DRIRE

BOURGOGNE

DOCUMENT PUBLIC

Commune de la Chapelle-sous-Dun (71)
lieu-dit « La Mine »

Contrôle par sonar de l'extension des vides détectés par microgravimétrie et forages destructifs

Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2001-DEP-407

C. Mathon, M. Vincent et N. Zornette

janvier 2002
BRGM/RP-51506-FR

BRGM

Mots clés : cavités souterraines, charbon, fontis, mines, sondages, sonar, Saône-et-Loire, La Chapelle-sous-Dun.

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

Mathon C., Vincent M., Zornette N. (2001) – Commune de la Chapelle-sous-Dun (71) – lieu-dit « La Mine » – Contrôle par sonar de l'extension des vides détectés par microgravimétrie et forages destructifs. BRGM/RP-51506-FR, 25 p., 8 fig., 5 annexes.

© BRGM, 2002, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

La commune de La Chapelle-sous-Dun, située au Sud du département de la Saône-et-Loire, a fait l'objet d'une exploitation souterraine de charbon entre 1809 et 1960. Le secteur situé au lieu-dit « La Mine », au Sud-Ouest de la commune, entre la rivière « Le Sornin » et le pied du coteau, à l'est de la route départementale 987, a été la première zone exploitée sur le territoire communal.

La présence probable de travaux souterrains peu profonds sous ce secteur urbanisé, dans lequel se sont produits plusieurs affaissements, a conduit la DRIRE Bourgogne, dans le cadre de la mise en sécurité de l'ensemble de la concession, à y faire réaliser des travaux de reconnaissance spécifiques en s'appuyant sur les compétences techniques du Service Géologique Régional Bourgogne du BRGM.

Un premier examen des archives avait permis de préciser la position de certaines des galeries ayant servi à l'extraction du charbon jusqu'en 1835. Tous les plans des anciens travaux miniers réalisés n'ont cependant pas pu être retrouvés, en particulier ceux concernant l'exploitation menée dans le secteur de « La Mine » à partir de 1938.

Deux campagnes d'investigation géophysique par microgravimétrie ont mis en évidence des anomalies négatives dans le secteur d'étude, en particulier sous le bâti situé de part et d'autre de la RD 987. Ces résultats ont été confirmées lors de deux campagnes de sondages qui ont révélé la présence de vides peu profonds.

L'incertitude concernant l'organisation et la géométrie de ces vides conduisant à une estimation très conservatrice du volume des vides présents -5000 à 7200 m^3 sous les 2400 m^2 de surface concernée- il était impératif de procéder à des reconnaissances complémentaires.
Ainsi, la technique du sonar a été mise en œuvre dans une partie des forages de contrôle -après réalésage- qui avaient traversé des vides. Il en résulte que dans les secteurs reconnus les couches de charbon semblent avoir été peu dépilées. Les travaux d'extraction n'ont été menés ni par dépilage total -ce dont on se doutait- ni par chambres et piliers, mais par galeries. À partir de 5 points d'observations, 3 ensembles disjoints de galeries ont pu être levés. Ils totalisent # 190 m^3 mais sont connectés à des prolongements dont on ne connaît que les points de départ. Les vides reconnus se situent entre 3,8 m et 10,6 m de profondeur. Ils concernent principalement la RD 987, mais également l'aplomb d'un bâtiment d'habitation ce qui commande une mise en sécurité rapide dont le phasage doit cependant intégrer l'identification des vides connectés mais non « visibles » par le sonar à ce jour.

Sommaire

1. Introduction **7**

2. Historique des investigations **9**

2.1. Documentation et enquêtes orales 9

2.2. Reconnaissances par microgravimétrie 9

2.3. Reconnaissances par sondages 9

2.4. Recommandations précédentes 10

3. Résultats de la campagne de reconnaissance par sonar **13**

3.1. Présentation de l'appareil 13

3.2. Déroulement des opérations 13

3.3. Implantations des forages d'inspection 14

3.4. Caractérisation des vides 15

3.4.1. Cavité D_3 15

3.4.2. Cavité D_1 15

3.4.3. Cavité B_3 15

3.4.4. Cavité C_1 15

3.4.5. Cavité C_3 16

3.4.6. Cavité C_3bis 16

3.4.7. Cavité DES1 16

3.4.8. Ensemble des cavités 16

4. Recommandations **17**

4.1. Synthèse des résultats 17

4.2. Prospections complémentaires 18

5. Conclusion **23**

Liste des annexes **25**

Liste des illustrations

Figure 1 – Plan général des anciens travaux miniers (archives et enquête orale) 11
Figure 2 – Sonde sonar et principe de la mesure 13
Figure 3 – Mise en place de l'unité mobile au-dessus d'un forage 14
Figure 4 – Position des sondages pour les tirs sonar (échelle : 1/750) 14
Figure 5 – Visualisation des signaux dans le forage C1 (document Flodim) 18
Figure 6 – Emplacement d'autres départs possibles de galeries (échelle : 1/450) 19
Figure 7 – Localisation des nouveaux tirs sonar proposés 20
Figure 8 – Position du forage E2 à réaliser (échelle : 1/500) 21

Liste des annexes (hors texte)

Annexe 1 – Superposition des coupes horizontales des cavités D_3, C_1, C_3bis, C_3, DES1, D_1 et B_3 – documents Flodim

Annexe 2 – Interprétation de l'ensemble des cavités (vue de dessus et vue du sud en surplomb de 10°) – documents Flodim

Annexe 3 – Cavité C3 en coupe horizontale (aux profondeurs 14,0 m et 14,4 m) – documents Flodim

Annexe 4 – CCTP et Bordereaux des prix « Sondages pour tirs sonar »

Annexe 5 – CCTP et Bordereaux des prix « Tirs sonar »

1. Introduction

Depuis le début du dix-neuvième siècle, et jusqu'en 1960, la commune de La Chapelle-sous-Dun située au sud du département de la Saône-et-Loire, a fait l'objet d'une exploitation souterraine de charbon. En 1809, le secteur situé au lieu-dit « La Mine », au Sud-Ouest de la commune, entre la rivière « Le Sornin » et le pied du coteau, à l'est de la route départementale n° 987, a été la première zone exploitée. À partir de 1826, les travaux miniers se déplacent plus à l'Ouest (sur la rive droite du Sornin) et vers le Nord suite à la découverte d'une couche -la « Grande Couche »- jugée plus productive et de meilleure qualité.

La présence de la RD n° 987 et de plusieurs maisons d'habitation (dont certaines sont fissurées) au-dessus des plus anciens travaux miniers a conduit la DRIRE Bourgogne à entreprendre une reconnaissance du secteur concerné, en prévision de la mise en sécurité de l'ensemble de la concession minière de La Chapelle-sous-Dun. Le Service Géologique Régional Bourgogne du BRGM intervient comme appui technique auprès de la DRIRE pour la définition et la conduite de ces opérations de mise en sécurité.

Deux campagnes successives de reconnaissance géophysique par micro gravimétrie ont été réalisées par le BRGM en 1998 (rapport BRGM R 40026) et 1999 (rapport BRGM R 40570). Elles ont été suivies de deux campagnes de contrôle des anomalies par sondages destructifs en décembre 1999 (rapport Fondasol CD 99 046 - rapport BRGM RP 50601) puis en août 2001 (rapport Fondasol CD 01 033 - rapport BRGM RP 51246).

La synthèse des différents éléments précédemment acquis avait permis de confirmer la présence de zones sous-cavées dans le secteur d'étude. Néanmoins, il subsistait une incertitude concernant leur organisation et leur volume. Une campagne de « tirs » sonar a donc été proposée à la DRIRE et réalisée en décembre 2001 (rapport Flodim 01-274).

Le présent rapport a pour objet de synthétiser les informations issues de ces différentes reconnaissances et de proposer des mesures aptes à mettre la zone en sécurité.

2. Historique des investigations

Pour l'ensemble des études précédentes, il convient de se reporter aux rapports correspondants qui fournissent de plus amples détails. Les informations qui suivent sont de simples résumés de ces études.

2.1. DOCUMENTATION ET ENQUETES ORALES

Les informations les plus intéressantes concernant le développement des exploitations, d'un point de vue spatial et temporel, ont été tirées d'un ouvrage publié en 1857 par M. Drouot, ingénieur en chef au corps impérial des Mines (« Notices sur les gîtes de houille des environs de Forges et de La Chapelle-sous-Dun et sur les gîtes de manganèse et les terrains des environs de Romanèche »). Ce même auteur avait établit en 1847 (mis à jour en 1851) un plan général des exploitation.

Malgré ces deux ouvrages, plusieurs zones d'ombres subsistaient dans l'historique. Lors des visites de terrain, notamment pendant les diverses campagnes de reconnaissance, des enquêtes orales ont permis de préciser certains événements, de situer l'emplacement de désordres de surface et deux forage supplémentaires datant de 1937 et 1938.

2.2. RECONNAISSANCES PAR MICROGRAVIMETRIE

À la demande de la DRIRE Bourgogne, deux campagnes de reconnaissance géophysique par microgravimétrie ont été effectuées par le BRGM en 1998 (rapport R 40026) et en mars 1999 (R 40570) en vue de déterminer les secteurs potentiellement sous-cavés au lieu-dit « La Mine », de part et d'autre de la RD n° 987. La seconde campagne avait pour but de circonscrire entièrement les premières anomalies gravimétriques mises en évidence à l'issue de la première campagne.

La zone d'anomalie détectée (pour un gradient inférieur à -2 µGal) s'étend sur 22 000 m² (fig. 1) selon un axe NW-SE, sur environ 300 m de longueur et 80 m de largeur. La partie Nord de cette zone correspond assez bien à l'emprise des galeries dont les plans sont connus. Les galeries situées le plus à l'Ouest, et qui sont les plus profondes (épaisseur de recouvrement probablement supérieure à 20 voire 30 m), n'ont pas été détectées par la microgravimétrie. Par ailleurs, l'anomalie s'étend au delà de l'extension connue des zones sous-cavées, au Nord et à l'Est de celles-ci.

2.3. RECONNAISSANCES PAR SONDAGES

Deux campagnes de reconnaissance par sondages (fig. 1) ont été réalisées par l'entreprise Fondasol en décembre 1999 et en août 2001. Les sondages de la première campagne furent implantés sur les « tops » d'anomalies gravimétriques ; ceux de la seconde campagne l'ont été en intégrant les résultats des premiers et de la microgravimétrie.

Au total, vingt-quatre sondages destructifs (9 suivis de 15) ont été réalisés, dont quatre sondages (DES 3 et DES 4, A_3 et B_2) furent inclinés par rapport à la verticale pour permettre des investigations sous les bâtiments. De plus, un sondage carotté a été exécuté, d'une profondeur de 20 m, à proximité immédiate du sondage DES 7. Signalons que lors de la seconde campagne, les sondages étaient implantés par série de trois espacés de 2 m, dans le but de s'affranchir des risques de traverser un pilier lors de la perforation.

Les sondages de la première campagne n'ont révélé que très peu de vides (au DES 1, entre 5,30 et 7,20 m de profondeur ; au DES 2, entre 13,55 et 14,60 m de profondeur ; ainsi qu'au DES 6, au delà de 12,30 m ; au DES 7, au delà de 14,30 m). Il n'est cependant pas exclu que ces indices de vides correspondent simplement à des zones décomprimées (anciennes galeries remblayées ou foudroyées).

La deuxième campagne a apporté plus de renseignements vis-à-vis de la nature des vides (vides francs ou terrains décomprimés). Sur les quinze sondages de ce nouveau programme d'investigation, onze ont rencontré des vides et cela parfois sur deux niveaux différents. Leur profondeur est relativement faible dans le secteur de la RD 987. La hauteur des vides de la première couche houillère varie entre 1,30 et 1,90 m. Quant à ceux de la seconde couche, elle oscille entre 1 et 2 m de hauteur. Cependant ceci n'est pas forcément représentatif de la hauteur réelle des galeries (chutes de toit possibles).

2.4. RECOMMANDATIONS PRECEDENTES

Les campagnes successives d'investigations géophysiques par microgravimétrie ont permis de circonscrire globalement une zone d'anomalie négative susceptible d'être associée à la présence de vides ou de terrains décomprimés. Les campagnes de reconnaissance par sondages ont effectivement confirmé cette présence, mais sans préciser leur géométrie –à l'exclusion de leur ouverture- ni leur organisation.

Le volume des vides à injecter fut estimé grossièrement, en faisant l'hypothèse d'un dépilage complet des deux niveaux exploités (soit une hauteur cumulée de 2 à 3 m), et d'une surface minimale à mettre en sécurité de 2 400 m^2. Il variait entre 5 000 et 7 200 m^3.

Compte tenu de l'incertitude sur le volume à injecter, et donc du coût induit d'une telle opération, une campagne de « tirs » sonar fut proposée afin d'affiner l'évaluation des volumes.

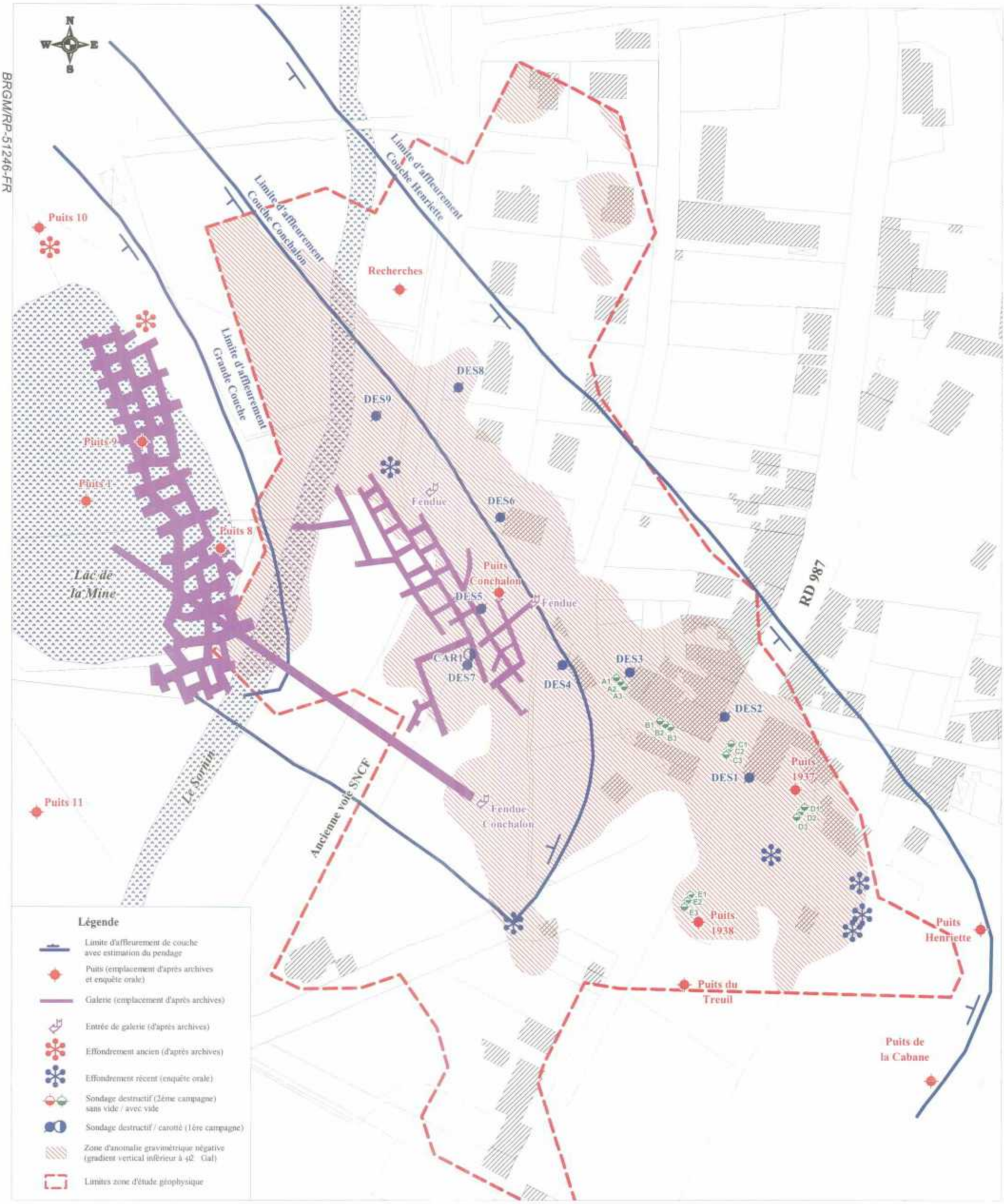


Figure 1 : Plan général des anciens travaux miniers (archives et enquête orale)

Position des sondages de reconnaissance et extension de la zone d'anomalie gravimétrique négative

Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit "La Mine"

Echelle : 1/1 250

Fond cadastral numérisé à partir des extraits de plans cadastraux section B feuille 1 et section C

3. Résultats de la campagne de reconnaissance par sonar

3.1. PRESENTATION DE L'APPAREIL

Le sonar est un outil nouveau mais performant et fiable (fig. 2). Grâce à une sonde articulée, le sonar envoie des signaux dans les trois dimensions et retransmet numériquement les échos reçus. La profondeur de champ est supérieure à la centaine de mètres. Les données brutes sont ensuite traitées par un logiciel d'interprétation et d'édition qui permet de reconstituer la cavité ennoyée dans laquelle la mesure a été réalisée. Une représentation dans l'espace est alors possible avec un ensemble de diverses coupes verticales ou horizontales.

Cependant, l'onde émise par le sonar ne traverse pas les terrains. Il en résulte que le résultat d'un tir sonar dépend de l'état des galeries et de la localisation du sondage par rapport à la galerie.

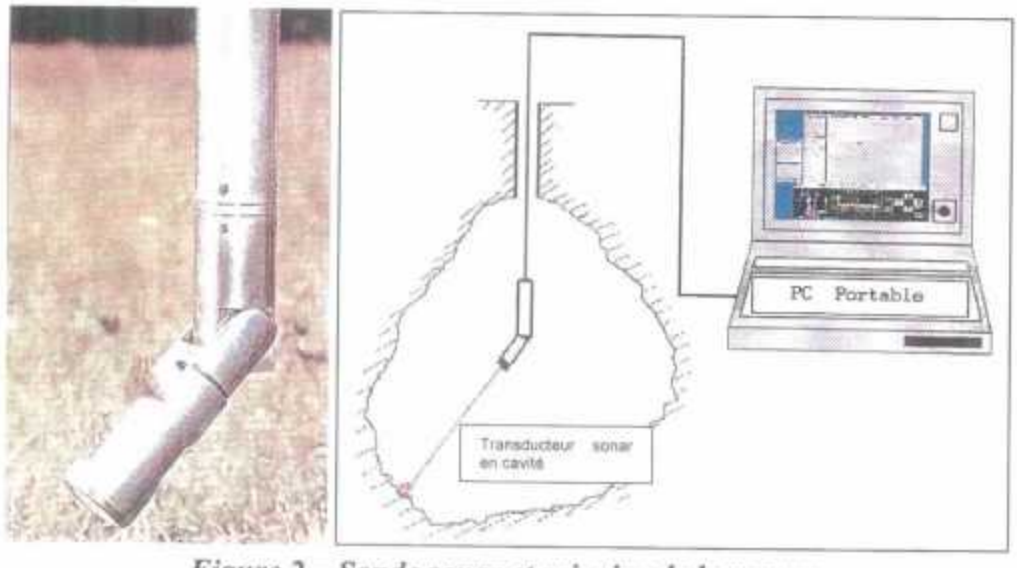


Figure 2 – Sonde sonar et principe de la mesure

3.2. DEROULEMENT DES OPERATIONS

Les opérations se sont déroulées du 22 novembre 2001 au 7 décembre 2001. Dans un premier temps, une première série de sondages fut exécutée par l'entreprise Hydro-Géotechnique. Mesures sonar et foration se sont ensuite déroulées en parallèle. Les « tirs » sonar effectués par FLODIM (fig. 3) étant rapides (de l'ordre de une à deux heures) et les résultats immédiatement observables sur un écran d'ordinateur, d'autres sondages supplémentaire furent réalisés afin d'effectuer de nouveaux tirs sonar.

Figure 3 – Mise en place de l'unité mobile au-dessus d'un forage

3.3. IMPLANTATIONS DES FORAGES D'INSPECTION

Les forages de mesure ne sont pas tous situés exactement aux emplacements prévus du fait des difficultés d'accès. Leur situation effective fait l'objet de la figure 4. Tous ont rencontré des vides, excepté le E_3 qui n'a pas été tout à fait positionné comme prévu pour épargner une haie.

Figure 4 – Position des sondages pour les tirs sonar (échelle : 1/750)

Ainsi les forages B_3, C_1 et D_3, puis DES1 et C_3bis ont permis des « tirs » sonar dans la couche houillère supérieure (la plus superficielle) ; les C_3 et D_1 dans la couche

inférieure. Il est à noter que le tir C_3bis (couche supérieure) s'est effectué à travers le tubage PVC du sondage C_3.

3.4. CARACTERISATION DES VIDES

3.4.1. Cavité D_3

L'examen sonar de la cavité D_3 fut réalisé le 29 novembre 2001. Le sondage a rencontré un vide entre 4,7 et 5,6 m de profondeur. Malheureusement, des dépôts de matériau – probablement- gênent le tir ce qui limite l'identification de la cavité. Malgré tout, un vide de 1 m^3 a été détecté (annexe 1). Un nouveau tir est envisageable à 1,80 m du D_3, suivant une direction de 50° par rapport au nord magnétique.

3.4.2. Cavité D_1

L'examen sonar a été réalisé le 7 décembre 2001. Le vide rencontré se situe entre 8,7 et 14,3 m de profondeur. Il s'agit d'une galerie de direction Sud-Ouest / Nord-Est, haute d'environ 1,9 m, large de 3,3 m et apparemment longue de 9,2 m (annexe 1) ce qui conduit à un volume reconnu, mais non définitif de 42 m^3. On y observe la présence de nombreux plots de soutènement (au minimum dix) espacés de 1,5 m environ sur deux rangées. Par ailleurs, une autre galerie vient probablement s'y greffer (en croix). Pour le confirmer, il faudrait réaliser un nouveau forage à 5,90 m de D_1 dans l'azimut 45°/Nm.

3.4.3. Cavité B_3

Effectuée le 7 décembre 2001, l'examen sonar du forage B_3 a permis de reconnaître une galerie dont le volume est évalué à 34,3 m^3. Elle se situe entre 8,8 et 11,3 m de profondeur -hauteur 1,5 m- et présente une largeur de 2,1 m. Les tirs se sont effectués au niveau de l'intersection de deux galeries (annexe 1), l'une en direction du Sud (azimuts de 164° à 188°), l'autre en direction de l'Ouest (azimuts de 254° à 268°). Peut-être existe-t-il également une autre galerie transversale (en T) à la galerie Sud). Pour le confirmer, il faudrait réaliser un nouveau forage à 4 m de B_3 dans l'azimut 185°.

3.4.4. Cavité C_1

Elle a été inspectée le 29 novembre 2001. La galerie dévoilée est très superficielle, son toit se situe entre 4,1 et 6,5 m de profondeur. La galerie mesure 0,9 m de hauteur pour 2,4 m de largeur et 9 m de longueur suivant l'azimut 127° (annexe 1). Finalement, le volume total reconnu par la sonde sonar s'élève à 14,5 m^3. Deux poteaux de soutènement ont été identifiés (le premier situé à 1,35 m de C_1 suivant l'azimut 150° et le second situé à 3,71 m, azimut 134°). Il existe certainement un départ de galerie (en T) de direction Nord à Nord-Est qu'il conviendrait de confirmer par un sondage placé à 2,10 m de C_1 suivant l'azimut 135°.

3.4.5. Cavité C_3

Il s'agit de la cavité inférieure, située au droit du sondage C_3. Son examen à été réalisé le 29 novembre 2001. C'est la plus grande, en terme de dimensions, « levée » durant cette campagne de « tirs » sonar (annexe 1). La profondeur de son toit varie entre 10,6 et 16 m de profondeur. Elle mesure 2,1 m de hauteur et 2,0 m de largeur pour une longueur totale de 20 m suivant l'azimut # 215°. Globalement, le volume calculé s'élève à 71,2 m^3. Cette longue galerie est certainement connectée à d'autres compte tenu de l'absence d'échos en plusieurs endroits. En effet, la présence de deux galeries transversales (en T et en croix) est vraisemblable. Pour le confirmer, deux nouveaux forages/tirs sonar sont nécessaires. L'un situé à 4,30 m de C_3 dans l'azimut 45°, l'autre à 3,50 m de C_3 dans l'azimut 218°/Nm.

3.4.6. Cavité C_3bis

L'examen de la cavité supérieure (la plus superficielle) du sondage C_3 a été effectué le 30 novembre 2001. Réalisée après celle de la cavité inférieure, l'acquisition s'est faite à travers le tubage PVC. Malgré cet obstacle physique, une galerie haute de 0,80 m, large de 1,80 m et apparemment longue de 13 m se développant selon un azimut d'environ 150°/Nm fut découverte. Son toit se situe entre 5,8 m et 6,6 m de profondeur (annexe 1). Finalement, cette galerie de faible hauteur assimile un volume de 7 m^3 et intercepte la galerie Ouest du forage DES1.

3.4.7. Cavité DES1

Inspecté le 29 novembre 2001, le forage DES1 a révélé un vide dont le toit s'établit entre 3,8 m et 7,3 m de profondeur (annexe 1). Depuis le sonar, deux départs de galeries sont observables : le premier, ascendant en direction du Nord-Est vers une habitation, avec des points hauts mesurés proches de la surface (-3,82 m) ; le deuxième, descendant dans la direction 280°/Nm où il recoupe la galerie supérieure (C_3bis) observée depuis le sondage C_3. Le diverticule Ouest, présente une hauteur de 0,90 m et une largeur de 1,90 m. Au total, un volume de 19,2 m^3 a été intercepté. D'autres départs sont possibles, vers le Nord-Ouest depuis une zone sans vue située à 3 m de DES1, dans l'azimut 42° et vers le Sud-Ouest depuis une zone sans vue située à 3 m du sonar, dans l'azimut 168°. Il est nécessaire de le vérifier par deux forages/tirs sonar.

3.4.8. Ensemble des cavités

L'ensemble des vides détectés par la sonde sonar cumule un volume # de 190 m^3 dont 112 m^3 situés sous la RD 987. Les vides se répartissent suivant deux niveaux d'exploitation du charbon. Le niveau supérieur (B_3, C_1, D_3, C_3bis et DES1), compris entre 3,8 et 11,3 m de profondeur, auquel on associe pour l'instant 76 m^3 de vide, et le niveau inférieur (C_3 et D_1) dont la profondeur varie entre 8,7 m à 16 m de profondeur cumulant pour l'instant 114 m^3 de vide.

4. Recommandations

4.1. SYNTHESE DES RESULTATS

Les campagnes de forages avaient confirmé la présence de zones sous-cavées sous la RD 987 et de part et d'autre, la campagne de « tirs » sonar a en parti permis d'en apprécier la nature et la géométrie. Elle a mis en évidence une partie de ce qui peut être un réseau de galeries relativement dense, notamment sous la RD 987. Ce réseau se partage suivant deux niveaux d'exploitation du charbon. Typiquement, une galerie mesure 2 à 3 m de largeur et 2 m de hauteur dans la couche inférieure. Quant aux galeries de la couche supérieure, elles mesurent 2 à 2,5 m de largeur et 1 à 1,5 m de hauteur.

La faible hauteur des galeries du niveau supérieur peut s'expliquer par l'ancienneté de cette exploitation. En effet, la couche la plus superficielle fut exploitée la première c'est-à-dire au début du dix neuvième siècle. À cette époque, les moyens techniques étaient limités et l'excavation se cantonnait à l'épaisseur de la veine houillère. L'hypothèse de galeries plus hautes et remblayées par la suite est à rejeter, exceptée la galerie visible depuis le forage DES 1. En effet, lors des campagnes de sondages, aucun des autres vides rencontrés dans la première couche n'est accompagné de passages décomprimés i.e. des remblais. Seul le sondage DES 1 de la première campagne révèle la présence de terrain décomprimé sur une hauteur de 1,90 m. La campagne sonar ayant évalué la hauteur « visible » de la galerie à 0,90 m, cette galerie semble ainsi pourvue d'un remblai de 1 m de hauteur.

Le volume accessible au sonar s'élève à # 190 m^3 dont 76 m^3 pour le niveau supérieur (le plus superficiel). La disposition de ces vides est interprétée en annexe 2 (l'emplacement des sondages n'est pas tout à fait correct, notamment les forage DES1, D_1 et D_3, et ne doivent donc pas servir de points de calage) par la Société FLODIM.

On observe que plus de la moitié des vides détectés se situent sous la RD 987 ou ses bas côtés. Ils représentent un volume total de 112 m^3 qu'il faudra nécessairement combler, comme les 78 m^3 restants, pour prévenir tout affaissement/effondrement sur la chaussée ou sous le bâti. D'une manière générale on injectera un coulis sable-ciment-bentonite dont le dosage variera en fonction de la hauteur des vides à combler. La mise en sécurité de l'habitation directement concernée par un vide doit être réalisée dans les 3 mois à venir, sous peine de devoir l'évacuer en attendant l'achèvement des travaux. Leur exécution pourrait nécessiter son évacuation temporaire et/ou des aménagements permettant la mise station d'une machine de foration/injection. Dans tous les cas des travaux de reconnaissance complémentaires sont impératifs pour d'une part cerner au mieux l'extension réelle des vides, d'autre part prévoir la réalisation de bouchons pour isoler les tronçons à injecter.

4.2. PROSPECTIONS COMPLEMENTAIRES

Le volume des vides détectés à l'issue de la campagne sonar est nettement inférieur aux prévisions des précédents rapports qui l'estimaient entre 5 000 et 7 200 m^3. En effet, de manière conservatrice l'estimation se basait sur la surface totale à mettre en sécurité, soit 2 400 m^2, et un dépilage complet des deux niveaux d'exploitation sur toute cette surface. Cette estimation était évidemment exagérée puisqu'un dépilage total est très peu envisageable. Cependant, nous n'avons eu accès que partiellement au réseau présent sous le secteur concerné comme en atteste les départs de galeries détectés par le sonar (fig. 5). En exemple, on peut citer le sondage C_3 qui présente deux zones sans vue (annexe 3). La première zone sans échos se situe à 4,30 m de C_3 dans l'azimut 45°. Il s'agit vraisemblablement d'une intersection de deux galeries en croix (coupe horizontale à la profondeur de 14,0 m – annexe 3). De la même façon, une deuxième zone sans vue se situe à 3,50 m de C_3 dans l'azimut 218°. Cette fois-ci, il s'agirait d'une intersection en T avec une autre galerie (coupe horizontale à la profondeur de 14,4 m – annexe 3). En atteste également le défaut d'interconnexion des vides reconnus alors qu'ils ont été excavés à partir de 2 forage seulement.
Sur cette base, on peut considérer au total comme probables deux intersections en croix (X) et cinq en T compte tenu des sept zones sans vue sur l'ensemble des mesures (fig. 6) soit au total neuf autres galeries probables. Afin de lever tout doute les concernant, il conviendrait de procéder à de nouveaux tirs sonar.

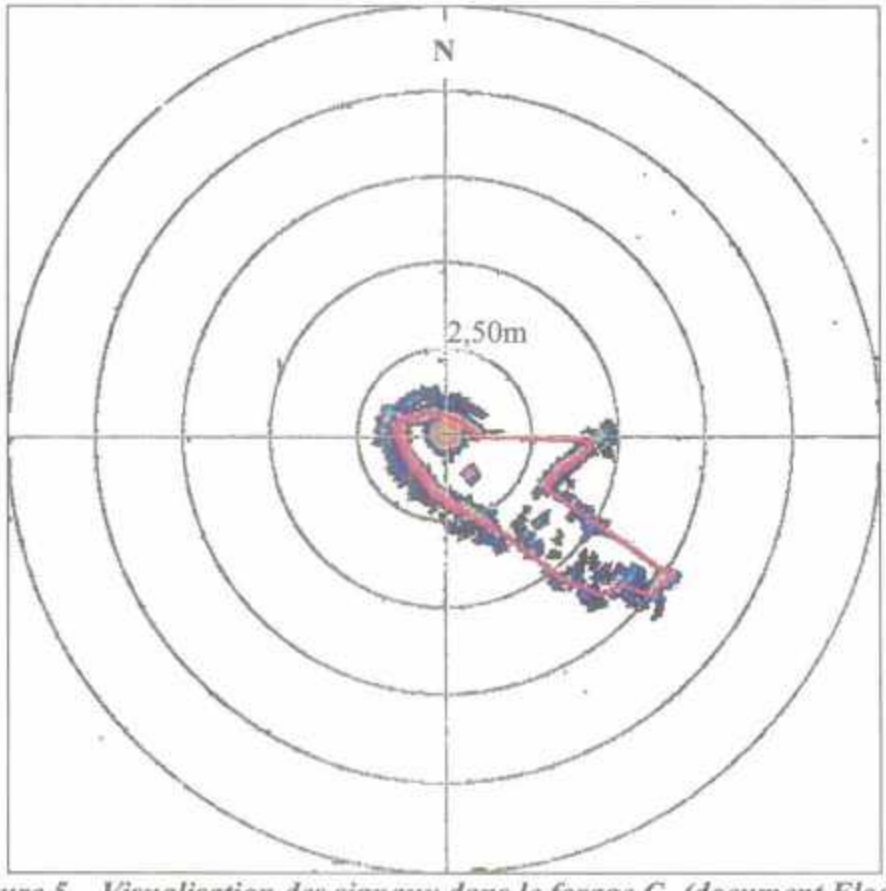


Figure 5 – Visualisation des signaux dans le forage C_1 (document Flodim)

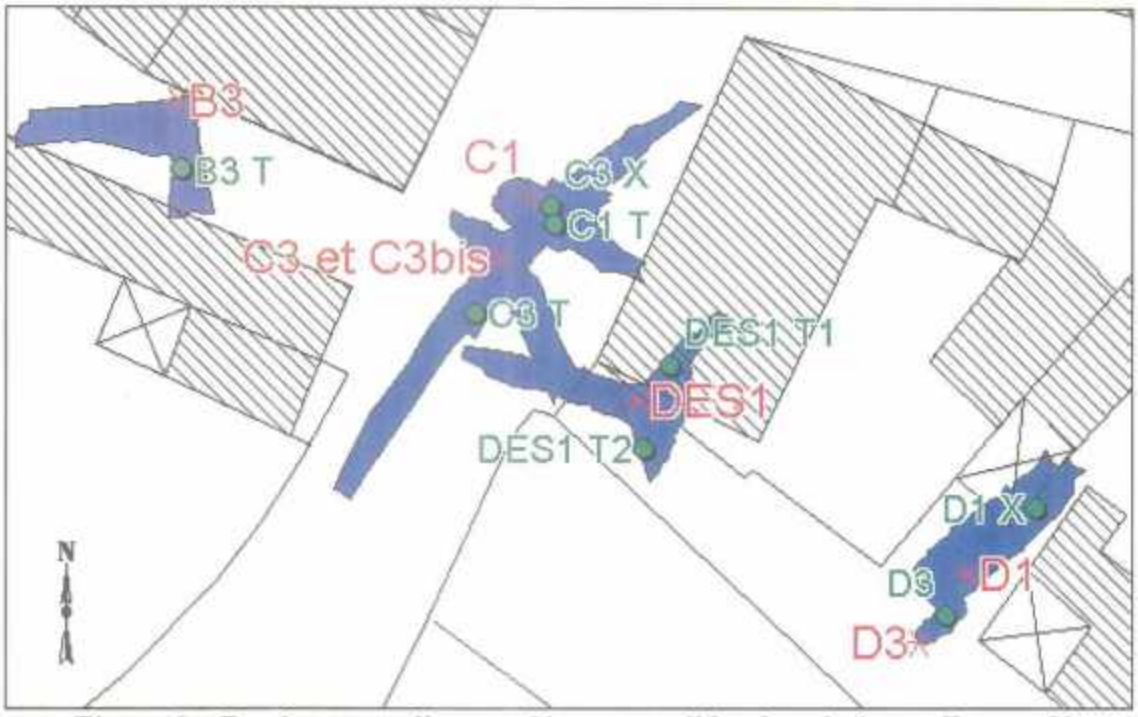


Figure 6 – Emplacement d'autres départs possibles de galeries en T ou en X (échelle : 1/450)

Nous proposons de continuer les investigations en effectuant cinq nouvelles inspections sonar (fig. 7) autour de la RD 987, dans quatre sondages libellés F_1 à F_4. Les emplacements précédemment notés C_3 X et C_1 T (fig. 6) sont regroupés en un unique sondage F_2. Le tir noté DES1 T_1 n'est pas retenu puisque inaccessible. Les vides sont attendus entre 9,5 m et 10,6 m de profondeur au forage F_1, entre 5,1 m et 6,1 m puis entre 12,7 m et 14,6 m en F_2, entre 13,5 m et 15,3 m en F_3 et enfin entre 5,7 m et 6,4 m de profondeur en F_4.

Concernant le terrain de jeux et le secteur de la bascule, l'extension des galeries n'est toujours pas connue. Un nouveau forage est proposé pour deux « tirs » sonar après 4 m et 8 m de profondeur.

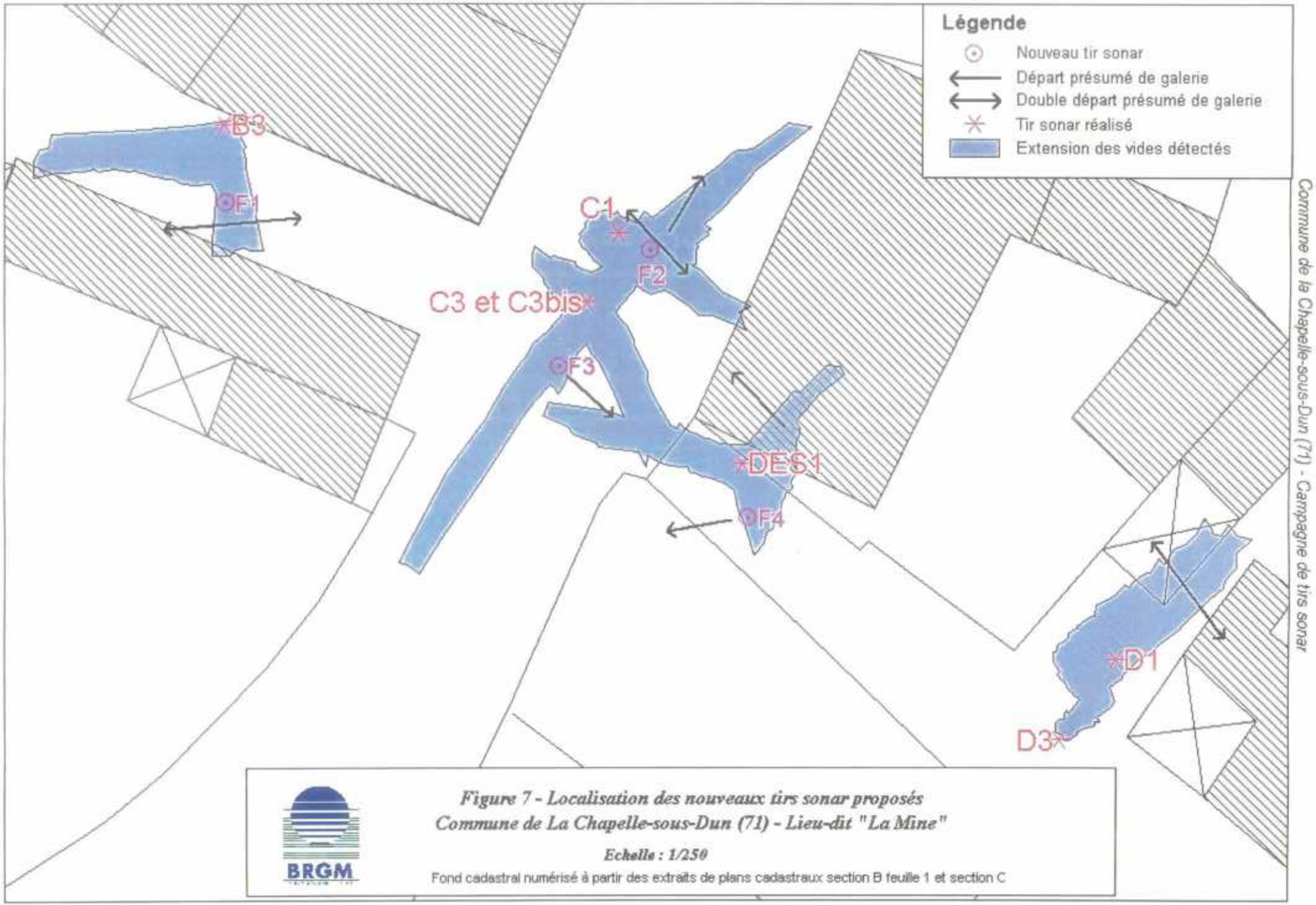


Figure 7 - Localisation des nouveaux tirs sonar proposés
Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit "La Mine"

Echelle : 1/250

Fond cadastral numérisé à partir des extraits de plans cadastraux section B feuille 1 et section C

BRGM

Le vide du forage E2 (fig. 8) est attendu entre 8 m et 8,80 m de profondeur, le passage de terrain décomprimé se situant entre 3,20 m et 4,80 m de profondeur. En cas de non rencontre des vides ou de manque de visibilité du sonar, d'autres forages -dans la limite de trois- seront effectués afin d'intercepter la galerie.

Le coût total des « tirs » sonar est évalué à 14 000 € TTC auxquels on doit ajouter la réalisation des forages tubés PVC pour un montant de 12 000 € TTC, soit un total de 26 000 € TTC*. Selon les résultats obtenus en début d'investigation, la situation et le nombre de forages et de "« tirs » pourront être modifiés.

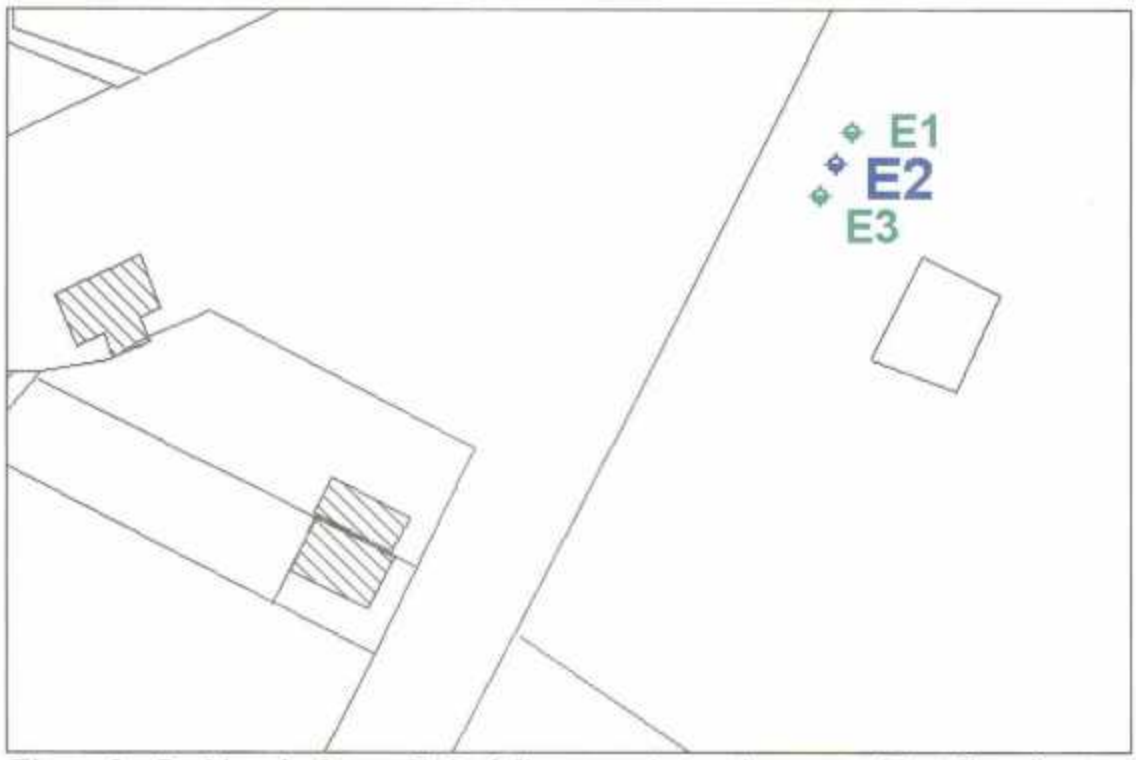


Figure 8 – Position du forage E_2 à réaliser pour inspection sonar (E_1 et E_3 présentent également des vides) - Echelle : 1/500

* environ 170 000 F TTC

5. Conclusion

L'ensemble des vides détectés par la sonde sonar représente un volume # de 190 m^3, dont 112 m^3 situés sous la RD 987. Les vides se répartissent suivant deux niveaux d'exploitation du charbon. Le niveau supérieur compris entre 3,8 m et 11,3 m de profondeur, auquel on associe pour l'instant 76 m^3 de vide, le niveau inférieur dont la profondeur varie entre 8,7 m à 16 m et cumulant pour l'instant 114 m^3 de vide. Typiquement, une galerie mesure 2 m à 3 m de largeur et 2 m de hauteur dans la couche inférieure. Quant aux galeries de la couche supérieure, elles mesurent 2 m à 2,5 m de largeur et 1 m à 1,5 m de hauteur.
Ces volumes, modestes en regard de ceux initialement envisagés de manière conservatrice, et que 35000 € TTC suffiraient à sécuriser, ne sont cependant pas définitifs. En effet, par l'intermédiaire du sonar nous n'avons eu accès qu'à une partie du réseau de galeries, comme en atteste les départs d'autres galeries détectés mais également le défaut d'interconnexion des vides reconnus alors qu'ils ont été excavés à partir de 2 forage d'extraction seulement. Bien que leur comblement soit impératif pour préserver l'intégrité de la RD 987 et du bâti concerné, il est tout aussi impératif de poursuivre les investigations sonar afin, d'une part : cerner au mieux l'extension réelle des vides, d'autre part : prévoir la réalisation de bouchons pour isoler les tronçons à injecter. Ces investigations doivent à nouveau concerner la bordure de l'aire de jeux, mais aussi la RD 987 dans le secteur de la bascule.

Le coût total des « tirs » sonar est évalué à 14 000 € TTC auxquels on doit ajouter la réalisation des 5 forages tubés PVC pour un montant de 12 000 € TTC, soit un total de 26 000 € TTC. Selon les résultats obtenus en début d'investigation, la situation et le nombre de forages et de "« tirs » pourra être modifiés.

D'une manière générale les travaux de comblement consisteront à injecter un coulis sable-ciment-bentonite dont le dosage variera en fonction de la hauteur des vides à combler. La mise en sécurité de l'habitation directement concernée par un vide doit être réalisée avant l'été, sous peine de devoir l'évacuer en attendant l'achèvement des travaux. Leur exécution pourrait nécessiter son évacuation temporaire et/ou des aménagements permettant la mise station d'une machine de foration/injection.

Liste des annexes

Annexe 1 – Superposition des coupes horizontales des cavités D_3, C_1, C_3bis, C_3, DES1, D_1 et B_3 – documents Flodim

Annexe 2 – Interprétation de l'ensemble des cavités (vue de dessus et vue du sud en surplomb de 10°) – documents Flodim

Annexe 3 – Cavité C_3 en coupe horizontale (aux profondeurs 14,0 m et 14,4 m) – documents Flodim

Annexe 4 – CCTP et Bordereaux des prix « Sondages pour tirs sonar »

Annexe 5 – CCTP et Bordereaux des prix « Tirs sonar »

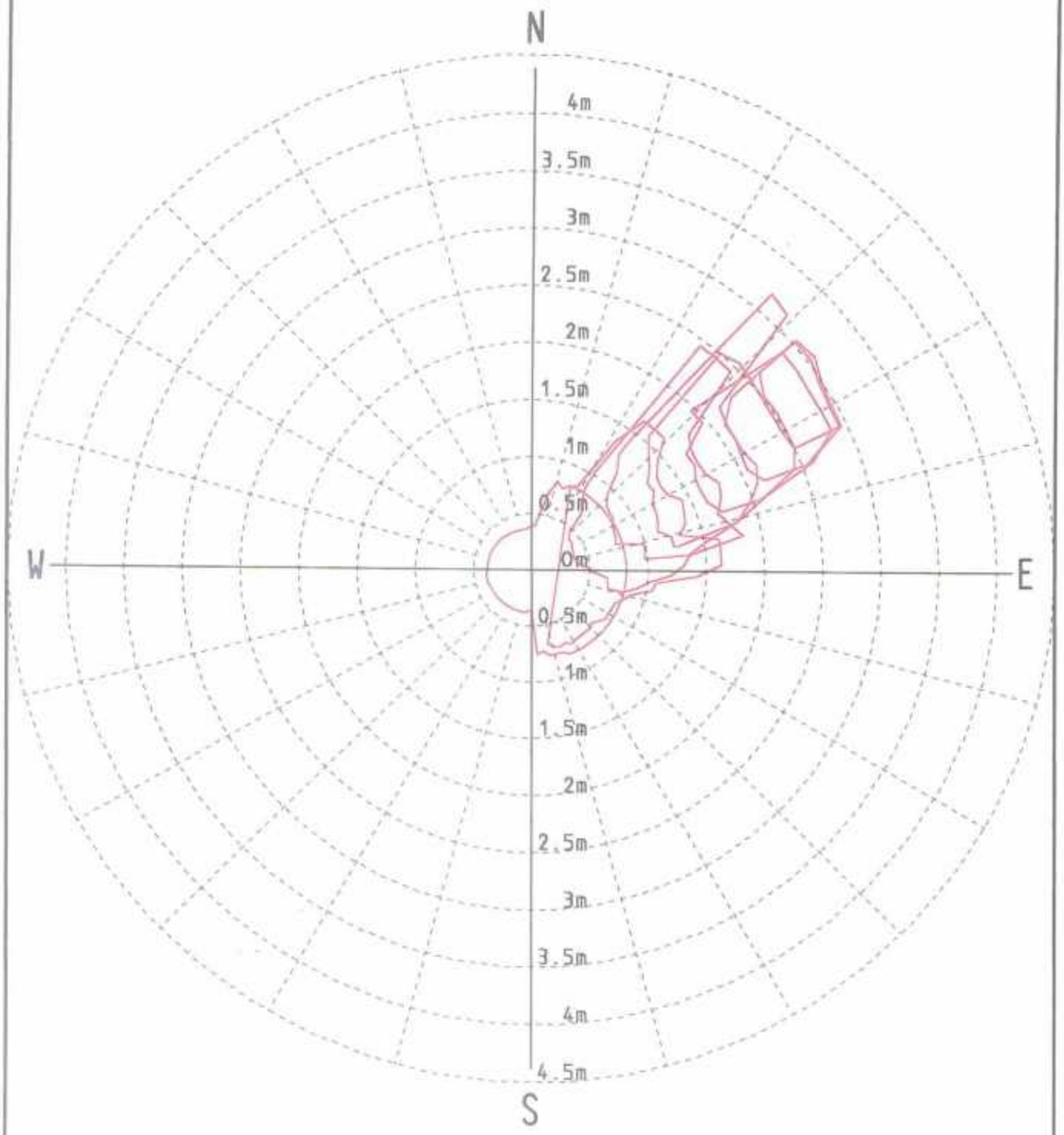
Annexe 1

Superposition des coupes horizontales des cavités D3, C1, C3bis, C3, DES1, D1 et B3 (documents Flodim)

CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 29/11/2001	CAVITE : D3 N° OPERATION: 1	

Superposition des Coupes horizontales

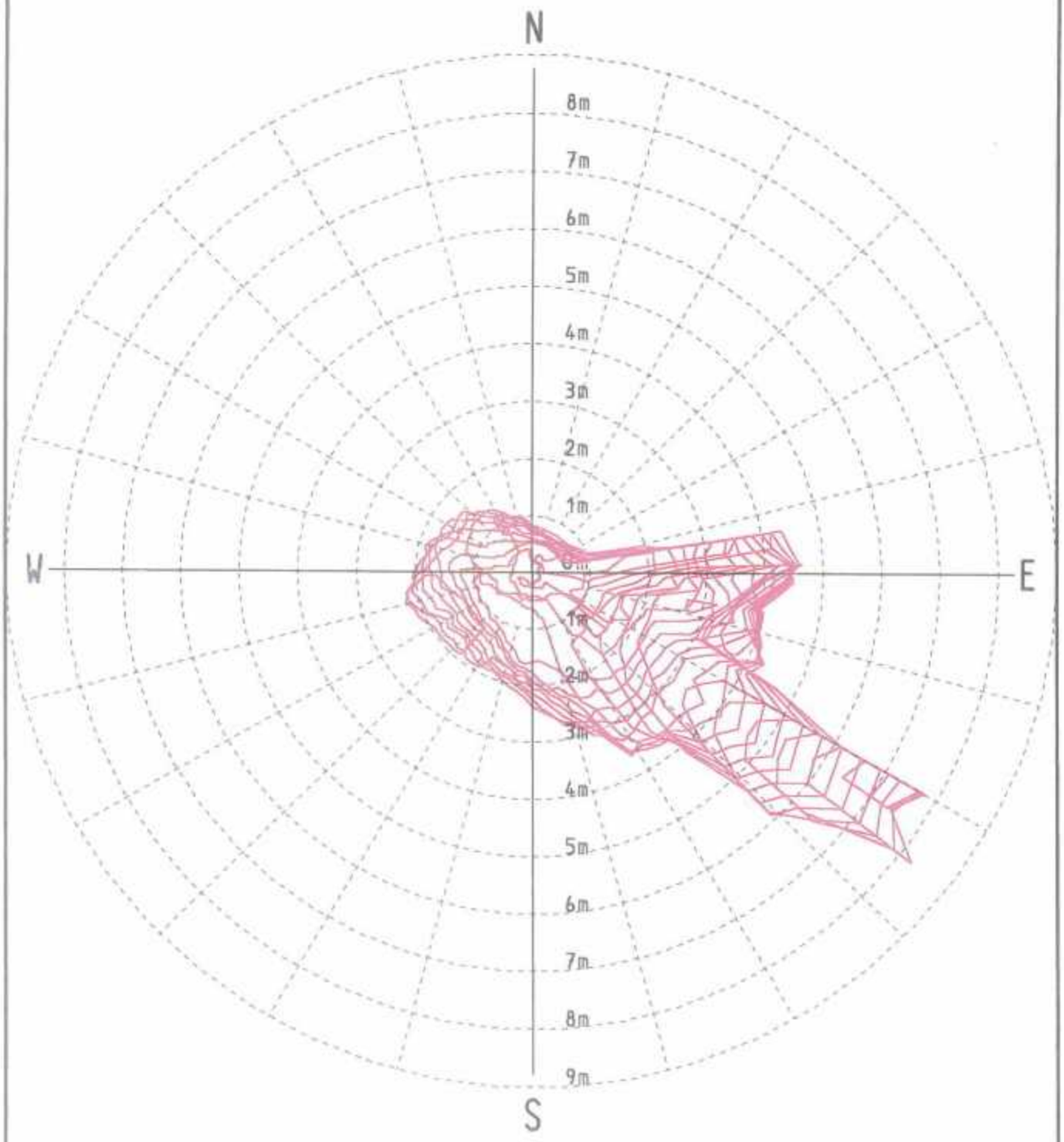
ECHELLE 1/50



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 29/11/2001	CAVITE : C1 N° OPERATION: 1	

Superposition des coupes horizontales

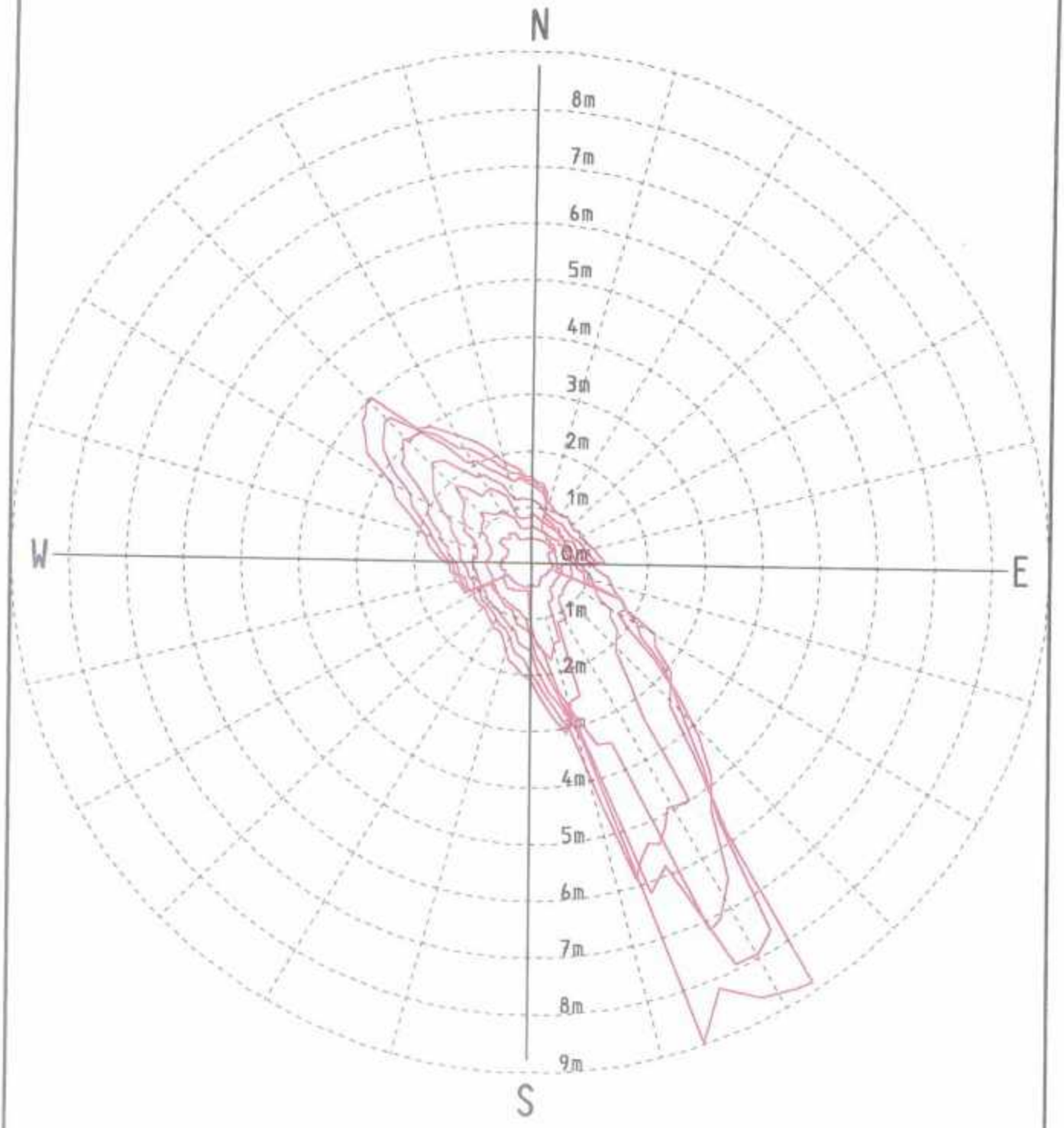
ECHELLE 1/100



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 30/11/2001	CAVITE : C3bis N° OPERATION: 1

Superposition des Coupes horizontales

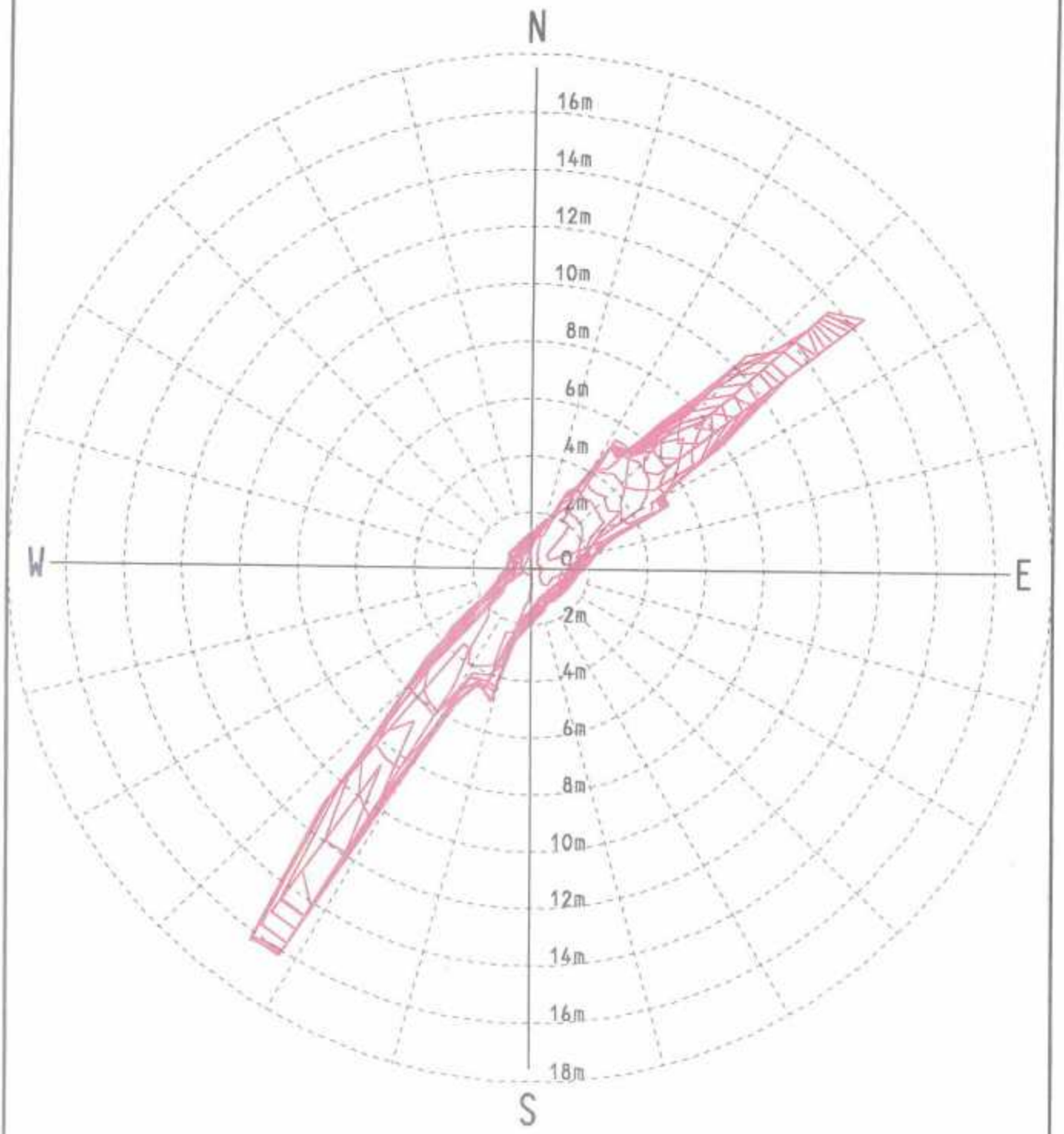
ECHELLE 1/100



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 29/11/2001	CAVITE : C3 N° OPERATION: 1

Superposition des coupes horizontales

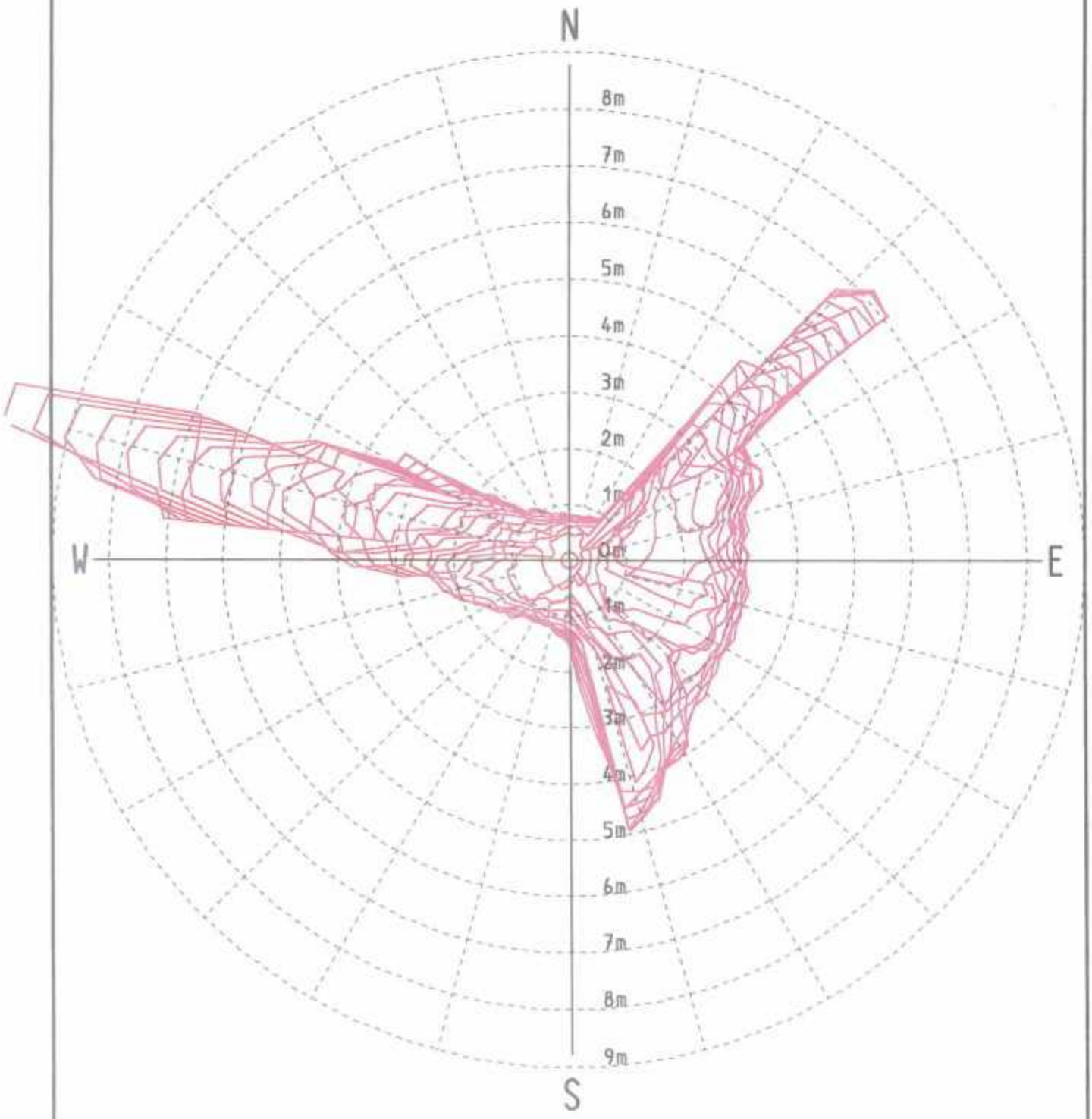
ECHELLE 1/200



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 29/11/2001	CAVITE : des1 N° OPERATION: 1	

Superposition des coupes horizontales

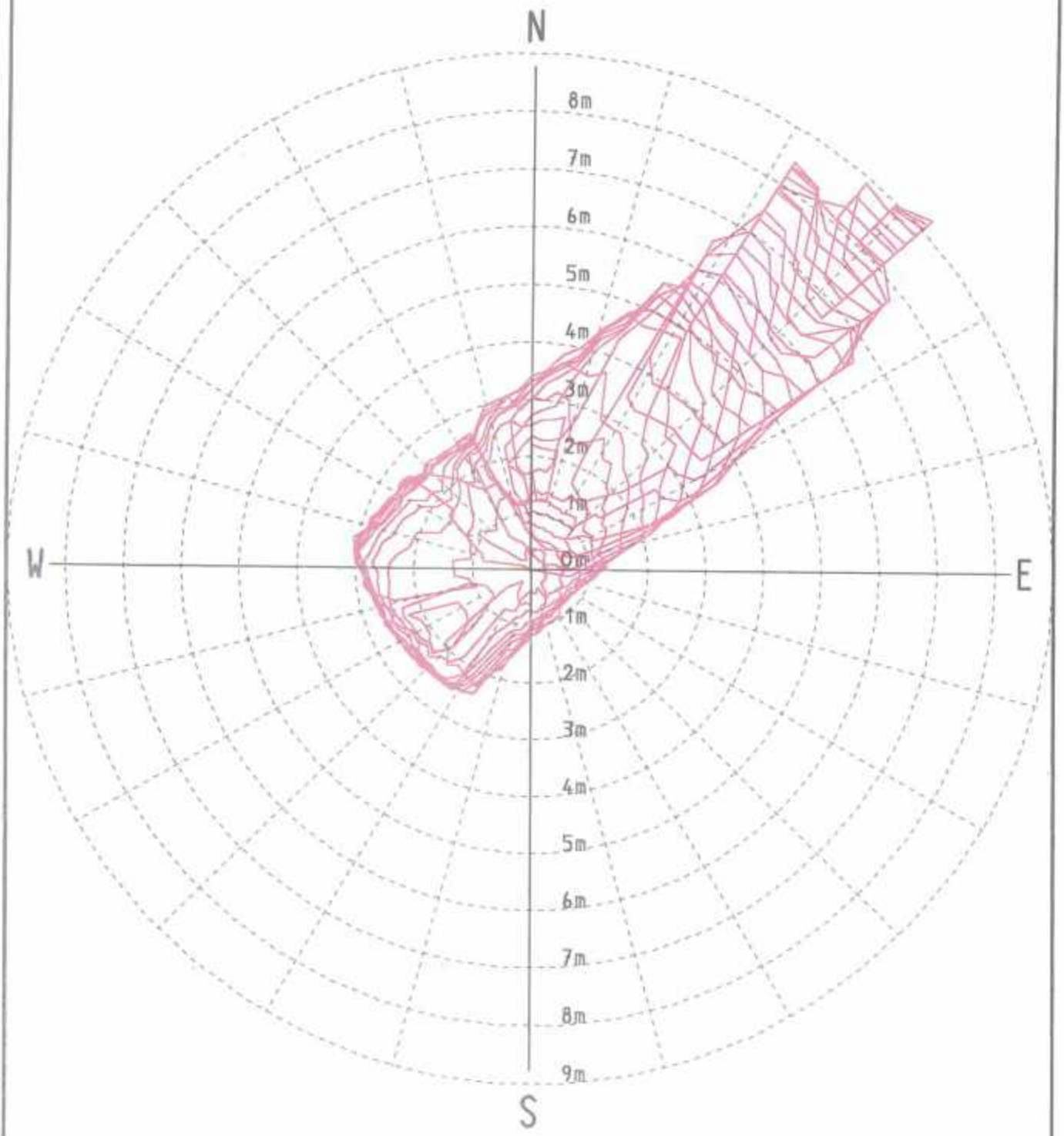
ECHELLE 1/100



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 07/12/2001	CAVITE : D1 N° OPERATION: 1	

Superposition des Coupes horizontales

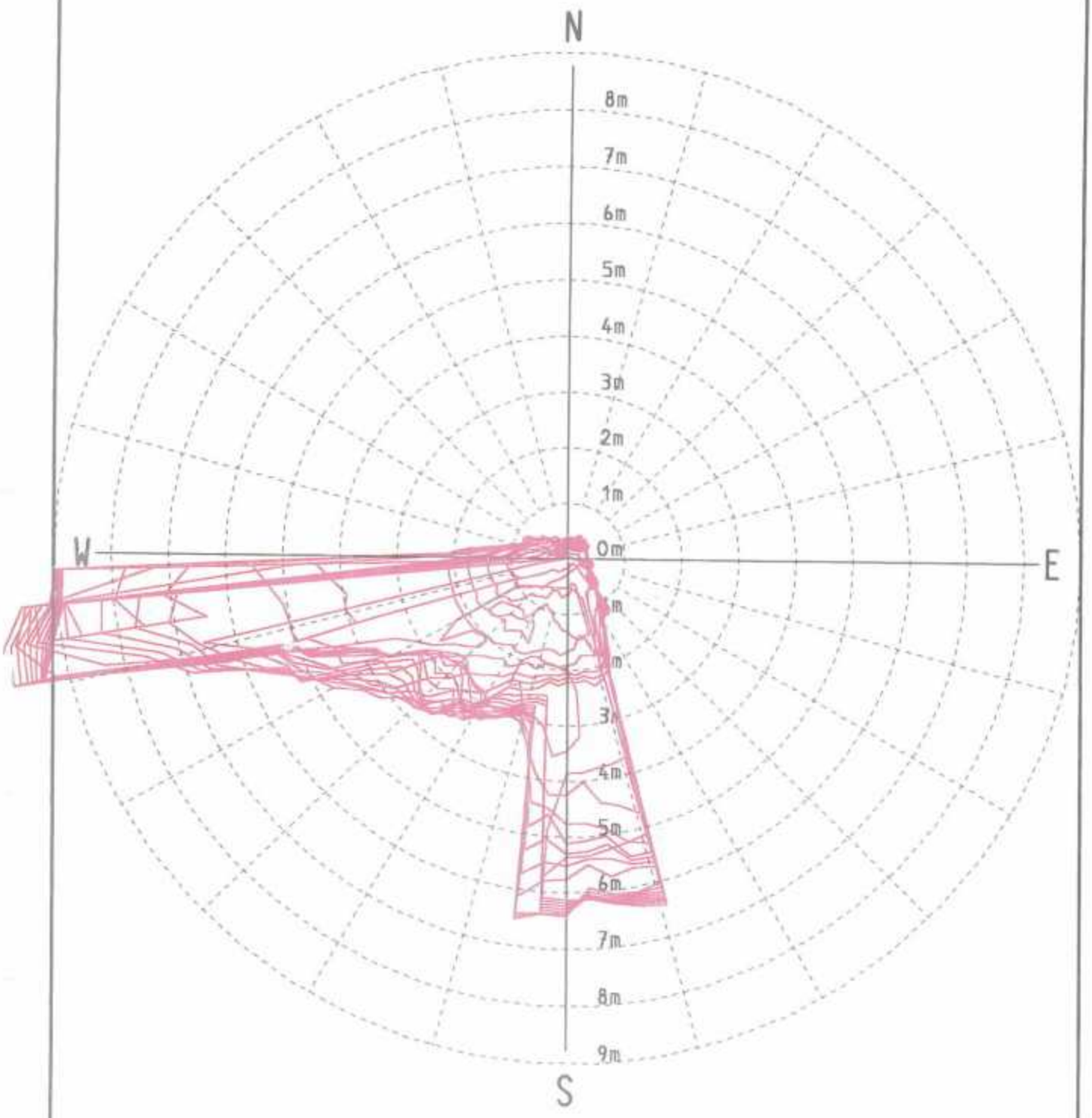
ECHELLE 1/100



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 07/12/2001	CAVITE : B3 N° OPERATION: 1	

Superposition des Coupes horizontales

ECHELLE 1/100



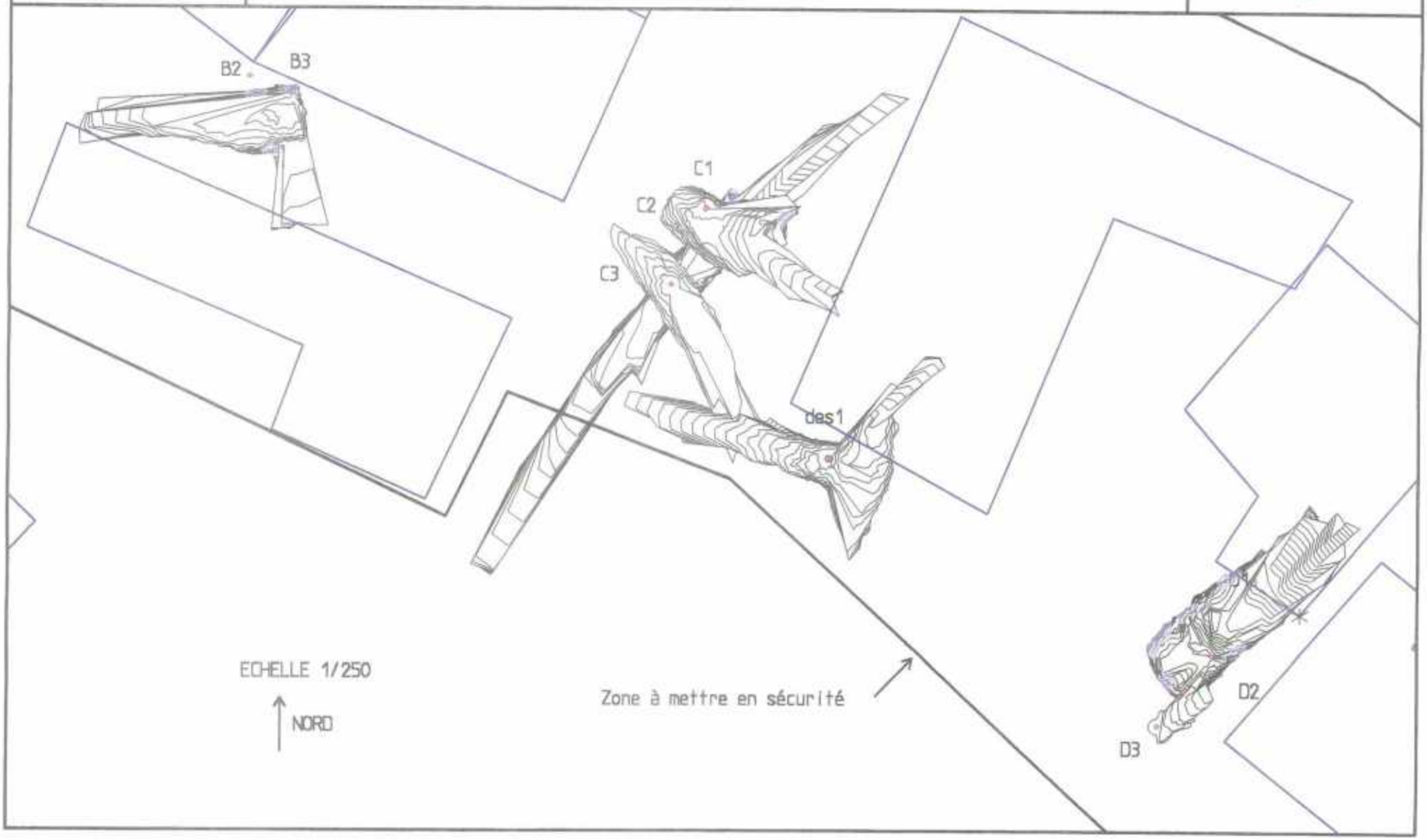
Annexe 2

Interprétation de l'ensemble des cavités
vue de dessus et vue du sud en surplomb de 10°
(documents Flodim)

CLIENT : DRIRE Bourgogne
DATE : Décembre 2001

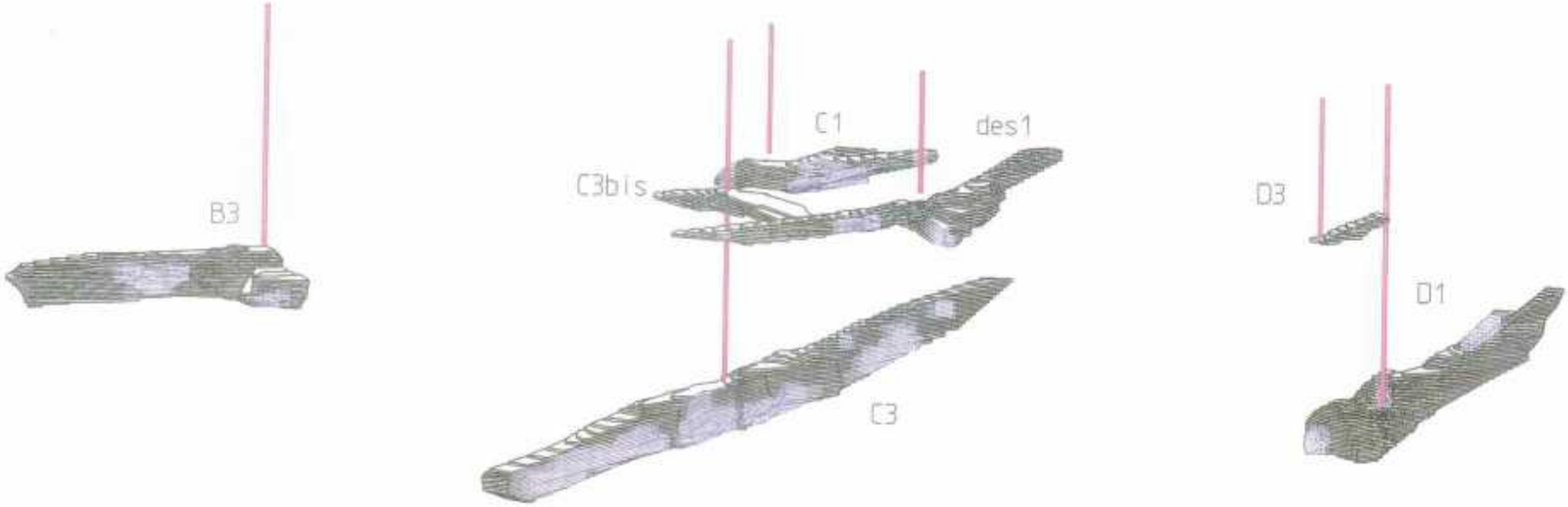
CAVITES : La Chapelle sous Dun
N° OPERATION: 1

Vue de dessus



CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : Décembre 2001	CAVITES : La Chapelle sous Dun N° OPERATION: 1	

Vue du Sud
en surplomb de 10°



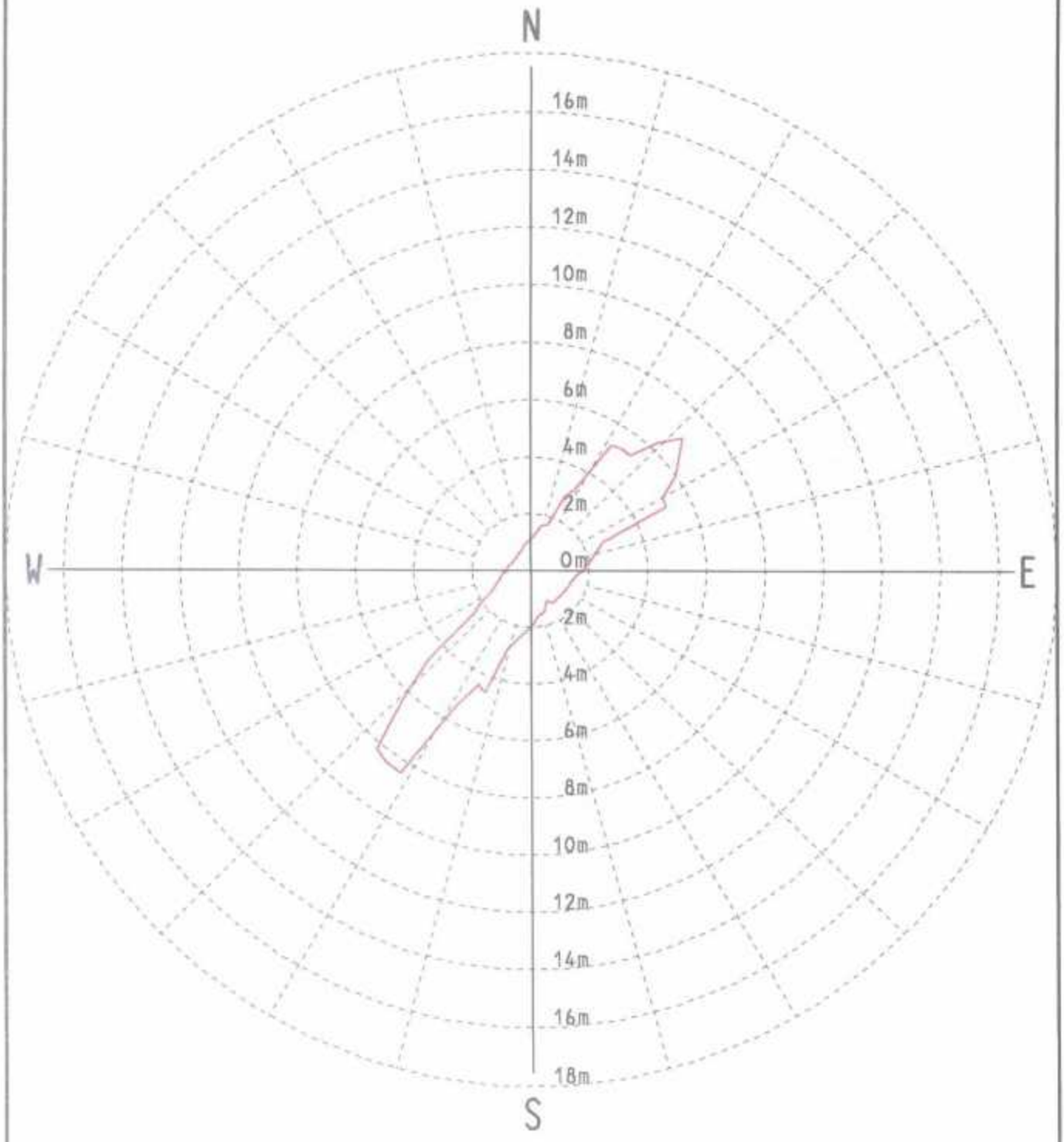
Annexe 3

Cavité C3 en coupe horizontale
aux profondeurs 14,0 m et 14,4 m
(documents Flodim)

CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 29/11/2001	CAVITE : C3 N° OPERATION: 1

Coupe horizontale
14.0 m

ECHELLE 1/200

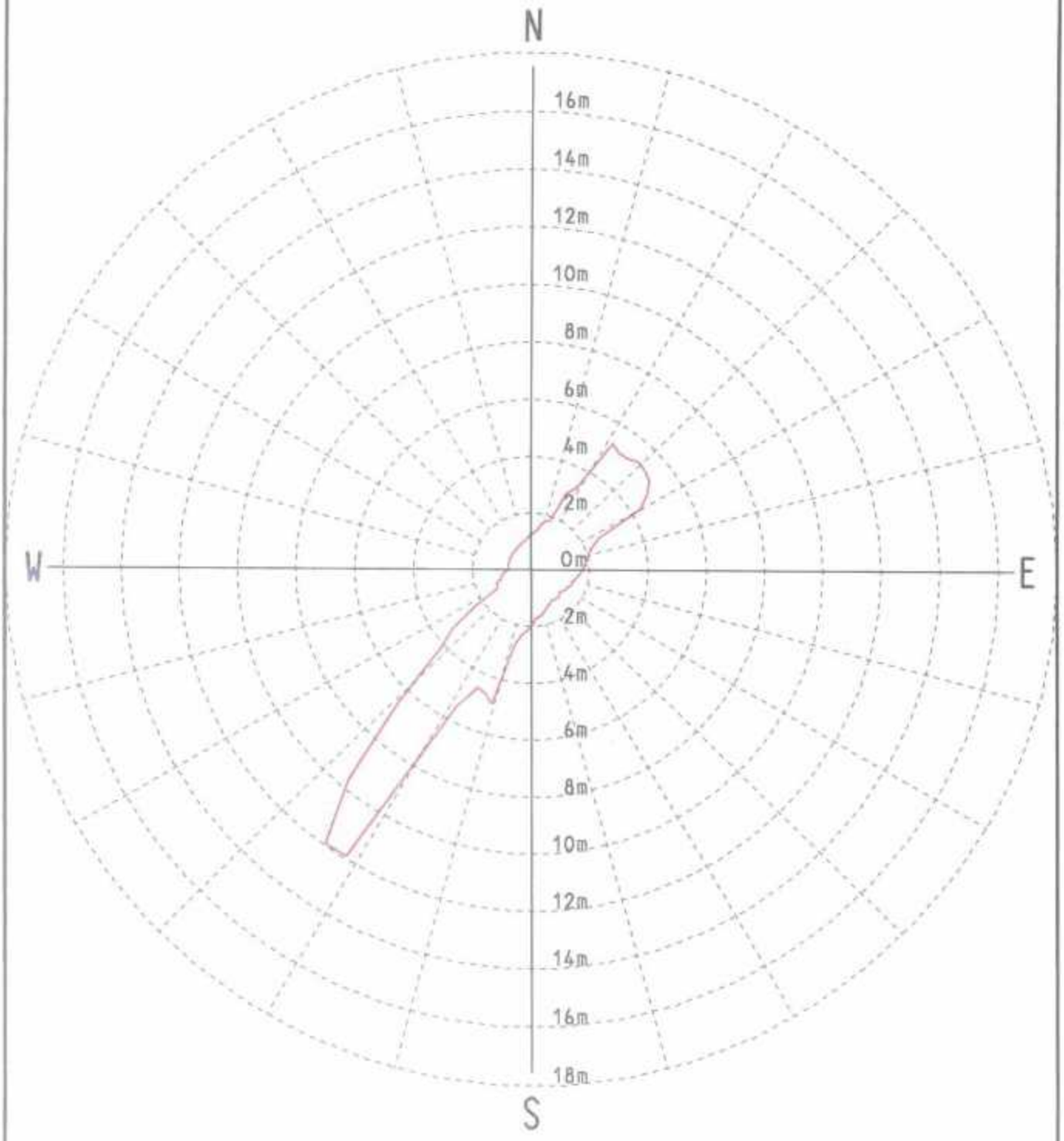


Diamètre maximum	:	13.69	m
Orientation Diamètre maxi	:	36.00	°
Surface	:	27.61	m2
Distance maxi entre points	:	15.28	m

CLIENT : DRIRE Bourgogne DATE : 29/11/2001	CAVITE : C3 N° OPERATION: 1

Coupe horizontale
14.4 m

ECHELLE 1/200



Diamètre maximum	:	17.17	m
Orientation Diamètre maxi	:	32.00	°
Surface	:	30.49	m2
Distance maxi entre points	:	17.18	m

Annexe 4

CCTP et Bordereaux des prix sondages pour « tirs sonar »

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

D.R.I.R.E. BOURGOGNE

CONCESSION MINIERE ORPHELINE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (Saône et Loire) Lieu-dit « La Mine »

*****

MARCHÉ DE TRAVAUX
Marché négocié

(articles 103 et 104 du Code des Marchés Publics)

*****

Sondages de reconnaissance

*****

C.C.T.P.
(Cahier des clauses techniques particulières)

Janvier 2002

Table des matières

Article 1 – Objet du cahier des Clauses Techniques Particulières
Indications Générales

Article 2 – Description et consistance des travaux de reconnaissance

Article 3 – Implantation des sondages

Article 4 – Prestations fournies par le Maître d'Ouvrage

Article 5 – Documents à fournir après exécution

Article 6 – Signalisation des chantiers

Situation des sondages à 1/250

ARTICLE 1 - Objet du Cahier des Clauses Techniques Particulières - Indications Générales

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) a pour objet la description des travaux à réaliser au titre du présent marché et la présentation de leurs spécifications techniques détaillées.

Dans un contexte minier - concession "orpheline" de la Chapelle-sous-Dun (Saône et Loire) -, les travaux à exécuter ont pour finalité d'apporter des précisions sur la géométrie et la distribution des galeries de mine en limite sud-ouest du bourg de la Chapelle-sous-Dun, au lieu-dit « la Mine », de part et d'autre de la RD 987.

L'entrepreneur est tenu d'avoir examiné les lieux et de s'être assuré des conditions existantes dans lesquelles devront être exécutés les travaux. À ce sujet, aucune tolérance ne sera admise ultérieurement pour toute erreur ou négligence de la part de l'entrepreneur.

ARTICLE 2 - Description et Consistance des Travaux de Reconnaissance

Sera exécutée une série de cinq (5) forages destructifs, avec enregistrement des paramètres de la foration, en diamètre 120 mm et tubés avec du PVC plein de diamètre intérieur 100 mm. Les tubes seront ancrés en tête dans une bouche à clé scellée au ras du bitume et/ou du terrain.

La situation des sondages fait l'objet de la figure jointe.

La profondeur des sondages sera de :

- 11 m pour le sondage F1 ;
- 15 m pour le sondage F2 ;
- 16 m pour le sondage F3 ;
- 7 m pour le sondage F4 ;
- 9 m pour le sondage E2 ;

La longueur du tubage PVC sera de :

- 9,5 m pour le sondage F1 ;
- 13 m pour le sondage F2 ;
- 13,5 m pour le sondage F3 ;
- 6 m pour le sondage F4 ;
- 8 m pour le sondage E2 ;

Les sondages traverseront des remblais et alluvions (constituées de sables et graviers avec des lentilles intercalaires d'argile limoneuse), avant de pénétrer dans le "houiller" proprement dit, constitué d'une alternance de schistes plus ou moins altérés et de niveaux gréseux avec quelques passages de charbon.

Quelques sondages étant à réaliser à proximité d'habitations une sondeuse de faible encombrement est requise. Dans un tel contexte il va de soi que toutes les précautions seront prises pour qu'aucun dommage ne subsiste après le départ de la sondeuse. On prendra garde en particulier à ne pas laisser divaguer en surface les remontées du fluide d'injection, comme à protéger les façades des immeubles.

ARTICLE 3 - Implantation des sondages

L'implantation des sondages sera faite par le représentant du Maître d'Ouvrage, en présence de l'Entrepreneur.

ARTICLE 4 - Prestations fournies par le Maître d'Ouvrage

Le Maître d'Ouvrage garantira le libre accès aux différents sites de foration.

ARTICLE 5 - Documents à fournir après exécution

Diagraphies instantanées, coupe technique et équipement de chaque forage.

ARTICLE 6 - Signalisation des chantiers

L'Entrepreneur devra se conformer au contenu de l'article 3.1.5. du CCAG pour ce qui concerne la circulation des engins aux abords des chantiers.

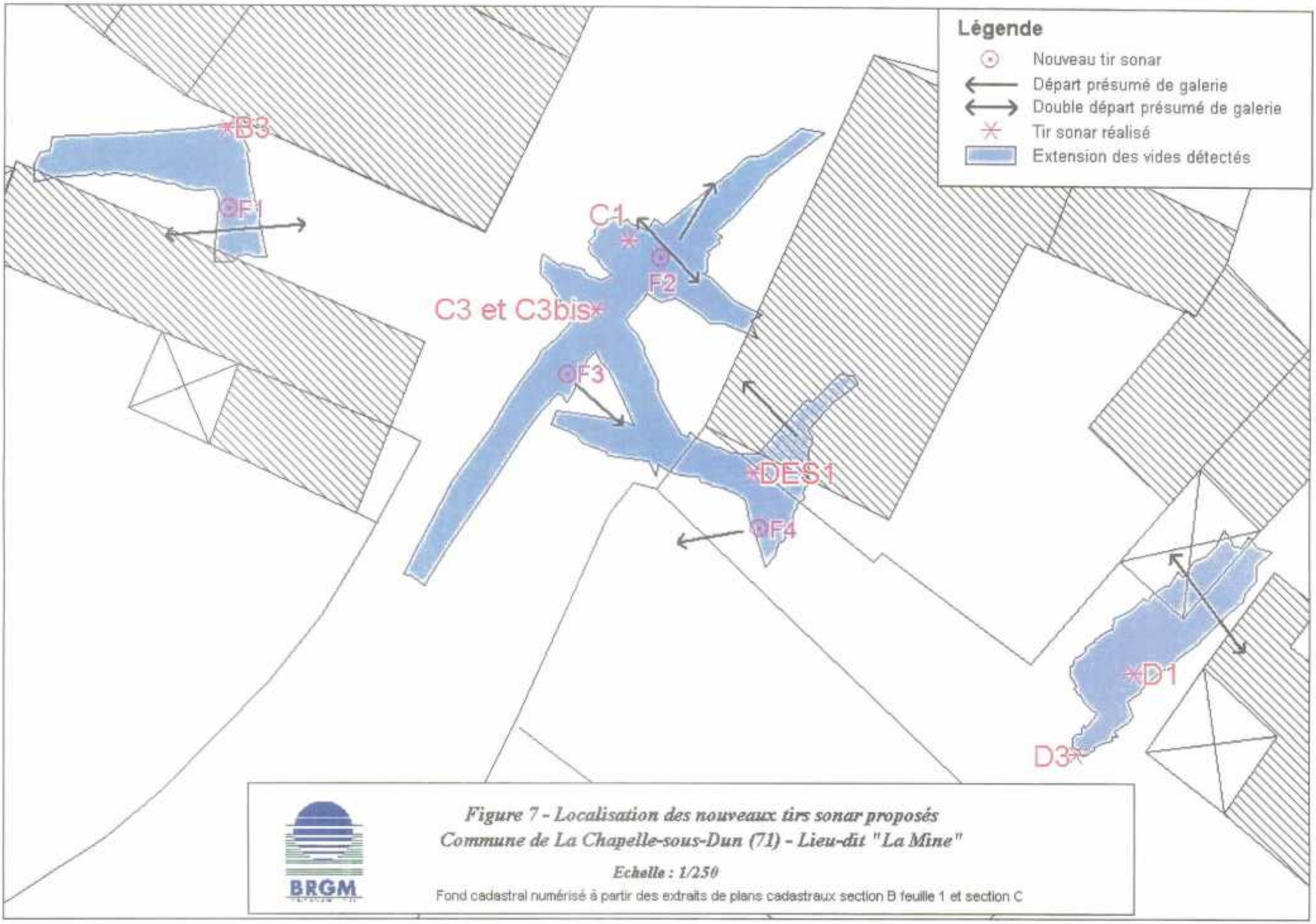


Figure 7 - Localisation des nouveaux tirs sonar proposés
Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit "La Mine"

Echelle : 1/250

Fond cadastral numérisé à partir des extraits de plans cadastraux section B feuille 1 et section C

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

D.R.I.R.E. BOURGOGNE

CONCESSION MINIERE ORPHELINE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (Saône et Loire)
Lieu-dit « La Mine »

*****

MARCHÉ DE TRAVAUX

Marché négocié

(articles 103 et 104 du Code des Marchés Publics)

*****

Sondages pour « tirs sonar »

*****

BORDEREAUX DES PRIX

Janvier 2002

COMMUNE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (71)

LIEU-DIT « LA MINE »

******

SONDAGES DESTRUCTIFS

BORDEREAU QUANTITATIF ESTIMATIF

N° Prix	Désignation	Q^{té}	P.u. H.T.	Total H.T.
1	**Amenée et repli du personnel, de la sondeuse et de l'ensemble du matériel** Le forfait	1		
2	**Mise en station du matériel toute sujétion comprise** L'unité	5		
3	**Forage destructif ϕ 120 mm y compris enregistrement des paramètres de la foration et tubage provisoire éventuel** Le mètre linéaire - de 0 à 10 m de 10 à 20 m de 20 à 30 m de 30 à 40 m	46 12 0 0		
4	**Tubage des forages en PVC (ø int 100 mm)** Le mètre linéaire - de 0 à 10 m - de 10 à 20 m - de 20 à 30 m - de 30 à 40 m	43.5 6.5 0 0		
5	**Fourniture et scellement de bouches à clé**	5		
6	**Remise en état du terrain** Le forfait	1		

Total H.T.	
T.V.A. 19,6 %	
Total TTC	

COMMUNE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (71)

LIEU-DIT « LA MINE »

******

SONDAGES DESTRUCTIFS

BORDEREAU DES PRIX UNITAIRES

N° Prix	Désignation	Unité	P.u. H.T.
1	**Amenée et repli du personnel, de la sondeuse et de l'ensemble du matériel**	forfait	
2	**Mise en station du matériel sur un sondage toute sujétion comprise**	l'unité	
3	**Forage destructif ϕ 120 mm y compris enregistrement des paramètres de la foration et tubage provisoire éventuel** Le mètre linéaire - de 0 à 10 m de 10 à 20 m de 20 à 30 m - de 30 à 40 m	 ml ml ml ml	
4	**Tubage des forages en PVC plein (Ø int 100 mm)** Le mètre linéaire - de 0 à 10 m de 10 à 20 m de 20 à 30 m de 30 à 40 m	 ml ml ml ml	
5	**Fourniture et scellement de bouche à clé**	l'unité	
6	**Remise en état du terrain.**	forfait	

Annexe 5

CCTP et Bordereaux des prix « tirs sonar »

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

D.R.I.R.E. BOURGOGNE

CONCESSION MINIERE ORPHELINE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (Saône et Loire) Lieu-dit « La Mine »

*****

MARCHÉ DE TRAVAUX
Marché négocié

(articles 103 et 104 du Code des Marchés Publics)

*****

Campagne de mesures « sonar »

*****

C.C.T.P.
(Cahier des clauses techniques particulières)

Janvier 2002

Table des matières

Article 1 – Objet du cahier des Clauses Techniques Particulières
Indications Générales

Article 2 – Description et consistance des travaux de reconnaissance

Article 3 – Implantation des sites de mesure sonar

Article 4 – Prestations fournies par le Maître d'Ouvrage

Article 5 – Documents à fournir après exécution

Article 6 – Signalisation des chantiers

Situation des sondages à 1/250

ARTICLE 1 - Objet du Cahier des Clauses Techniques Particulières - Indications Générales

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (C.C.T.P.) a pour objet la description des travaux à réaliser au titre du présent marché et la présentation de leurs spécifications techniques détaillées.

Dans un contexte minier - concession "orpheline" de la Chapelle-sous-Dun (Saône et Loire) -, les travaux à exécuter ont pour finalité d'apporter des précisions sur la géométrie et la distribution des galeries de mine en limite sud-ouest du bourg de la Chapelle-sous-Dun, au lieu-dit « la Mine », sous et de part et d'autre de la RD 987.

L'entrepreneur est tenu d'avoir examiné les lieux et de s'être assuré des conditions existantes dans lesquelles devront être exécutés les travaux. À ce sujet, aucune tolérance ne sera admise ultérieurement pour toute erreur ou négligence de la part de l'entrepreneur.

ARTICLE 2 - Description et Consistance des Travaux de Reconnaissance

Sera exécutée une série de sept (7) inspections sonar à cinq (5) emplacements prédéfinis, avec édition et interprétation des données recueillies. La situation des sites de mesure est indiquée en annexe, sur plan du fond cadastral.
Les sondages auront été exécutés en diamètre 120 mm et tubés avec du PVC plein d'un diamètre intérieur de 100 mm. La longueur du tubage sera de :

- 9,5 m pour le sondage F1 ;
- 13 m pour le sondage F2 ;
- 13,5 m pour le sondage F3 ;
- 6 m pour le sondage F4 ;
- 8 m pour le sondage E2 ;

ARTICLE 3 - Implantation des sites de mesure sonar

L'implantation sera faite par le représentant du Maître d'Ouvrage, en présence de l'Entrepreneur.

ARTICLE 4 - Prestations fournies par le Maître d'Ouvrage

Le Maître d'Ouvrage garantira le libre accès aux différents sites de mesures.

ARTICLE 5 - Documents à fournir après exécution

Après exécution, l'entrepreneur remettra en trois exemplaires un dossier de tous les ouvrages exécutés comprenant :

- les caractéristiques de la cavité et de la mesure ;
- les courbes d'épalement et de répartition des volumes / profondeur ;
- des coupes verticales à azimut judicieux ;
- des projections de vues tridimensionnelles de la cavité ;
- des vues en images de synthèse ;
- visualisation d'un ensemble de cavités dans l'espace et assemblage des cavités interconnectées.

ARTICLE 6 - Signalisation des chantiers

L'Entrepreneur devra se conformer au contenu de l'article 3.1.5. du CCAG pour ce qui concerne la circulation des engins aux abords des chantiers.

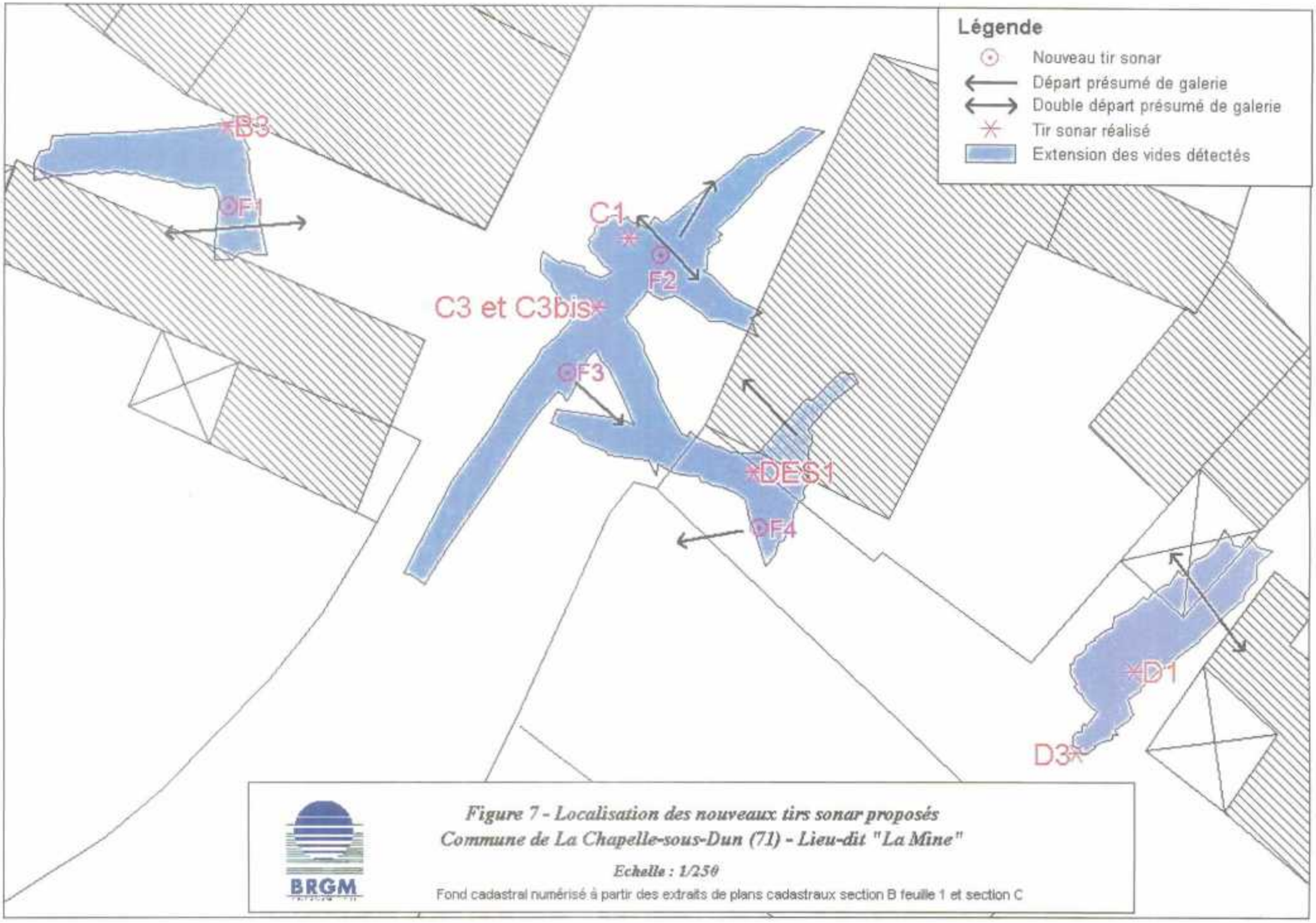


Figure 7 - Localisation des nouveaux tirs sonar proposés
Commune de La Chapelle-sous-Dun (71) - Lieu-dit "La Mine"

Echelle : 1/250

Fond cadastral numérisé à partir des extraits de plans cadastraux section B feuille 1 et section C

BRGM

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE

D.R.I.R.E. BOURGOGNE

CONCESSION MINIERE ORPHELINE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (Saône et Loire) Lieu-dit « La Mine »

*****

MARCHÉ DE TRAVAUX

Marché négocié

(articles 103 et 104 du Code des Marchés Publics)

*****

Campagne de mesures « sonar »

*****

BORDEREAUX DES PRIX

Janvier 2002

COMMUNE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (71)

LIEU-DIT « LA MINE »

******

CARACTERISATION GEOMETRIQUE DE GALERIES PAR « TIRS SONAR »

BORDEREAU QUANTITATIF ESTIMATIF

N° Prix	Désignation	Q^{té}	P.u. H.T.	Total H.T.
1	**Amenée et repli du personnel et de l'ensemble du matériel** Le forfait	1		
2	**Mise en station du matériel toute sujétion comprise** L'unité	5		
3	**Campagne de sonar, acquisition des points de mesure** L'unité	7		
4	**Assurance perte outil** L'unité	7		
5	**Interprétation des données et édition d'un rapport d'opération complet en trois exemplaires** L'unité	3		
6	**Remise en état du terrain** Le forfait	1		

Total H.T.	
T.V.A. 19,6 %	
Total TTC	

COMMUNE DE LA CHAPELLE-SOUS-DUN (71)

LIEU-DIT « LA MINE »

******

CONTRÔLES D'ANOMALIES GRAVIMÉTRIQUES PAR SONAR

BORDEREAU DES PRIX UNITAIRES

N° Prix	Désignation	Unité	P.u. H.T.
1	**Amenée et repli du personnel et de l'ensemble du matériel**	forfait	
2	**Mise en station du matériel sur un sondage toute sujétion comprise**	l'unité	
3	**Campagne de sonar, acquisition des points de mesure**	l'unité	
4	**Assurance perte outil**	L'unité	
5	**Interprétation des données et édition d'un rapport d'opération complet en trois exemplaires**	L'unité	
6	**Remise en état du terrain.**	forfait	