

# LES ENSEIGNEMENTS D'UNE CAMPAGNE SISMIQUE CONDUITE ENTRE LIEGE ET VERVIERS

par

L. DEJONGHE <sup>1</sup>, J.M. GRAULICH <sup>2</sup> &  
L. HANCE <sup>3</sup>

## RESUME

Les résultats d'une campagne sismique réflexion réalisée en 1979 entre Liège et Verviers sont examinés. L'interprétation d'un profil transversal entre Blégny et Pépinster est proposée par corrélation avec les données des forages de Bolland et de Soumagne. Les principaux faciès sismiques correspondent à des ensembles lithostratigraphiques majeurs. En particulier, les formations éodévonienues sont clairement mises en évidence. En outre, un réflecteur profond, sous-jacent au forage de Bolland (profondeur totale : 3001.30 m), est assimilé à la faille des Aguesses-Asse.

## SUMMARY

The results of a deep seismic reflection survey undertaken in 1979 between Liège and Verviers are examined. The interpretation of a transverse profile between Blégny and Pépinster is proposed on the basis of data from the Bolland and Soumagne drill holes. The main seismic patterns correspond to major lithostratigraphic units. In particular the early Devonian formations are clearly outlined. Furthermore, a deep reflector, situated below the Bolland drill hole (total depth : 3001.30 m), is interpreted as the Aguesses-Asse fault.

## MOTS CLES

Sismique réflexion, Synclinorium de Verviers.

## KEY WORDS

Seismic reflection, Verviers synclinorium.

## INTRODUCTION

Du 15 mai 1979 au 12 juin 1979, la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) a effectué, pour le compte du Service géologique de Belgique, une campagne sismique réflexion par méthode vibrosismique entre Liège et Verviers, suivant l'axe Blégny-Spa. Cinq profils (L1 à L5) ont été réalisés et totalisent une longueur de 45,63 km ; ils recoupent les principales unités tectoniques du Synclinorium de Verviers (fig. 1). Le profil L1 est situé dans la Fenêtre de Theux et est parallèle à la direction des couches. Les profils L2 et L3 sont transverses aux plissements et situés respectivement sur le côté oriental et sur le côté occidental de la Fenêtre de Theux. En outre, le profil L3 se prolonge vers le NNW jusqu'au Massif de Herve que n'atteint pas le profil L2. Les profils L4 (transversal) et L5 (longitudinal) sont situés à l'aplomb du Massif de Herve.

L'interprétation lithologique de ces profils sur base des données de surface n'est pas possible en raison de leur mauvaise définition aux faibles profondeurs et du choix d'un niveau de référence situé à + 150 m, souvent nettement plus bas que la topographie réelle. Par contre, en profondeur, des éléments de référence nous sont donnés par les sondages de Bolland et Soumagne qui ont atteint respectivement des profondeurs de 3001,30 m et 2528,28 m (Graulich, 1975, 1977, 1984).

Nous nous limiterons dès lors à proposer une interprétation lithostratigraphique et structurale pour les profils L3 et L4 qui passent à proximité des forages précités et dont la comparaison avec les coupes classiques du Synclinorium de Verviers sera facilitée.

<sup>1</sup> Service géologique de Belgique, rue Jenner, 13 - B-1040 Bruxelles & Université libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, avenue F.D. Roosevelt, 50 - B-1050 Bruxelles.

<sup>2</sup> Ruc de Campine, 411 - B-4000 Liège.

<sup>3</sup> Service géologique de Belgique, rue Jenner, 13 - B-1040 Bruxelles.

## ACQUISITION DES DONNEES

Des essais préliminaires, destinés surtout à préciser la longueur d'onde des bruits que l'on souhaite atténuer, ont fixé le schéma général de mise en oeuvre, qui est illustré à la figure 2.

Le procédé "Vibroseis" a été adopté comme source, avec 3 camions vibrateurs (type BUGGY avec vibrateur MERTZ VS 10) espacés de 12 à 30 m. Chaque point de vibration comptait 16 lieux répartis sur 80 m, avec une ou deux vibrations par lieu. Les vibrations étaient émises pendant 11 s,

avec une fréquence croissante de 12 à 62 Hz (sweep).

Le dispositif d'enregistrement comportait 48 traces espacées de 80 m, avec 18 géophones par trace. Pour chaque point de vibration, les enregistrements d'une fenêtre centrale de 320 m n'étaient pas pris en compte, afin d'éviter les interférences avec les bruits à basse vitesse. Les signaux sismiques ont été convertis sous forme numérique avec un pas d'échantillonnage de 4 ms. Le temps total d'écoute était de 15 s (11 s pour le sweep et 4 s d'enregistrement).

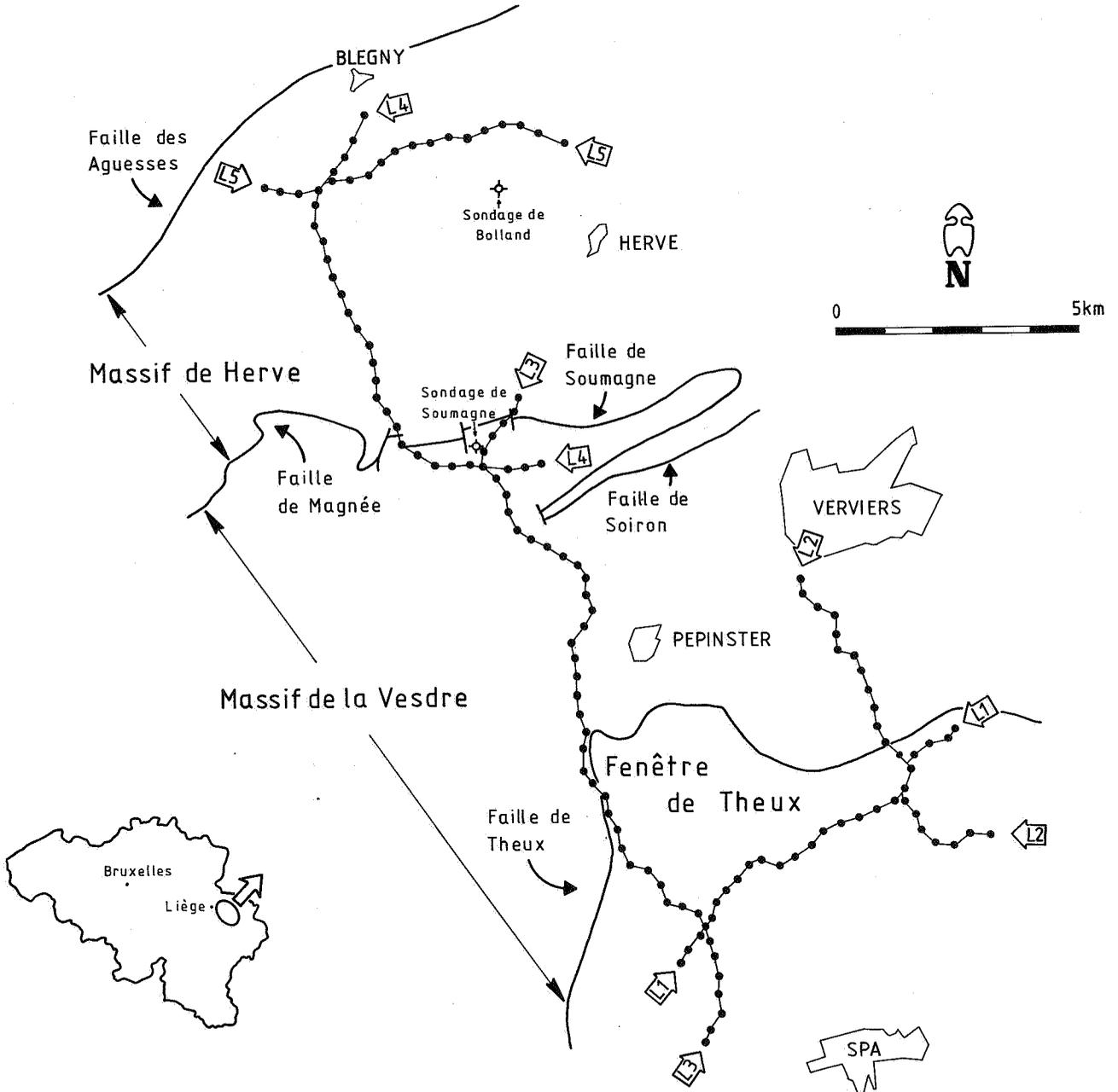


Figure 1. Plan de situation des 5 profils sismiques (L1 à L5) et repérage des principales unités tectoniques du Synclinorium de Verviers.

## TRAITEMENT

Les données brutes ont fait l'objet de nombreuses manipulations. Les principales étapes de cette séquence de traitement sont reprises ci-après, avec parfois un bref commentaire.

1. Démultiplexing des données enregistrées sur le terrain (réarrangement des données par trace et non par tir).
2. Récupération des amplitudes.
3. Edition.
4. Regroupement des données par point miroir commun.

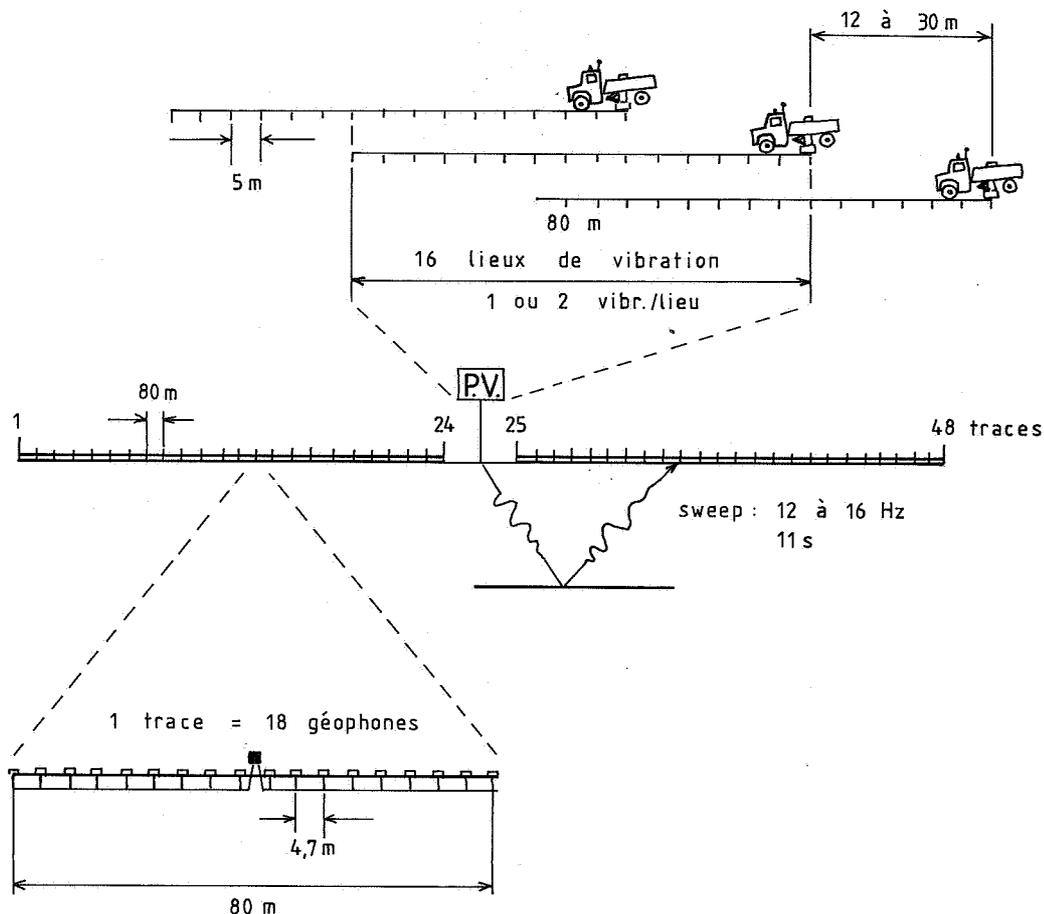


Figure 2. Schéma général de mise en oeuvre.

5. Déconvolution avant addition, avec un opérateur de 100 ms et des fenêtres de 200 à 1000 ms, de 1300 à 2100 ms et de 2400 à 3200 ms.
6. Correction statique topographique de façon à ramener l'origine des temps à un niveau de + 150 m (vitesse adoptée : 4500 m/s).
7. Analyse continue des vitesses. En se basant sur les retards de temps des parcours les plus longs pour un même point miroir, il est possible de déduire une vitesse d'addition au-dessus de chaque réflecteur.
8. Corrections dynamiques tenant compte de la loi de répartition des vitesses avec la profondeur.
9. Ajustement automatique des corrections statiques résiduelles.
10. Filtres variables de 8 à 125 Hz.
11. Elimination des premières arrivées qui sont souvent des réfractions (mise à zéro, mute).
12. Addition en couverture multiple (24 x).
13. Egalisation des traces. Etant donné la mise à zéro (mute), le nombre de traces additionnées varie en fonction du temps. Un facteur d'égalisation doit être appliqué.
14. Amélioration de la cohérence spatiale (-4 à 4 ms/trace).
15. Rejeu analogique.

Les profils L3 et L4, après traitement, sont montrés à la figure 3.

## RETRAITEMENT

En 1987, les profils L3 et L4 ont fait l'objet d'un retraitement par la firme BEB (Brigitta Elwerath Betriebsführungsgesellschaft). Par rapport au traitement initial, on retiendra deux différences essentielles :

- l'application de la déconvolution avant addition avec un opérateur de 240 ms (a.l.d. 100 ms) et deux fenêtres de 600 à 3000 ms ;
- la migration des profils par la méthode des équations d'ondes.

Les résultats de ce retraitement sont décevants ; les profils obtenus, illustrés à la figure 4, sont nettement moins clairs et donc plus difficiles à interpréter que les premiers profils. Ceci est paradoxal, d'autant que le même retraitement appliqué aux profils 8 et 13 de la campagne Famenne 1976 a fourni d'excellents résultats (Graulich, 1982 ; Graulich *et al.*, 1989). La discussion qui va suivre

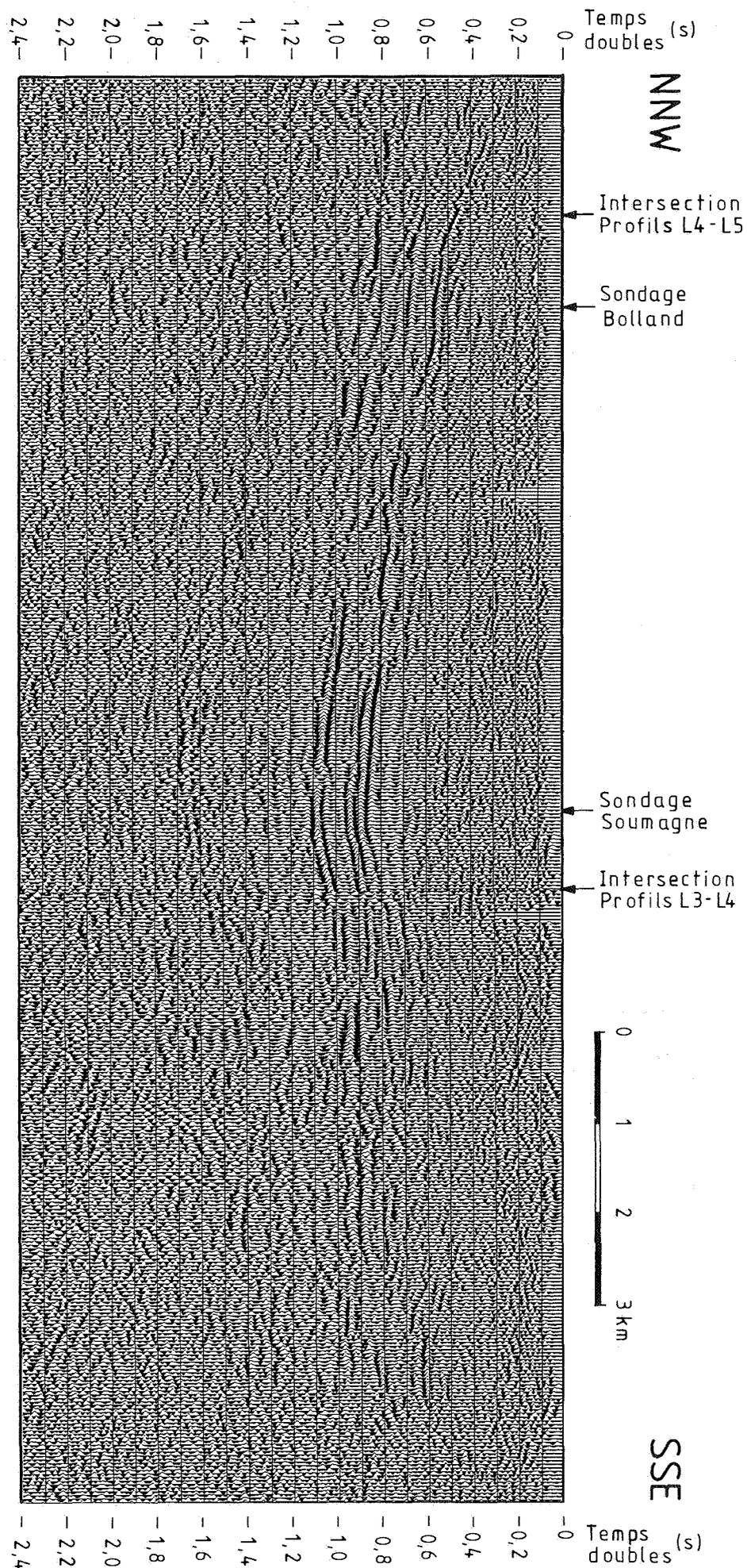


Figure 3. Profils sismiques L3 et L4 non migrés (traitement CGG 1979).

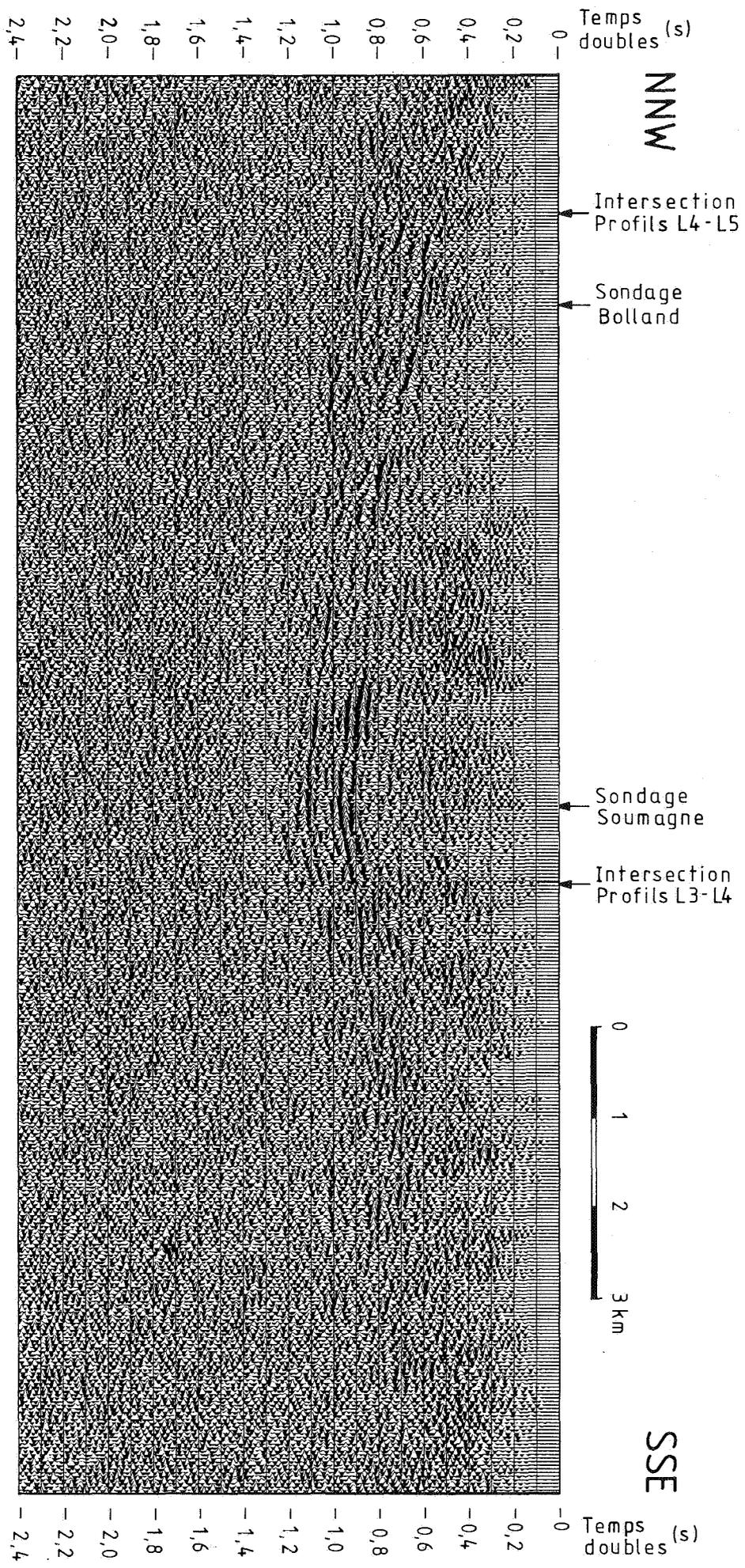


Figure 4. Profils sismiques L3 et L4 migrés (retraitement BEB 1987).

Refl. n°	Temps double s	Temps simple s	Vit. m/s	Prof. calc. m (1)	Signification géol. probable dans le forage
<b>SONDAGE DE SOUMAGNE (+ 256,58)</b>					
S 1	0,63	0,315	4590	1552	Toit du Dinantien à 1573,81 m
S 2	0,87	0,435	4968	2268	Toit Dévonien inf. à 2161,58 m
<b>SONDAGE DE BOLLAND (+ 277,87)</b>					
B 1	0,19	0,095	3540	456	Toit du Dinantien à 467,12 m
B 2	0,46	0,23	3877	1020	Contact Fa/Nm par la faille de Bellaire à 1024,12 m
B 3	0,57	0,285	4101	1297	Toit Dévonien inf. à 1335,45 m
B 4	1,0	0,5	5124	2690	Discordance Dévonien inf./Ordovicien à 2785 m

Table 1. : Signification géologique des principaux réflecteurs par corrélation avec les forages de Soumagne et de Bolland.

(1) La profondeur calculée tient compte de la différence de niveau entre la cote des sondages et le niveau de référence de la sismique (+ 150).

fait référence aux profils non migrés. Les profils retraités n'ont été figurés qu'à titre indicatif. Ils illustrent la difficulté d'adapter les paramètres de traitement à chaque situation géologique, compte tenu d'impératifs financiers.

## INTERPRETATION

Les profils L3 et L4 ont été assemblés en éliminant les extrémités qui se croisent (fig. 3 & 4). La terminaison sud du profil L3 renferme peu de réflecteurs cohérents et n'a pas été retenue. Le tracé des lignes ("line-drawing") correspondant à l'enregistrement de la figure 3 et son interprétation sont présentés respectivement aux figures 5 et 6. Au droit des sondages - projetés suivant la direction moyenne des couches en surface (N70°E) - les réflecteurs principaux ont été numérotés (fig. 6). Leur corrélation avec des repères lithologiques est proposée dans le tableau 1.

Pour transposer les temps doubles en profondeurs, il faut disposer de données de vitesses. Celles-ci sont présentées sur les documents sismiques originaux par tranche de temps de 0,2 s temps double et pour des positions en surface distantes de 1 à 4 km. Ce sont des vitesses d'addition. Le calcul des vitesses par tranche de temps nous a permis d'éliminer les valcurs anormales et de tracer un profil de vitesse qui cadre assez bien avec les profils sismiques et qui indique une assez bonne qualité de l'analyse des vitesses. La vitesse se rapportant à un point déterminé sur le profil a été calculée par interpolation. La profondeur correspondante tient compte de la différence entre la cote du forage et le niveau de référence de la sismique (+ 150 m).

Les résultats obtenus ont servi de base pour l'interprétation proposée à la figure 6 et indiquent une bonne correspondance entre les réflecteurs et les repères lithostratigraphiques principaux recoupés en forage. Quatre faciès sismiques sont

bien individualisés. Le faciès supérieur (I) montre des réflecteurs courts et peu nets ; il correspond notamment aux séries schisto-gréseuses silésiennes. C'est sans doute en raison d'allures plissées que l'on n'y retrouve pas de bons réflecteurs, tels ceux qui caractérisent le Silésien du Bassin de Campine. On reconnaît ensuite une zone à réflecteurs plus continus et d'allure plus tranquille (II) qui peut être assimilée aux calcaires, dolomies, schistes et grès du Dinantien et du Dévonien moyen. Le troisième faciès (III) est remarquable par le grand nombre de réflecteurs très nets, relativement continus et d'allure tranquille. Cela correspond aux roches schisto-gréseuses et quartzitiques du Dévonien inférieur. Enfin, le faciès IV présente des réflecteurs courts aux allures plissées et confuses. C'est le socle calédonien.

Les très faibles pentes qui caractérisent le Dévonien-Dinantien au droit du sondage de Soumagne nous permettent d'apporter une précision intéressante. Il est logique de supposer par l'examen du "line drawing" (fig. 5) que les allures tranquilles se maintiennent à plus grande profondeur. L'épaisseur de l'ensemble III (0,13 s en temps simple soit approximativement 820 m) est donc pratiquement stratigraphique et tout à fait comparable avec les épaisseurs totales du Dévonien inférieur connues aux affleurements les plus proches (Remouchamps, 1270 m ; La Gileppe, 870 m ; Asselberghs, 1944 & 1946).

Au niveau structural, l'interprétation du réflecteur R est particulièrement importante, car si on en prolonge l'extrémité nord jusqu'à la surface, on aboutit sensiblement à la zone d'affleurement de la faille des Aguesses-Asse (= faille de charriage Midi - Aachen). L'assimilation du réflecteur R au trajet de cette faille de charriage en profondeur est alors une hypothèse plausible. Le caractère peu marqué de ce réflecteur et la similitude des faciès sismiques de part et d'autre indiquent que les formations mises en contact ne correspondent probablement pas à des lithologies très contrastées et suggèrent une nature calédonienne du substratum. Au sud du forage de Soumagne, le prolongement du

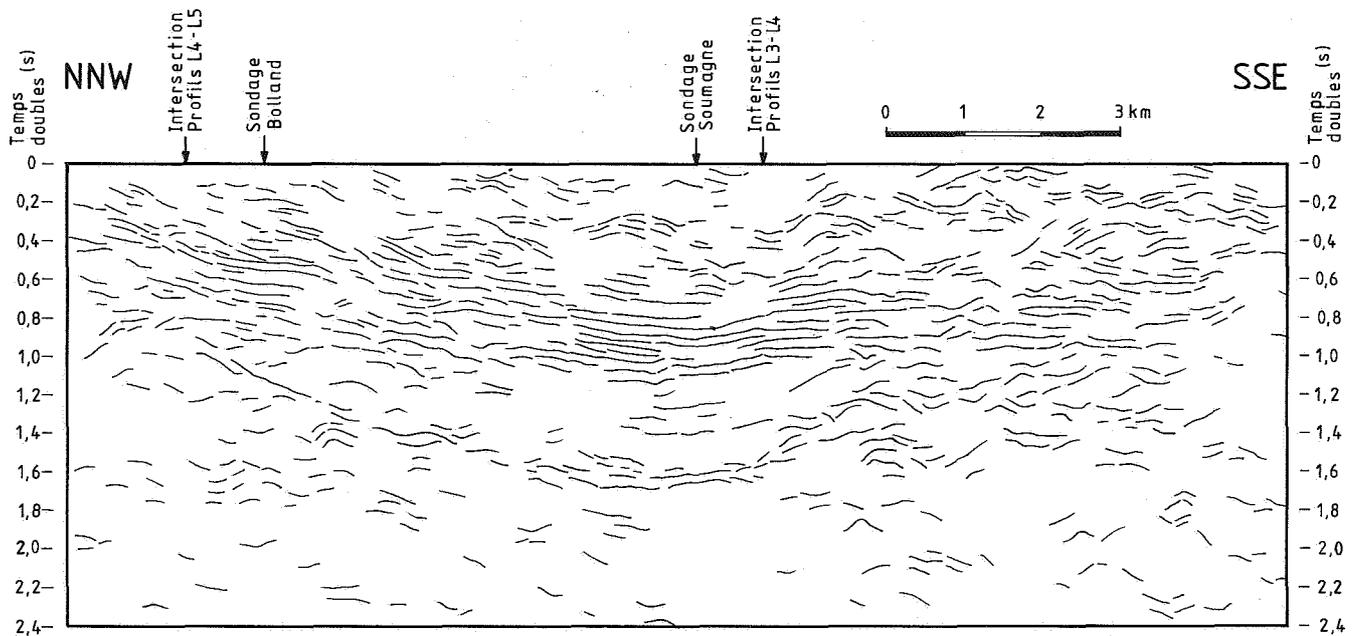


Figure 5. Tracé des lignes ("line drawing") relatif aux profils L3 et L4 non migrés.

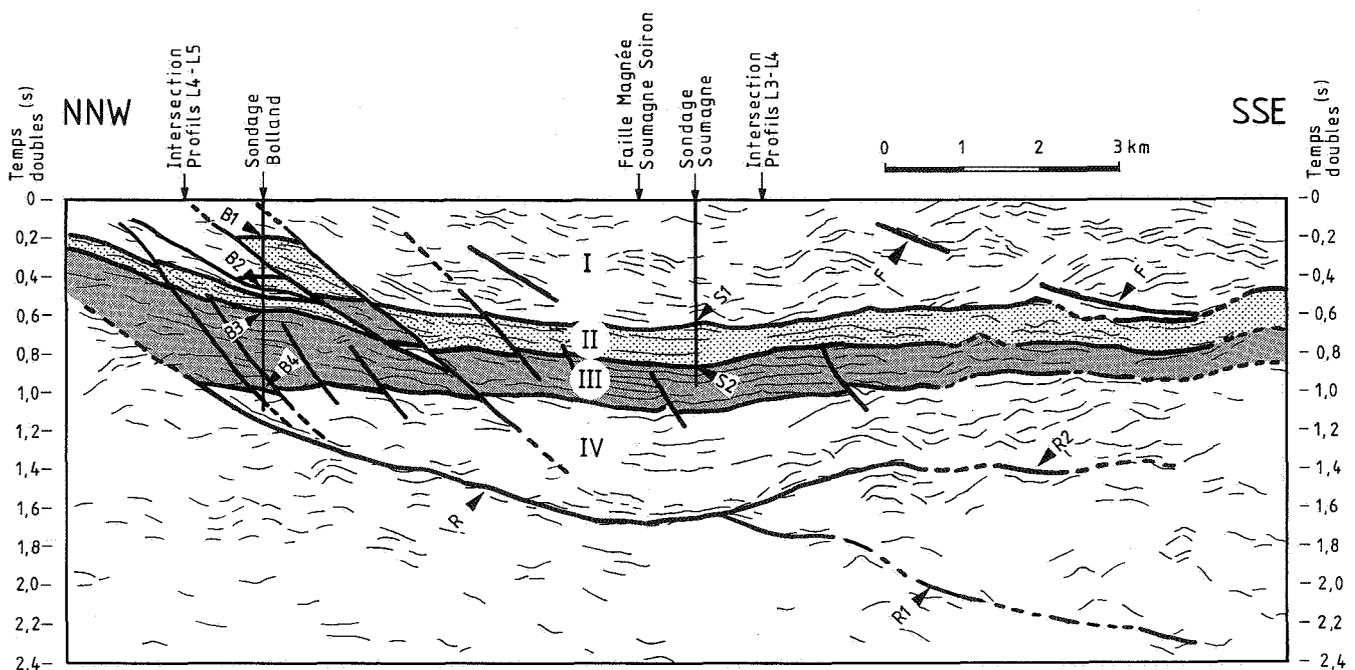


Figure 6. Interprétation des profils sismiques L3 et L4.: La signification des réflecteurs B1, B2, B3, B4, S1 et S2 est donné au tableau 1. Pour la signification du réflecteur R et des ensembles I à IV, voir texte. Les réflecteurs délimitant ces ensembles ont été représentés en trait plein là où ils sont bien marqués et en traits pointillés là où ils s'atténuent.

réflecteur R n'est pas net et deux tracés sont possibles, notés respectivement R1 et R2 sur la figure 6.

Plusieurs tentatives ont été faites pour préciser l'interprétation de la partie supérieure du profil au sud de Soumagne, en utilisant les données des sondages de Soiron, Pépinster I et de Pépinster II.

Certaines tendances se dégagent au nord de la Fenêtre de Theux, mais elles sont trop peu claires pour faire l'objet de tracés. Signalons cependant un alignement de réflecteurs, noté F sur la figure 6. Il s'agit sans doute d'un accident chevauchant dont l'importance ne peut être estimée.

## CONCLUSIONS

La corrélation des profils L3 et L4 avec les données des sondages de Bolland et de Soumagne aboutit à un modèle dans lequel les principaux faciès sismiques ont pu être assimilés à des ensembles lithostratigraphiques majeurs. Cette interprétation se rapproche plus de la coupe dessinée par GRAULICH (1984) que de celle dessinée par MICHOT (1980) ; en particulier, l'assimilation du réflecteur R à la faille des Aguesses-Asse cadre bien avec le caractère tourmenté des structures sous Bolland, situé au front de la nappe. Soulignons toutefois que la présence de Dévono-Dinantien sous le réflecteur R ne peut pas être confirmée. Il semble au contraire probable que, au sud de Bolland, le charriage mette en contact des formations calédoniennes.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les Professeurs J. BOUCKAERT et N. VANDENBERGHE (K.U.L.) pour leur critique constructive du manuscrit.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSELBERGHS, E., 1944 - L'Eodévonien de la bande de la Vesdre. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain, XIII* : 145-212.
- ASSELBERGHS, E., 1946 - L'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain, XIV*, 598 pp.
- GRAULICH, J.M., 1975 - Le sondage de Bolland. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper, 1975/9*, 39 pp.
- GRAULICH, J.M., 1977 - Le sondage de Soumagne. *Serv. géol. Belg., Prof. Paper, 1977/2*, 56 pp.
- GRAULICH, J.M., 1982 - Le sondage d'Havelange (Champs du Bois). *Ann. Mines Belgique, 6* : 545-561.
- GRAULICH, J.M., 1984 - Coupe géologique passant par les sondages d'Hermalle-sous-Argenteau, Bolland, Soumagne, Soiron, Pépinster 2 et 1 et Jusleville. *Commentaires. Bull. Soc. belge Géol., 93/1-2*: 45-49.
- GRAULICH, J.M., LECLERCQ, V. & HANCE, L., 1989 - Le sondage d'Havelange, principales données et aspects techniques. *Mém. expl. cartes géol. & min. Belg., 26*, 65 pp.
- MICHOT, P., 1980 - Introduction à la géologie générale - Belgique. *26ème Congr. géol. inter. Livre-guide*.