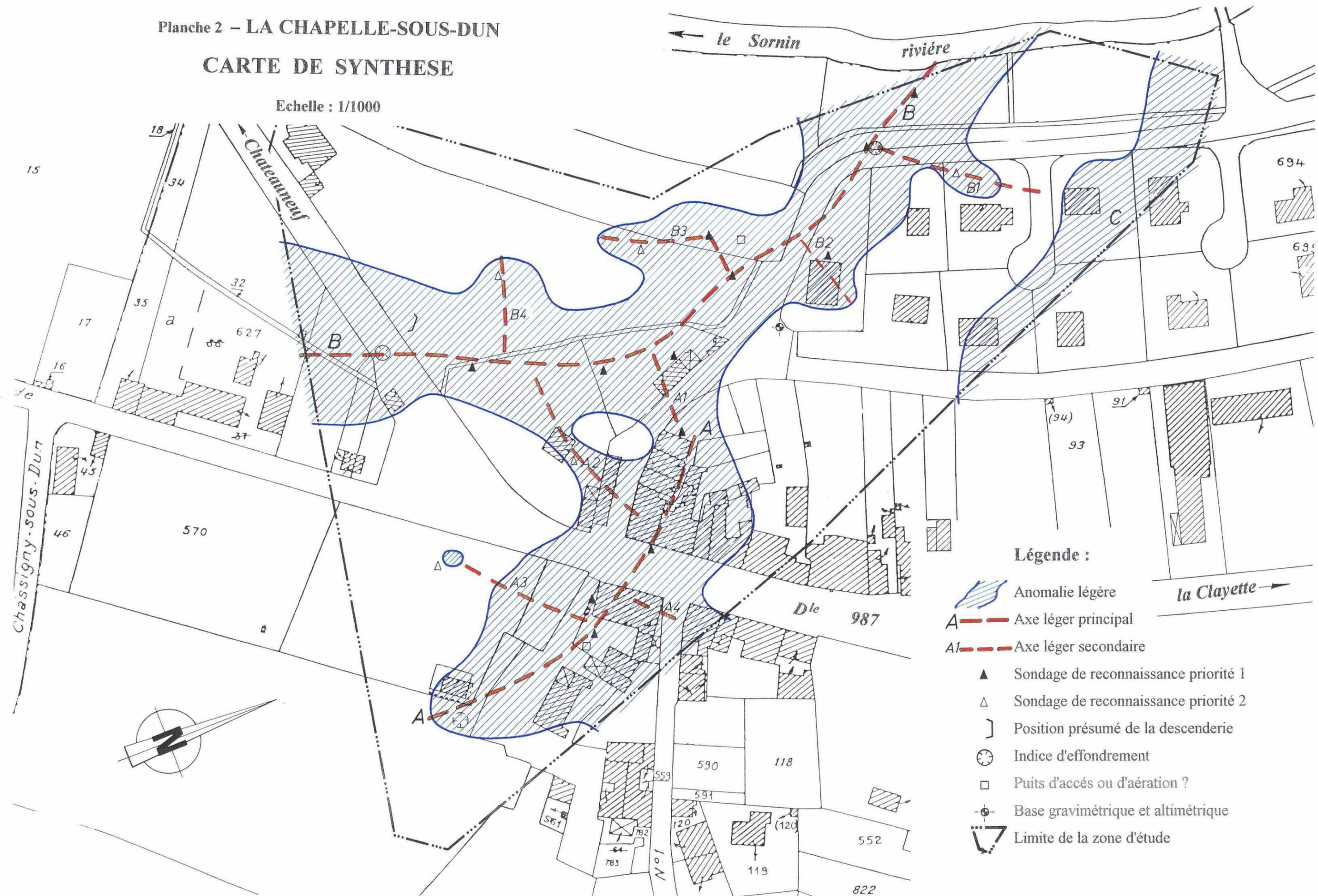


Planche 2 – LA CHAPELLE-SOUS-DUN

CARTE DE SYNTHÈSE

Echelle : 1/1000



Légende :

-  Anomalie légère
-  Axe léger principal
-  Axe léger secondaire
-  Sondage de reconnaissance priorité 1
-  Sondage de reconnaissance priorité 2
-  Position présumé de la descenderie
-  Indice d'effondrement
-  Puits d'accès ou d'aération ?
-  Base gravimétrique et altimétrique
-  Limite de la zone d'étude