

Bull. Soc. belge de Géologie Bull. Belg. Ver. voor Geologie	T. 90 V. 90	fasc. 1 deel 1	pp. 9-61 blz. 9-61	Bruxelles 1981 Brussel 1981
--	----------------	-------------------	-----------------------	--------------------------------

## QUELQUES IDEES SUR LES MINERALISATIONS PLOMBO-ZINCIFERES DANS LES FORMATIONS CARBONATEES EN BELGIQUE

par J. BALCON (\*)

La Société Belge de Géologie me fait le grand honneur de m'inviter à exposer devant elle les idées que m'inspirent près de vingt ans d'activité de recherche minière en Belgique. Ces idées ne peuvent se dissocier fondamentalement de celles acquises au cours de toute une vie professionnelle consacrée pour une part largement majoritaire aux gisements plombo-zincifère en milieu carbonaté, et ce dans le cadre des activités de la Compagnie Royale Asturienne des Mines, que je remercie de sa complaisance.

Il est donc nécessaire de définir au départ le cadre des concepts qui me paraissent gouverner la géologie des gisements plombo-zincifères en milieu carbonaté, du moins ceux qui sont susceptibles de s'appliquer aux cas belges.

RESUME. - Les idées exposées dans ce texte s'appuient sur un concept général dont les idées directrices sont :

- l'intégration, dès l'origine, des métaux (Pb, Zn en particulier) au sédiment carbonaté de la formation magasin dans son ensemble;
- l'origine continentale, pour l'essentiel, de ces métaux apportés au bassin de sédimentation;
- l'aptitude des métaux, après concentration initiale dans des sites privilégiés confinés, à migration sous l'influence de la diagenèse, des ouvertures tectoniques et des circulations d'eaux météoriques.

En Belgique, les minéralisations plombo-zincifères occupent le système carbonaté givetien-frasnien, en filons ou en concentrations diagénétiques à la bordure dolomitisée des biostromes frasnien;

le Dinantien de l'aire autochtone, où l'on localise quelques concentrations initiales faibles, des gisements liés à des mobilisations dans des fractures tectoniques (filons), et surtout à des circulations d'eaux météoriques en rapport avec des phases d'émerision:

- intra-viséenne (v1b-v2a) : Haie Monet, Les Awirs;
- infra-namurienne, de types divers :
  - élargissement de fractures, Sart Marie, etc...
  - poches ouvertes : Les Fagnes,
  - réseaux souterrains : Le Dos, La Mallieue,
  - actuelle : néokarsts à Haie Monet, Theux, ...

---

\*) 56 rue du Vélodrome A1 F-33200 BORDEAUX (France)

Les possibilités de développement karstique minéralisé dans les formations carbonatées givetiennes et frasniennes conduisent à examiner les structures de la région Philippeville-Sautour, à les relier aux informations fournies par le sondage de Focant et à proposer des interprétations d'ensemble qui expliquent la répartition des aires minéralisées et stériles.

## CONCEPT GENERAL.

Trois lignes majeures s'imposent :

1. Ces métaux ont été introduits dans la formation carbonatée (s.l.) dans le cadre même de la sédimentation.
2. Ils se sont fixés à des taux de concentration relativement élevés (géochimiques) ou très élevés (économiques, éventuellement) dans des milieux définis.
3. A partir de ces milieux privilégiés, la diagenèse des sédiments, la tectonique surimposée, les circulations d'eau météorique ou mixte ont favorisé des mobilisations complexes vers des sites générateurs de concentrations plus élevées (... et aussi de dispersions).

### 1. LES APPORTS.

Les bassins à sédimentation carbonatée globalement dominante ont un contenu métallique issu

- soit du continent voisin,
- soit de venues volcaniques directes (sous-marines ou aériennes).

Les milieux affectés par les venues volcaniques sous-marines (type Mer Rouge) répondent à des situations géostructurales fort différentes de celles qui caractérisent les séries minéralisées en Belgique; et les effets aériens peuvent aussi être ici négligés. C'est donc, dans le cas général et non seulement en Belgique, au continent que nous attribuons l'origine des apports métallifères dans le bassin.

Le plomb et le zinc se comportent au cours de l'altération et de l'érosion du continent, puis du transport, de façon distincte. Apte à former des minéraux peu solubles (sulfure, carbonate, sulfate) le plomb suit, sous ces formes transitoires, le cheminement des pelites ou, parfois, des arkoses altérées. Plus résistante encore, la barytine a pu parfois être suivie à la trace.

EHRART a donné une explication sédimentologique dite bio-rhexistasique de cette dualité mais il n'est pas très fréquent que cette explication liée aux variations climatiques cycliques ou saisonnières, trop peu espacées dans le temps ait un intérêt pratique.

### 2. LES MILIEUX PRIVILEGIÉS.

Issus du continent, apportés dans un milieu à sédimentation carbonatée dominante, les métaux

- ou bien se déposeront sur la plateforme continentale
- ou bien, la traversant, se disperseront dans la fosse océanique.

Sur la plateforme, ils seront retenus et fixés, au moins à titre précaire, dans des sites à caractère géochimique favorable et à géométrie protectrice.

Les caractères géochimiques favorables sont ceux qui ont présidé au transport de l'un et de l'autre métaux, - adsorption (?) sur les argiles ou les feldspaths altérés des arkoses, pour le plomb, adsorption sur la matière organique pour le zinc, - auxquels s'ajoute un milieu réducteur lié à l'activité bactérienne. La cristallisation initiale du sédiment associera le plomb (comme le

baryum et surtout le strontium), à l'aragonite, le zinc à la dolomie dont on connaît par ailleurs l'affinité pour la matière organique.

La géométrie doit protéger et la permanence de l'activité bactérienne, qui exige un milieu parfaitement calme, et l'isolement du site par rapport à ses voisins. C'est ce que nous entendrons par milieu confiné, séparé de son voisinage par des barrières qui peuvent être cordons récifaux, levées sableuses, voire barres d'estuaire ou accidents épirogéniques.

### 3. LES MOBILISATIONS.

Les fixations métalliques initiales atteignent rarement des niveaux économiques de concentration. Dès la phase diagénétique de l'évolution du sédiment, des modifications se produisent qui sont susceptibles de provoquer des migrations liées au déplacement des eaux connées. Puis, les accidents tectoniques ouvrent de nouveaux vides disponibles pour une sécrétion latérale et ensuite pour des déplacements plus lointains. Enfin les circulations météoriques et les effets liés aux battements des marées sur les parties émergées des formations carbonatées exercent non seulement une altération supergène - in situ - des minéralisations, mais des remises en mouvement aptes à créer de nouveaux et importants gisements.

Nous examinerons successivement ces trois types de mobilisation :

#### a. La mobilisation diagénétique.

Dans un bassin confiné, les sédiments de la partie centrale de la cuvette sont plus épais que ceux des bordures; de ce fait, il est fréquent qu'ils déterminent par leur poids une subsidence différentielle qui accentue, ou au moins entretient la disparité. Au surplus, les bordures se distinguent par une moindre compressibilité des sédiments qu'ils soient granulaires (au littoral) ou récifaux (côté large).

Les sédiments du centre, plus vaseux, plus riches en eau interstitielle, plus comprimés par la charge sur-incombante perdront leur eau soit par filtration vers l'interface eau-sédiment, soit vers les bordures si la filtration ascendante est freinée ou empêchée par le dépôt d'un "impermeable" relatif. Ceci peut être le fait d'une couche sédimentaire à compaction rapide (calcaire pur) ou d'un étalement argileux abondant interrompant la sédimentation carbonatée. Naturellement, la filtration vers l'interface a un effet qui risque d'être définitivement dispersant.

La migration vers les bordures peut se heurter au transport du soluté métallique par le solvant aqueux si une proportion adéquate d'argile exerce localement une dialyse, effet que MACKAY faisait valoir pour expliquer la concentration des minéralisations sous un lit argileux, ou si le caractère inhospitalier des bordures impose cette dialyse à travers l'intercalaire argileux.

Les bordures ont à l'égard de ces migrations un rôle sélectif. Détritiques, à dominante gréseuse ou arkosique, elles accueillent préférentiellement le plomb, surtout en présence de feldspaths plus ou moins altérés et de restes carbonatés. Côté large, une barrière récifale se prêtera à la fixation de zinc dans sa masse encore vivante ou en cours de pourrissement et de fossilisation, mais on peut trouver des concentrations de plomb dans les épandages siliceux à quelque lisière que ce soit.

#### b. La mobilisation tectonique.

C'est un fait d'observation générale : il y a des "filons" dans les roches carbonatées, calcaires ou dolomitiques.

Dans beaucoup de cas, on a pu conclure à une sécrétion latérale au vu des similitudes entre les minéralisations dispersées dans les séries magasin, au titre de la concentration initiale ou des migrations diagénétiques et celles des remplissages filoniens ou fissuraux, et de la réduction de ces derniers à la traversée d'un horizon porteur. Il semble, en tous cas, que lorsqu'un accident tectonique ouvert traverse deux formations carbonatées séparées par un intercalaire "imperméable", la minéralisation contenue a des caractères distincts dans l'une et l'autre.

Il est exceptionnel qu'un gisement plombo-zincifère à géométrie fine stratiforme ne soit pas accompagné d'accidents fissuraux : diaclases, failles, brèches, etc... Mais le remplissage de ceux-ci peut être sélectif, exclusivement plombifère ou exclusivement zincifère autour d'un gisement mixte (même filonien).

Dès lors que des communications existent entre la roche minéralisée imbibée et des fractures ouvertes, toutes les modifications de température et de pression pourront être génératrices de circulations et, aux points de solubilité minimale pour le système donné, de précipitation.

Bien des indices donnent à penser que l'âge des cristallisations s'oppose à leur solubilisation, à la mobilité de leurs éléments. N'est-ce pas notre cas ?

Plus les minéraux migrent, plus ils sélectionnent leur composition. Ce sera vrai aussi des migrations à transport théorique, qui utilisera largement les mêmes canaux : la teneur en argent des galènes a tendance à décroître à mesure de la ou des migrations, de même souvent la teneur en fer des blendes.

Lorsqu'il s'agit de failles importantes qui décalent toute la formation carbonatée et les formations sus- et sous-jacentes, le remplissage minéralisé (gangue et minéral) peut naturellement occuper dans celles-ci l'espace maintenu ouvert.

### c. La mobilisation météorique.

La mise à nu des formations carbonatées, qui ont toutes à des degrés divers des aptitudes à l'infiltration des eaux météoriques, s'accompagne de leur circulation et permet la remise en mouvement de minéralisations pré-existantes et - en des sites favorables - leur re-dépôt. Ceci n'est pas seulement le fait du mouvement mécanique de l'eau de l'impluvium à l'exutoire, mais comporte aussi des déplacements ioniques des métaux, déplacements ascendants aussi bien que descendants, encore que le transport mécanique ne soit pas sans incidence, soit favorable, soit défavorable.

L'effet mécanique est dominant lorsque, en période d'infiltration abondante et notamment en situation de conduite forcée, la dissolution de la roche elle-même, l'élargissement de filons pré-existants, l'imbibition oxydante de minerais sur le parcours enrichissement les eaux en ces métaux.

L'effet de diffusion ionique se produit dans la zone d'imbibition; il bénéficie de la présence de filons ou simplement de fractures, fissures, diaclases. Lorsque la zone d'imbibition profonde déterminée par les exutoires rejoint la tranche phréatique, la diffusion atteint le sol et s'y manifeste par des anomalies géochimiques "de fuite" qui peuvent, à travers des dolomies quelque peu altérées être très intenses et très étalées.

Les remises en mouvement des métaux ne nous intéressent que si elles se traduisent par des dépôts dans des sites concentrateurs nouveaux. Il est vraisemblable qu'une part largement dominante du métal mis en solution se perdra aux exutoires au profit des anomalies géochimiques du sol ... et du plateau continental ...

Il y a deux sites principaux de dépôts :

- les sites profonds,
- les exutoires.

Les sites profonds répondent aux caractères des bassin de concentration initiale :

- des vides confinés en cul-de-sac,
- niveau d'énergie à peu près nul, le flux n'y passant pas, ou seulement dans la tranche supérieure,
- d'où activité bactérienne intense génératrice de sulfures.

L'activité bactérienne en cul-de-sac a pour résultat aussi la production de CO<sub>2</sub> qui participe pour partie à la corrosion des parois et donc à l'élargissement de la cavité, et pour partie, à la formation de carbonates métalliques, smithsonite ou cerusite, voire malachite et azurite.

Les minerais nouveaux ne sont pas, même à la quote-part près des sulfures et des carbonates, l'exacte réplique de ceux qui concentrés ou diffus, lessivés en amont ou mobilisés de l'aval, en fournissent les éléments. Dans chaque situation, chaque élément joue pour son propre compte et tel ensemble métallique mixte (Pb, Zn, Ag, Cu) se traduira dans une poche karstique par une forte concentration en Pb et Cu et une raréfaction presque absolue de Zn et Ag).

Lorsque les formations carbonatées sont peu puissantes et plissées, elles peuvent avoir un impluvium sur la tranche la plus élevée et les exutoires sur la tranche la plus basse; le site idéal pour un dépôt minéralisé est alors le fond de bateau "énergétique", où la corrosion totale de la couche va de pair avec la minéralisation.

Les formations plus puissantes laissent plus de liberté aux eaux pour choisir leurs chenaux et ceux d'entre eux qui contiennent du minerai sont souvent situés - à leur base - proche du niveau de base des eaux et ordonnés plus ou moins stratigraphiquement dans la mesure où les canaux élémentaires ont une section homo-dimensionnée : en cas de section plate, l'effondrement des couronnes développe des brèches qui en modifient l'aspect.

Les exutoires se marquent parfois - qu'ils soient déterminés par des affleurements normaux ou par des failles - par des minéralisations en encroûtements carbonatés, de zinc notamment.

Enfin, chenaux creusés par la mer ou alignements de dolines ou de profonds lapiaz, des poches ou gouttières se sont remplies de minéralisations de compositions diverses, dépôts sulfurés dans des tourbières, carbonatés, voire silicatés dans des poches superficielles, susceptibles, en outre, de modifications ultérieures.

Nous avons insisté sur ces mobilisations liées, pour une part plus ou moins grande à une situation superficielle ou à des circulations d'eau météorique qui développent des vides karstiques plus ou moins importants. C'est, qu'en effet, ce n'est que récemment que l'accent a été mis, redécouverte, sur cette genèse de gisements métallifères et notamment plombo-zincifères, au risque d'en abuser. Les évidences en sont assez nombreuses, décisives et concernent de tels districts, des Etats-Unis (Tri-State, Tennessee, ...) à la Silésie, en passant par l'Afrique du Nord, les Alpes du Sud, de nombreux gisements français, et bien entendu la Belgique où ces phénomènes, très relatés en leur temps, mais oubliés, sont essentiels notamment dans le Dinantien, pour qu'il nous ait paru opportun de développer un peu ces concepts, que nous retrouverons sur nos itinéraires belges.

La redécouverte de ces processus métallogéniques a conduit à un vocabulaire qui nous laisse très réservé et qui consiste à distinguer, selon W. CALLAHAN, entre les gisements dits "sur-inconformité" et les gisements dits "sous-inconformité". Nous venons de voir que l'inconformité, y compris actuelle, est lieu de sites favorables à concentration métallifère tant à son mur (chenaux souterrains) qu'à son toit (gouttières ouvertes, poches néo-karstiques ou comblées). Mais les gisements de concentration initiale, de migration diagénétique ou tectonique ne sont liés

à une inconformité que par l'existence d'un continent. Et il y aurait, au sens strict, à distinguer deux types de gisements "sur inconformité" ... Il nous paraît préférable de distinguer les gisements sans relation avec une inconformité : concentration initiale, diagénétique ou tectonique et les gisements reliés à une ou des inconformités.

En résumé, le schéma fondamental comporte :

1. un "continent", pas toujours, et même assez rarement, définissable à l'avance;
2. une plateforme continentale avec des bassins littoraux à caractère confiné;
3. l'apport des métaux du continent vers les bassins confinés et leur relative concentration au sein de l'ensemble sédimentaire carbonaté;
4. l'évolution diagénétique provoquant éventuellement la migration de ces concentrations relatives initiales;
5. les effets tectoniques et la mobilisation des métaux avec précipitation dans les remplissages de type filonien (s. l.);
6. en cas d'émersions qui, à quelque époque que ce soit, mettrait à nu la formation carbonatée, la mobilisation des métaux en relation avec les phénomènes littoraux et surtout avec les développements karstiques.

Dans les stades 5 et 6, la mise en communication par failles permet le passage de la minéralisation d'un aquifère carbonaté à l'autre. Sauf ces circonstances, le contenu initial d'une formation carbonatée (ou de ses bordures immédiates intégrables à l'aquifère) y est introduit à l'origine.

#### CONDITIONS D'APPLICATION A LA BELGIQUE,

Deux formations ou ensembles carbonatés contiennent, en Belgique, des concentrations plombo-zincifères.

1. L'ensemble givéto-frasnien, qui peut utilement se subdiviser en
  - Givetien à dominante calcaire et minéralisations surtout "filoniennes",
  - Frasnien, dans ses faciès biostromaux à minéralisation diffuse dans leurs bordures dolomitisées;
2. La formation dinantienne, à partir, semble-t-il, du Tn 3c, dans laquelle à peu près tous les stades évoqués par le concept sont représentés, et même avec une grande variété d'aspects.

Deux ensembles carbonatés apparaissent stériles :

- la série liasique du Sud de la Province du Luxembourg,
- la couverture crétacée.

Nous n'aurons donc rien à en dire ici.

#### REPARTITION DES MINERALISATIONS (fig. 1).

Les sites minéralisables en Pb-Zn dans l'ensemble givéto-frasnien se localisent pour l'essentiel à la bordure Sud du domaine d'affleurements (qui appartient à la "nappe de Dinant" avec de rares exceptions au bord Nord contre le massif du Brabant (Héron, Visé).

Par contre, les minéralisations dans le Dinantien se rencontrent :

- à l'Ouest du méridien de Liège, dans le seul autochtone, à l'exception absolue de la nappe de Dinant;

- à l'Est de ce méridien (qui correspond à une césure tectonique importante marquée par la torsion de l'Ourthe) dans le système de la Vesdre et son prolongement vraisemblable dans la "fenêtre de Theux";

et on peut noter une nette intensification de la minéralisation de l'Ouest vers l'Est.

Naturellement, la précarité des indices plombo-zincifères dans le Dévonien transgressif sur le massif du Brabant met en cause le rôle de ce massif en tant que fournisseur d'apports métallifères; ce massif eût, par ailleurs, été hors de mesure d'alimenter avec quelque chance de concentration les bassins sédimentaires givetien et frasnien de la nappe de Dinant, a fortiori à la lisière sud de leurs affleurements actuels. Il y aura lieu de tenir compte de ces observations dans l'appréciation des apports dévoniens.

Pour le Dinantien, le problème n'est pas plus simple. Si le massif du Brabant paraît encore assez stérile dans sa partie namuroise, la répartition des indices suggère une relative continuité, voire identité, des apports entre nappe de Dinant (sur les replis frontaux du massif de la Vesdre) et autochtone de Namur (sur le rebroussement entre Huy et Liège).

On ne saurait clore ces considérations sans faire mention de l'existence d'un stock métal dans l'environnement géologique et géographique de ces minéralisations : il s'agit de la série du Dévonien inférieur, telle qu'on la connaît entre Louveigné et Remouchamps, où les explorations géochimiques successives ont mis en évidence de fortes anomalies Pb et Zn. Le caractère métallifère du Dévonien inférieur est d'ailleurs assez habituel : on le retrouve aussi bien dans la région de Cologne qu'en Bretagne, en relation dans l'un et l'autre cas avec des influences volcanogènes. Le problème qui se pose en Belgique est de savoir si ces séries ont été en mesure de jouer, au Dévonien moyen et supérieur - puis/ou au Dinantien - un rôle dans l'alimentation des bassins sédimentaires.

Pour le géologue minier, ce problème apparaît d'abord lointain et, en quelque sorte, spécieux : la présence de minéralisations est preuve d'apports en leurs lieux et temps, preuve dont il se satisfait, avec, si nécessaire, recours à des solutions simplistes ... C'est ce que nous ferons provisoirement.

#### CARACTERES DES MINERALISATIONS.

Les minéralisations plombo-zincifères des ensembles dévonien et dinantien se présentent sous les aspects (représentatifs de processus) assez différents.

En première approximative :

1. Les minéralisations dévoniennes, surtout frasniennes, sont très affectées par l'évolution diagénétique précoce avec refoulement aux bordures dolomitisées des biostromes; la géochimie elle-même ne signale pas de concentrations initiales dans les aires intercalaires; dans le Givetien, les filons sont à peu près exclusifs et leur direction dominante est Nord-Sud; ils débordent peu les limites du terme lithologique franchement calcaire qui les contient; il s'agit souvent de fractures complexes sans rejet notable et de ce fait sans grande continuité (sauf exception); ces caractères sont surtout nets sur l'extrême lisière sud des affleurements givetiens, redressés à la verticale; sur les rides anticlinales bordières (Roly, Matagne, Ave-et-Auffe, Rochefort), les directions Est-Ouest sont fréquentes.
2. Les minéralisations dinantiennes présentent une gamme beaucoup plus ouverte et plus complexe : à des concentrations initiales mal connues et ne dépassant que rarement, sans doute, le seuil

économique, succèdent des mobilisations filoniennes surtout importantes dans la série dolomitique basale; une période très longue d'émerSIONS et sédimentations successives au cours du viséen, puis une émerSION définitive, en plusieurs épisodes à la fin de cet étage, ont eu pour effet tout un système compliqué de minéralisations à affinités karstiques (s. l.) : dolines ou gouttières, fissures, fractures et filons, remplissages souterrains, auquel s'ajoutent, à la faveur de l'émerSION actuelle entonnoirs néo-karstiques et altérations supergènes (connexes ou non).

Pour autant que ces différences ne soient pas le fait d'une connaissance moins avancée d'un domaine que de l'autre, elles traduisent des conditions géologiques particulières. Or, à première vue, les deux périodes sédimentaires ont des histoires semblables, reproduisant, sur la plateforme continentale qui prolonge le massif du Brabant, deux pulsations transgressives apparemment analogues que différencient seulement

- d'une part, l'importance des faciès biostromaux au Frasnien,
- d'autre part, l'effet mobilisateur des émerSIONS au Dinantien.

Les revisions paléogéographiques qui se sont récemment imposées élargissent le champ des variations sédimentologiques et en particulier distendent ou dissocient la connexion entre le Dévonien moyen et supérieur du "bassin de Dinant" d'une part et le massif du Brabant et sa proche plateforme continentale d'autre part. Bien que les sédiments frasniens de cette plateforme "autochtone" et ceux de la partie sud des affleurements de la "nappe de Dinant" aient pu être correctement parallélisés, les faciès n'en sont pas identiques et l'étrange serait que ce sont les plus éloignés du massif du Brabant qui manifestent les développements récifaux les plus consistants et parmi eux les étalements biostromaux au Nord (Philippeville) et les constructions biohermales au Sud (Couvin). Dans la partie de la nappe qui se prête aux examens, il y a donc à cette époque frasnienne (F2 dh) des aires relativement stables et tout d'une pièce et des aires à comportement découpé, à biohermes plus précaires, dans lesquelles les compactations différentielles refoulaient les eaux connées (au moins en partie) vers les bordures stables dont nous connaissons seulement des panneaux de frange Sud.

Comportant seulement des filons de fractures minéralisées, le givetien ne nous fournit guère de renseignements sur le contexte paléogéographique initial ou diagénétique de la minéralisation.

#### LES TYPES DE GISEMENTS SUIVANT LE DEVELOPPEMENT DU CONCEPT.

##### A. Les concentrations initiales.

Nous n'en connaissons qu'au Dinantien.

##### DEPRESSION DE VEDRIN.

Si comme nous l'avons dit, les minéralisations les plus intenses régionalement se trouvent à l'Est, qu'il s'agisse de l'autochtone ou de la région de la Vesdre, c'est vers l'extrême Ouest que l'on rencontre les indices de concentrations initiales. Ces indices prennent l'aspect d'anomalies géochimiques dans un sondage à Saint-Amand, mais surtout d'associations avec des affleurements limonitiques qui jalonnent les abords du contact de la dolomie tournaissienne avec les sédiments sous-jacents, famenniens ou plus anciens, depuis Ligny jusqu'à Gelbressée, en passant par Rhisnes, Vedrin ou Marchevelette. Des pyrites recoupées dans des sondages à Rhisnes contiennent un peu de blende, des limonites exploitées au Nord de Vedrin, des rognons de galène. Et à l'Est encore de Gelbressée, à Houssoi, au fond de la structure synclinale que limite au Sud l'anticlinal de Marche-les-Dames, de très fortes anomalies géochimiques

dans les sols nous ont conduits à exécuter quelques sondages qui n'ont rien confirmé. Au flanc Sud de ce synclinal, au Sud de Gelbressée, au lieudit Bois de Garitte, des travaux pour limonite se signalent au moins par de très fortes anomalies géochimiques.

Arguments indirects sur lesquels nous reviendrons : les minéralisations filoniennes de Ligny, de Berwimont (limonite avec galène) et surtout de Vedrin, et de Champion, dont l'affinité avec le milieu dolomitique à concentrations initiales est plus que vraisemblable.

Tout se passe comme si ces indices encadraient un bassin confiné dont la barrière Sud pourrait être constituée par l'amorce de l'anticlinal de Marche-les-Dames : on ne retrouve pas au Sud l'équivalent de Bois de Garitte : ce bassin se caractérise par un épandage de crinoïdes et de *Syringopora*, en place, basculés ou transportés, par un milieu de dolomies noires très réductrices, par des concentrations de pyrite, donc par tous les éléments favorables à une concentration initiale de plomb et de zinc. Rien n'indique jusqu'ici la présence de teneurs économiques, même si les tonnages peuvent être très considérables : rien n'indique non plus comment identifier des sites préférentiels pour des concentrations plus riches.

Peut-être :

- y a-t-il un minimum de migration diagénétique vers les bordures,
- l'étude systématique des résidus limonitiques des anciens travaux serait-elle efficace,
- le secteur du Bois Garitte - au-dessous du niveau hydrostatique - serait-il assez aisé à contrôler ?

Outre cette longue dépression, qui s'étend d'Ouest en Est sur plus de 25 km, on peut attribuer à la concentration initiale :

- la couche calaminaire de Lovegnée,
- les indices des Awirs.

LOVEGNEE (fig. 2).

Trois manifestations du phénomène initial ressortent de la documentation concernant ce gisement :

- la première, à l'origine de la découverte du gisement, est une formation smithsonitique exploitée depuis la surface sur le plateau qui domine à l'Ouest le profond ravin de la Solière;
- la seconde consiste en une plaque blendeuse observée aux niveaux  $z = 69-90$  ( $z = 90$  est le niveau du ruisseau);
- la troisième : tracée à la cote 33 est un mélange de "terres noires" à pyrite, blende et galène.

La première était importante : 300 m d'allongement, une centaine de mètres de dénivelée et une puissance de 5 à 10 m. Nous en ignorons la qualité, mais le minerai ne semble pas avoir été très ferrugineux. Les terres noires ont été tracées sur près de 200 m mais peu exploitées : peut-être la complexité du minerai le dévalorisait-elle par rapport à celui des filons. Nous savons peu de choses sur la plage blendeuse : peut-être un enrichissement relatif local ? La situation géologique étant la même, il est probable qu'il y a continuité entre ces trois manifestations.

LES AWIRS.

C'est très tôt qu'ont été observés des indices de minéralisation au contact Tournaisien-Famennien au pied du château d'Aigremont. Car DUMON (1832) signale l'existence d'une galerie à ce contact, mais avec des résultats décevants. Cette appréciation semble n'avoir pas été tenue pour définitive car les plans figurent une autre galerie, plus longue et certainement moins ancienne.

Il est probable, en outre, que des travaux auraient été attaqués sur le plateau à hauteur de l'extrémité des travaux souterrains, qui seraient responsables d'une forte anomalie géochimique localisée. L'insistance à reconnaître ce contact marque une certaine consistance de la minéralisation, mais sans doute à trop faible teneur.

Les minéralisations de concentration initiale sont obérées de plusieurs handicaps graves à l'époque de l'activité minière:

1. Les teneurs en sont toujours faibles, vraisemblablement toujours inférieurs à 5 % Zn avec des quantités variables de pyrite et des traces de galène.
2. Le minerai serait à grain très fin, ce qui posait à l'époque des problèmes de traitement quasi insolubles; l'oxydation en smithsonite en permet l'exploitation à Lovegnée; l'excès de pyrite dans la dépression de Vedrin a pour effet l'entraînement du zinc au dessus du niveau hydrostatique ou sa fixation partielle dans les limonites.
3. Au dessous du niveau hydrostatique, les quantités d'eau à exhaurer étaient incompatibles avec le faible tonnage de métal à récupérer, à partir d'un minerai très disséminé.
4. Enfin le minerai à base de blende dans une dolomie sombre, devait être difficile à voir et plus encore à évaluer correctement.

#### B. Les migrations diagénétiques.

Si notre concept ne permet pas d'exclure l'existence de migrations diagénétiques alentour des concentrations initiales que nous venons d'évoquer, aucun fait ne nous le manifeste.

#### Frasnien.

Par contre, elles apparaissent nettement dans le Frasnien du massif de Philippeville et, dans des conditions analogues mais avec moins d'intensité, dans celui de la région Durbuy-Barvaux.

Entre Philippeville et Sautour, les minéralisations, toujours à très forte dominante zincifère, se localisent exclusivement à la bordure dolomitique des biostromes F2 d-h. Les faciès encadrants, biostromes calcaires d'un côté, calcaire lité d'envasement ou de lagon de l'autre, sont stériles et se marquent comme tels en géochimie-sols. La dolomitisation est très intense : elle affecte les stromatopores branchus en en préservant la texture : c'est le cas à Villers-le-Gambon. Le phénomène se retrouve vers l'Ouest jusque dans la région de Beaumont et notamment à Solre-St-Géry (terrains communaux). La micrite de remplissage interorganismes est elle aussi dolomitisée en dolosparite.

A l'exception du Bois des Corbeaux, les minéralisations reconnues étaient toutes oxydées, "calaminaires", même largement au-dessous du niveau hydrostatique dans les sondages. Compte tenu des migrations à petite échelle qui accompagnent cette altération, il est difficile d'interpréter les textures originelles. Au Bois des Corbeaux, on reconnaît dans le minerai blendeux un faciès tout à fait identique à celui de Touissit : une dolosparite fine dans laquelle se sont développés - à partir des interstices micritiques, de petits cristaux de blende (parfois agrandis aux dépens de la dolomite), la galène et la pyrite étant très subsidiaires.

L'association exclusive des minéralisations exprimées (et très privilégiée des anomalies géochimiques) avec les faciès dolomitiques tant en étalement qu'en coupe de la formation biostromale impose à l'esprit une commune origine diagénétique liée sans doute à une présentation particulière de la matière organique, si, comme il est admis, celle-ci est favorable tant à la dolomitisation qu'à la fixation du zinc, sans interdire une affinité dolomie-zinc même sans matière organique.

### C. Les mobilisations fissurales et filoniennes.

On pourrait classer ces mobilisations par ordre d'amplitude.

1. Les minéralisations initiales et diagénétiques "bavent" dans l'encaissant proche à la faveur de décrochements de compaction, de fissures de déformation tectonique, sans rejet, de diaclases.
2. Plus importante, la fracture se développe à travers l'unité sédimentaire (ou tectonique) et devient filon, alimenté par la concentration initiale ou diagénétique (ou tout autre), ou localement, par sécrétion latérale.
3. Traversant des ensembles plissés où toute la formation carbonatée considérée, affectée d'un rejet notable, la faille peut déborder son encaissant, et le remplissage se différencier en fonction de l'encaissant.

Il y a lieu de distinguer les systèmes fracturés selon qu'ils ont permis la circulation des seules eaux d'imbibition profonde ou celle des eaux météoriques directes. Dans ce dernier cas, les conditions de remplissage sont évidemment compliquées.

1. Nous ne connaissons pas de gisement plombo-zincifère stratiforme et fut-il, selon les meilleures certitudes, de dépôt syngénétique au sens le plus strict, qui ne soit accompagné de bavures épigénétiques. Les conditions de mise en place initiale sont telles qu'il n'est pas vraisemblable qu'il ne se soit produit au cours de la lithification du complexe sédimentaire aucun déséquilibre et donc aucune mobilisation. La présence de ces bavures épigénétiques a conduit longtemps à des contresens géologiques, sur la foi d'ailleurs du contresens chimique de l'insolubilité des minerais.  
Dans le domaine de notre étude, ces bavures sont représentées par exemple, par les veinules minéralisées dans les biostromes frasniens; notons celui du Bosquetiau près de Beaumont, où l'association diagénétique est assurée par la géochimie-sols.
- 2a. Nous connaissons mieux les filons qui se sont développés dans la dépression de Vedrin, ceux de Saint-Amand, de Ligny, de Vedrin, de Champion-Grande Salle, de Berwimont. Encore que la plupart d'entre eux n'aient été travaillés qu'au dessus du niveau hydrostatique, comme mines de fer, l'abondance de limonite représentant bien la prédominance de la pyrite en profondeur. Le filon de Vedrin, largement exploité sous eau (et aujourd'hui exploité pour eau) est lui aussi essentiellement pyriteux. Mais il semble que tous contiennent une certaine teneur en Pb-Zn. C'est certainement le cas du petit filon de Ligny. C'est aussi ce que montrent les rognons de galène rencontrés dans la limonite (à l'exclusion de la smithsonite, incompatible avec ces excès de pyrite) et les indices rencontrés lors de petits travaux exécutés sous eau.  
Les filons que nous venons de citer se trouvent tous, pour leur dénivelée utile, encaissés dans la série dolomitique basale (Tn 3c - V1a ?). Semblant prolonger vers le Sud, après décalage par la faille de Landenne (?) le filon de Champion, celui de Plomcot passe dans la stampe supérieure avec des remplissages de même nature.
- 2b. La distribution structurale des filons qui recoupent le Givetien : Beauraing, Dourbes, Vierves (pro parte), et/ou le Frasnien : Vierves pro parte, Villers-en-Fagne, Ave-et-Auffe, est assez semblable à celle des filons de la dépression de Vedrin, à large dominante N. S.; dans la ride anticlinale d'Ave-et-Auffe, la composante E.-W. est importante. Dans l'ensemble de ce secteur, la pyrite est très subordonnée, la blende constituant le minéral

principal, le cédant toutefois localement à la barytine ou à la fluorine. Dans le Frasnien, il arrive qu'il soit difficile de discerner dans des orientations E. W. s'il s'agit d'une structure complexe ou de bavures à partir d'une plage diagénétique. C'est le cas à l'Ouest de Matagne-la-Grande et à Roly. Nous mettons à part le filon de Sautour, Nord-Sud, traversant une structure apparemment anticlinale non loin des minéralisations Pb-Zn du biostrome F2 dh et qui ne contient que de la pyrite.

- 2c. A Lovegnée, sur les concentrations initiales, se branchent des filons verticaux de direction NE-SW qui probablement rejoignent, sans raccords assurés, à la Sarthe, celui de Coucoufalie moins pyriteux que les premiers, peut-être parce que traversant une série stratigraphiquement plus élevée. Ce pourrait être une tendance constante, mais il est difficile de l'affirmer : la plupart des remplissages de type filonien ou fissural qui traversent la zone de transition puis la série calcaire supérieure peuvent résulter de l'intervention des eaux météoriques.
- 2d. Le filon de Theux, dont tout le tracé se trouve en domaine dolomitique basal est aussi essentiellement pyriteux, bien que contenant galène et blende en quantités variables et toujours subordonnées en quantité, sinon en valeur.
3. Il y a quelques filons qui traversent plusieurs séries ou plusieurs structures tectoniques. Nous avons évoqué celui de Sautour. Il y en a un très grand nombre dans le district de la Vesdre dont nous ne parlerons pas, cette région nous étant trop mal connue. Un cas assez typique est celui du filon de Vierves qui traverse successivement du Sud vers le Nord :
  - une barre givetienne, avec un remplissage essentiellement barytique - et après un intervalle schisteux,
  - une formation frasnienne dans laquelle la minéralisation est constituée de blende et de galène.Le filon de Durbuy, en milieu frasnien, est essentiellement pyriteux, mais se charge d'un peu de blende à la traversée d'un horizon qui se signale comme plombo-zincifère en géochimie.

Nous avons évoqué, concernant les concentrations initiales, l'effet dissuasif qu'à, entre autres handicaps, opposé l'importance de l'exhaure à leur mise en valeur et même à leur exploration sous la zone altérée. Cet obstacle valait aussi pour les filons lorsqu'ils se trouvent encaissés en milieu dolomitique, parfois bréchifié, soit par le système de fractures associées au filon, soit par des brèches para-sédimentaires dans la zone de transition et souvent altéré. Rares sont les filons qui ont été exploités, ou même reconnus au-delà de quelques coups d'épingle au dessous du niveau hydrostatique et le faciès change du tout au tout sur quelques mètres, surtout lorsqu'il s'agit de pyrite.

#### D. Les effets de circulation d'eau météorique.

D'une manière générale, les circulations d'eau météorique peuvent mobiliser les ions métalliques accessibles par le jeu du déplacement mécanique ou des diffusions par porosité, mais elles ne les créent ni ne les introduisent dans l'aquifère. Il peut arriver qu'elles empruntent ces métaux aux formations du mur et du toit immédiatement adjacents; à la limite elles peuvent utiliser une communication par faille entre deux aquifères. Dans les cas qui vont nous occuper, rien n'indique de tels comportements.

Givetien-Frasnien.

La seule émergence des formations carbonatées givetienne et frasnienne est l'actuelle, autant que l'on puisse en savoir.

Entendons par là celle qui résulte du décapage post-hercynien et a abouti au sectionnement des têtes de plis et de leurs bandes carbonatées, que ceci, à Philippeville par exemple, se soit produit avant la couverture crétacée ou seulement après son élimination. Le fait que nous ayons observé que le minerai soit oxydé nettement au-dessus du niveau hydrostatique actuel suggère qu'il y a des circulations en siphon et ce sont des conditions favorables à l'existence de dépôts minéralisés dans des sites en fond de bateau. Simplement, nous ne les connaissons pas.

De même, nous savons que les minéraux qui drainent le dévonien inférieur entre Louveigné et Remouchamps se "perdent" dans les "chantoires" qui jalonnent les vallées et les couches givetiennes et frasniennes. Il est certain que ces couches sont parcourues de cavités et chenaux karstiques, exemple : Remouchamps. Et aussi que les eaux des ruisseaux y transportent les métaux, Zn et Pb, qui abondent dans leurs sédiments. On peut conclure qu'il y a nécessairement des endroits de ces cours d'eau souterrains ou, plus sûrement, des cul-de-sac à leur voisinage, où les processus de fixation des métaux se réalisent. Mais encore, comment les localiser ? et ne sont-ils pas inaccessibles. Ne peut-on se demander toutefois s'il n'y a pas un lien entre eux et les indices signalés à Beaufays et à Chaudfontaine ?

### Dinantien.

Le Dinantien est particulièrement riche en minéralisations liées aux circulations d'eaux météoriques (ou mixtes), nous dirons, pour abréger, en minéralisations karstiques.

Ceci est dû à l'existence des trois systèmes d'émersions qui ont affecté cette série sédimentaire :

- le système des émersions intra-viséennes, qui débute avec la fin de la série dolomitique basale et se termine avec l'extension "définitive" de la mer du V 2b; nous appelons l'intercalaire, "zone de transition", dénommée récemment "Moliniacien";
- le système des émersions infra-namuriennes qui, elles aussi, ont été oscillantes;
- le système des émersions récentes (post-hercyniennes) à actuelles.

Nous aborderons les divers phénomènes liés à ces systèmes dans cet ordre, mais nous ferons dès ici une exception en faveur d'un cas de minéralisation karstique actuel qui servira ultérieurement de terme de référence. Il s'agit du gisement des Malheurs, à Héron (fig. 3).

Le gisement occupe une série de gouttières entaillées dans des calcaires nodulaires frasniens; les entailles vont jusqu'au contact avec une couche dolomitique; le pendage est faible vers le S.E. L'entaille-Est, la mieux connue avait été délimitée par les travaux anciens sur environ 250 m. et cet allongement a été très augmenté par les sondages; dans la zone des travaux miniers, la largeur est d'une vingtaine de mètres, la profondeur d'une quinzaine. Le remplissage est surtout argileux avec des passées horizontales assez riches en Zn (de l'ordre de 10 % sur plusieurs mètres et ce, jusqu'à fleur de sol) mais le métal se répartit par tiers entre smithsonite, goethite et montmorillonite zincifères intimement mêlées. La présence d'un niveau de cailloutis indique le caractère subactuel du remplissage. La géochimie-sols a mis en évidence la richesse géochimique de la couche dolomitique sous-jacente, à laquelle on peut attribuer l'alimentation des gouttières "karstiques".

### 1. LES EMERSIONS INTRA-VISEENNES.

L'existence des phases émergées au cours du viséen a été depuis longtemps signalée. On peut y discerner :

- un ravinement basal apparent, qui met un terme à la série dolomitique continue depuis la base du Tn 3c;
- les alternances calcaires et dolomitiques irrégulières, inconstantes et elles-mêmes ravinées, notre "zone de transition" ainsi dénommée en raison du caractère diachronique de ses limites;
- une transgression définitive et générale du V2b sur une surface naturellement irrégulière.

De l'expérience qui résulte tant des observations de terrain que des coupes de sondages, il résulte que cette zone de transition se caractérise par une sédimentation sans continuité, comportant des calcarenites, oolites, oncolithes, surtout vers la base dans la région d'Andenne, des alternances de dolomies et de calcaires noirs, des accidents bréchiques fréquents; de petites manifestations karstiques sont remplies soit de gros sphérolites de calcite, soit de limonite, soit d'argile brune.

Dans le domaine de la nappe de Dinant, la plupart de ces caractères ont été observés, mais ils ne sont nulle part accompagnés des minéralisations très importantes que l'on rencontre dans le domaine autochtone namurois, dans la zone de transition ou au-dessous de la surface d'émergence initiale. Les régions les plus concernées sont le plateau de Seilles et l'alignement Huy-Liège.

#### Le Plateau de Seilles. Haie Monet (fig. 4, 5, 6, 7, 8).

Deux mines ont, vers 1870, été exploitées dans le système karstique en chenaux stratifiés : Haie Monet et Velaine, et en outre, de nombreuses manifestations filoniennes, tant à Haie Monet que sur tout le plateau. On ne saurait quelle influence attribuer, dans ces derniers cas, à l'émergence intra-viséenne; probablement un rôle de relais. Sur le tout se développeront à l'époque subactuelle, des poches néokarstiques.

Les chenaux karstiques en disposition à peu près conforme à la stratification ont été découverts en suivant un filon découvert sans doute très anciennement à l'Ouest, près du ravin de Loyisse, au lieu-dit Maudits-Champs. Ce filon calaminaire à épontes tapissées d'argile, tracé vers l'Est, a conduit, un peu fortuitement, à trouver les chenaux paléokarstiques recoupés par les entonnoirs néokarstiques. La fig. 8 montre bien le dessin des chenaux, liés à des directions de diaclases, mais indépendants de la faille majeure. Celle-ci sépare une dolomie massive au Nord, d'une dolomie bréchiforme, au Sud, dans laquelle se trouvent presque tous les chenaux minéralisés, et les plus importants; il y a, au Nord, quelques infiltrations karstiques avec minerai dans la dolomie massive. La présence à peu de hauteur au toit des chenaux, d'une couche calcaire, conduit à attribuer la dolomie bréchique à la zone de transition.

Les documents miniers sont très explicites, en ce qui concerne le remplissage des chenaux bréchiques à ciment de calcite mêlée de smithsonite au dessus du niveau hydrostatique, puis sulfuré à base de blende rubanée, galène, marcassite et un peu de fluorine. Cette exploitation a nécessité l'aménagement d'un exhaure important, d'abord par travers-bancs d'écoulement débouchant au bourg de Seilles, mais d'entretien incertain au passage du Namurien, puis au moyen d'un puits proche du puits d'extraction. Au niveau -140 (cote 42) le débit d'exhaure s'élevait à 400 m<sup>3</sup>/m. C'est ce qui a limité l'exploitation vers le Sud-Est.

On est en droit de considérer que la faille guide de Haie-Monet, qui sépare deux compartiments à lithologie différente est, comme celle de Sart-Marie, postérieure à la zone de transition. Il n'est pas fatal que les niveaux de traçage extensif aient trouvé tous les chenaux, même proches, que manifestement ils ne cherchaient pas. A fortiori, tout est possible en s'en écartant.

Malheureusement, les possibilités du plateau de Seilles dans toute sa superficie, - les filons connus et tracés au dessus du niveau hydrostatique ont rarement touché la dolomie la plus élevée, - sont aussi grandes que la difficulté d'y trouver des phénomènes aussi réduits en surface horizontale et aussi irréguliers dans leur dessin; tout au plus peut-on y déceler des directions majeures de diaclases localisatrices.

Et les filons, s'ils en émanent, peuvent aider à orienter la recherche.

#### L'alignement Huy-Liège. Les Awirs (fig. 9).

Le long de la structure qui constitue le flanc Sud, rebroussé, du synclinal houiller de Liège, ou à son prolongement Ouest (Lovegnée), plusieurs manifestations plombo-zincifères jalonnent cet épisode paléo-karstique. On peut ainsi relever d'Ouest en Est :

- une petite exploitation de "calamine" à faible profondeur par le Puits 11 de Lovegnée;
- l'amas Camille, à Corphalie;
- le gisement de "Bienvenue" à Amay-Ampsins

et surtout, dans la concession d'Engis, après les indices des Kessales, les amas des Awirs.

Comme les indices des Kessales à partir des travaux de La Mallieue, les amas des Awirs ont été découverts à partir des Fagnes, d'abord en suivant un filon qui s'en échappait, et aboutissait à une formation sableuse (dolomitique sans doute) qu'accompagnaient des minéralisations en blende, galène et marcassite.

A chaque niveau de traçage, issu d'abord du Puits des Fagnes, puis du Puits des Awirs, pour gagner à la fois de la dénivellée, de l'allongement et de l'autonomie, les réseaux de galeries très denses et tortueux montrent combien atteindre les fines structures minéralisées était aléatoire, mais aussi combien c'était attrayant. Actuellement, il n'est guère possible que d'en dessiner les enveloppes aux divers niveaux et pour chacun des trois amas principaux, l'amas n° 4 n'ayant été qu'effleuré; il semblerait plus "décousu" et, là où il a été touché, plus plombé.

Les amas se situent en position stratigraphique à peu près concordante, - on dispose de trop peu de repères pour préciser davantage, - et dessinent, reportés sur un plan vertical parallèle, en direction horizontale à la stratification d'ensemble, une disposition en zigzag à deux directions à angle aigu. L'ensemble des Awirs s'étend en direction sur plus de 600 m et en dénivellée, sur plus de 150 m, compte non tenu de la zone altérée au-dessus du niveau hydrostatique. Rien ne permet d'assurer qu'il ne se poursuit pas davantage dans l'une et/ou l'autre directions. Les impacts ponctuels qu'auraient fournis des galeries issues des travaux au contact namurien sont trop espacés pour le garantir.

Il n'y a pas d'indices d'une communication par filons entre la minéralisation pauvre de concentration initiale au contact du Famennien et les amas des Awirs, mais on ne peut écarter l'idée d'une telle alimentation, fût-ce par filtration diffuse à travers la dolomie. A titre d'hypothèse de travail, une exploration géochimique du contact, qui pourrait être plus aisée et plus cohérente que celle de la zone de transition pourrait n'être pas inutile pour sélectionner les aires éventuellement favorables.

## 2. LES EMERSIONS INFRA-NAMURIENNES.

Dans la partie orientale de l' "autochtone namurois", au moins, la partie sommitale du viséen fait défaut (fig. 10). Cette

absence se marque brutalement à partir du méridien d'Andenne, à quelques nuances près. Par exemple, entre Andenne et Sclayn, une importante poche remplie de sédiments namuriens s'enfonce dans le Viséen jusqu'au sommet de V2 b (sondage de Rouvroij) voire même plus profondément au château de Cherimont. Une couverture géophysique en a bien montré les contours, qui se tracent en outre par des anomalies Pb-Zn dans le sol, autour d'ailleurs d'un petit travail minier qui paraît avoir intéressé des fissures minéralisées dans un piton calcaire résiduel.

Dès que, venant de l'Ouest, on aborde ce domaine à Viséen fortement amputé, la minéralisation se manifeste en relation avec le remplissage des poches. On dispose ainsi d'indications ou d'observations au Boltri (Seilles) et à Tramaka (carrière) et elles se multiplieront et se diversifieront ensuite :

- petites poches au contact : travers-bancs Nord de Thiarmon et entrée de celui de Ben;
- élargissement de fractures avec minéralisations : Thiarmon (Sud), Roua, Ste-Marie, et surtout, entre Huy et Liège :
- importantes poches ouvertes : Sainte-Barbe et Alice, à Corphalie, les Fagnes à Engis;
- réseaux karstiques souterrains (en tout ou partie) : La Mallieue-Le Dos à Engis.

La densité des indices qui jalonnent ce contact anormal peut être oblitérée soit par les masques naturels (vallée de la Meuse) ou artificiels (très abondants), et aussi par le jeu d'accidents tectoniques, comme les failles plates connues à Corphalie et dont tout le bassin de Liège ("plats-crins"). La présence de l'horizon à ampélites à la base du Namurien H serait une bonne garantie de l'absence de tels accidents.

Le passage du Viséen supérieur au Namurien s'effectue en deux temps. Au cours du Namurien E, l'érosion (dont on ignore le début) s'arrête, le terrain s'aplanit et les poches se remplissent de sédiments marins dans les parties basses ou profondes, de matériaux ferrifères et continentaux sur les bords de plateformes non encore inondées. Après une nouvelle régression de la mer, celle-ci revient au Namurien H et s'installe de façon décisive sur toute la région dont les reliefs calcaires demeurent irréguliers. On peut y distinguer des chenaux en forme de gouttières, mais aussi des bosses et, entre les bosses, des dépressions plates et étendues où se déposent des schistes ampélitiques qui seront exploités. Quelle qu'elle soit, cette sédimentation marine du Namurien H se caractérise partout par une stratification régulière qu'ont relevée les mineurs du siècle dernier par opposition aux argiles en boules à allure bréchiqne, ...

#### Les Fagnes (fig. 11).

Les coupes du gisement des Fagnes sont très éloquantes.

On y observe :

- sur les bords de la poche, des ocres rouges, estimées par endroits "minerai de fer" qui nous rappellent les "Malheurs";
- dans la poche :  
au fond, s'attaquant à l'éponte calcaire, une croûte de smithsonite, puis, au contact du minerai de fer, un liseré de galène qui le sépare de l'argile noire et, ces paquets d'argile noire contenant des sulfures de fer et de zinc, sur lesquels se développait une végétation dont il subsiste des racines;
- recouvrant l'argile noire à racines, les "schistes stratifiés".

Tout indique que le remplissage initial d'une gouttière ouverte, remplissage à composante ferrugineuse et oxydante s'est trouvé réduit par le développement d'une tourbière. L'évolution réductrice a comporté : libération du Zn de ces associations, refoulement à l'éponte calcaire et incrustation de smithsonite, fixation de blende (et de pyrite) dans l'argile noire et de galène au contact oxydant-réducteur.

#### Le Dos (fig. 12, 13).

Si nous nous déplaçons environ d'1 km vers le Sud-Ouest en suivant le contact, nous arrivons au gisement du Dos. Celui-ci occupe ce qui était aussi et demeure partiellement, une gouttière à remplissage de "minerai de fer", dans laquelle débouche un réseau karstique souterrain à minéralisation sulfurée. Amené par l'érosion au voisinage de la surface, l'altération a transformé en smithsonite une partie de la blende, mais la transgression du Namurien H a joué à nouveau un rôle réducteur assez analogue à celui des argiles noirs aux Fagnes : libération du Zn et incrustations sur les calcaires. L'érosion antérieure avait été assez puissante pour dénuder largement les chenaux karstiques. On note aussi, au Dos, ce qui est fréquent dans les environnements karstiques, des vides actuels.

#### La Mallieue (fig. 14, 15).

Encore 2 km à l'Ouest, on ne retrouve plus trace, à La Mallieue, de la gouttière initiale des Fagnes ou du Dos; l'échancrure que montrent les plans est recouverte de Namurien H qui bouche les entrées érodées des chenaux minéralisés demeurés presque entièrement souterrains. La projection sur un plan vertical parallèle, en direction, à la stratification, montre sur 350 m de dénivelée, la disposition initiale des chenaux, à pitch S W fort, conforme, aux niveaux inférieurs, à celle d'une légère dépression superficielle, mais tout à fait différente de celui du filon; il y avait probablement un double système de diaclases.

DE RAUW nous donne de La Mallieue une description bien éclairante et une interprétation satisfaisante, à une réserve près. Au dessous de la partie du gîte soumise à l'altération supergène, la calamine, nous dit-il, "fait place à des sulfures qui, au niveau de 137 m atteignent un développement remarquable sous forme de nombreuses poches se ramifiant et se reliant par des digitations aussi bizarres qu'imprévues".

Au sein des poches, des blocs argileux de calcaire et parfois de phanites houillers sont enveloppés de calcite, de pyrite et de blende en couches alternantes, avec cristaux irrégulièrement distribués de galène, enfin de marcassite et calcite de remplissage terminal.

Là où DE RAUW dit "calcaire", les plans de mine disent "dolomie".

DE RAUW note aussi une différence entre les poches et le "filon" : dans celui-ci, peu de pyrite et davantage de galène. Mais des plans de mine figurent une dolomitisation des épontes du filon.

Il est difficile de ne pas y voir un effet de la migration des métaux à partir d'un milieu dolomitique, le niveau Awirs-Kessales, avec influence dolomitique conjointe.

L'évolution paléogéographique que nous avons suivie des Fagnes à La Mallieue conduit

- à estimer que, vers le N. E., si l'on peut trouver d'autres gîtes du type "Fagnes", ce que les indices géochimiques et des observations de terrain et de sondages autorisent, la découverte de

gisements du type "La Mallieue", en réseau souterrain, est improbable;

- à envisager que les réseaux souterrains ont tendance vers le S.W., à se développer à des profondeurs (par rapport au contact) de plus en plus grandes et, de ce fait, à échapper aux manifestations qui ont pu être liées au contact lui-même.

Les élargissements filoniens.

Des fractures qui affectaient l'ensemble carbonaté dinantien avant l'intervention des remplissages namuriens avaient déjà été élargies par les circulations d'eau météorique sans nécessairement localiser alors de minéralisations. L'invasion marine ou lagunaire au Namurien E ou H suivant les endroits, a provoqué à la fois un remplissage de terres réductrices et, à cette faveur, une migration des métaux depuis les sites sous-jacents déjà minéralisés.

Thiarmont - Le filon de Thiarmont, à Andenelle, coupant verticalement la ride anticlinale de Bonneville, présente au seul versant Sud de cette structure, un réseau très effiloché de fractures plus ou moins ouvertes remplies de terres noires plombo-zincifères et, aux étrointes des veinules de belle blende. Le phénomène se limite à une cinquantaine de mètres sous le contact (du moins au niveau économique).

Sart-Marie (fig. 16) - Le long d'une faille du système de Haie Monet, s'est développé, au niveau des travaux principaux (-65 par rapport au sol) un très important élargissement, atteignant une quarantaine de mètres, jalonné sur 400 m. Le remplissage est fait de terres noires dont on a estimé trop pauvre la teneur en plomb ... La faille met en contact, sur toute l'extension horizontale des travaux, une lèvre Nord calcaire et une lèvre Sud dolomitique.

### 3. LES EMERSIONS RECENTES ET ACTUELLES.

#### ALTERATIONS SUPERGENES ET PHENOMENES NEO-KARSTIQUES.

Nous distinguerons, parmi les effets oxydants liés à la géomorphologie actuelle :

- les altérations météoriques des concentrations initiales, des mobilisations diagénétiques et tectoniques,
- l'attaque des minéralisations d'origine karstique exposées par leur tranche,
- le résultat de la formation d'entonnoirs à travers des formations carbonatées minéralisées.

#### a) Altérations météoriques "banales".

Dans les aires à concentration initiale très chargée en pyrite, comme la dépression de Vedrin, les bandes oxydées-marginales, riches en limonite, ne semblent pas contenir de smithsonite en dépit de la présence de Zn dans la concentration saine : Et il en va de même des filons de ces aires. La smithsonite ne résiste pas à l'acidité qui résulte de l'oxydation de la pyrite. Dans les filons, par contre, la galène subsiste à l'état de rognons.

Il a fallu sans doute qu'à Lovegnée l'horizon dolomitique basal ait une minéralisation très riche, relativement en zinc, dans certaines plages, pour qu'ait été conservé un important placage calaminaire et peu ferrifère : à moins que, ce que l'on rencontre parfois, le fer n'ait migré plus haut...

Sur le plateau de Seilles, au-dessus du niveau hydrostatique, la smithsonite devient le minerai dominant, avec un peu de galène, des restes de blende, de la calcite et souvent un filet

d'argile aux épontes. Tout se passe comme si la migration ascendante à partir des chenaux intra-viséens et à travers les calcaires (et non à travers les dolomies) répondait à des sélectivités différentes.

On peut considérer de même l'altération des filons dans le Givétien-Frasnien, tant dans la nappe de Dinant que dans l'autochtone.

L'altération des minéralisations blendeuse du contexte biostromal de Philippeville présente deux caractères notables :  
- elle consiste en une diffusion de la smithsonite en masse et en fissure dans la dolomie, très semblable à celle qui, il y a très longtemps, un de nos amis a remarquablement décrite sans l'avoir, à notre regret, éditée, dans le gisement de Touissit ;  
- elle se prolonge bien en dessous du niveau hydrostatique, ce qui est exceptionnel dans les cas que nous venions d'évoquer, mais habituel à Touissit.

#### b) Altération météorique sur tranche karstique.

On peut prendre comme type le cas de La Mallieue, le mieux connu et décrit par DE RAUW :

"Le sable qui surmonte le gisement, et dont on retrouve fréquemment des poches isolées à diverses profondeurs, est brun rougeâtre, à grain très fin, plus ou moins argileux, contenant même des intercalations d'argile plastique brune; il ressemble fort, sauf la couleur, à celui de la bande de sable qui s'étend le long du contact du calcaire et de la dolomie carbonifère"...

"Nous avons retrouvé dans d'anciens travaux - au niveau de 46 m (au-dessus du niveau d'écoulement ?) des échantillons de calamine. Cette calamine des anciens est un mélange de carbonate et de silicate de zinc associés à de l'argile et à une forte proportion d'oxyde de fer hydraté ..."

On a remarqué que la calamine était surtout dominante vers le périmètre du contact du gîte et du calcaire et que le centre était plus terreux et contenait une proportion d'oxyde de fer plus considérable..."

Les coupes du Dos (fig. 13) montreraient en outre, tout en confirmant l'affinité, très générale, de la calamine avec l'éponte calcaire, une résistance à l'oxydation des chenaux sulfurés au contact, ou au voisinage du contact, des schistes namuriens; tout se passe comme si l'oxydation récente avait été guidée surtout par le contact entre les chenaux et leur mur calcaire et induite par une circulation en siphon responsable, les eaux n'y étant plus oxydantes, des vides actuels. Au cours de cette oxydation, les chenaux auraient fourni des hydroxydes de fer par diffusion dans le sable.

#### c) Les entonnoirs néokarstiques.

Nous examinerons trois cas qui apportent des éléments communs et des éléments complémentaires, ceux de Haie-Monet, de "Steinbach" et de Theux (Rocheux).

##### c.1. Haie-Monet.

Les entonnoirs karstiques de Haie-Monet ont été mis en place à la faveur des grandes failles où s'est logé le filon principal dont le traçage a été l'axe de développement du gisement. Ceux de ces entonnoirs qui ne se sont pas trouvés en contact avec les chenaux sulfurés, mais seulement avec le filon, à remplissage calaminaire (avec galène) dominant, ont provoqué seulement des incrustations calaminaire aux épontes de l'entonnoir, et ce sont les maxima d'intensité de ce phénomène à

l'intersection du filon qui ont été surtout (voire seulement) appréciés des mineurs.

L'entonnoir le plus riche (fig. 17) s'est trouvé recouper en même temps (convergence de diaclases ?) le filon et le chenal paléokarstique, à une altitude où ce dernier est en grande partie sulfuré. Le résultat de ce sectionnement à l'emportepièce a été, en même temps que l'oxydation des sulfures, le refoulement à la périphérie des produits de cette oxydation : comme partout, la smithsonite incruste le carbonate encaissant, bordé, à l'intérieur, de plages de cêrusite; le noyau central est formé de sable et d'argile (non distingués sur les plans).

Le fond des entonnoirs les plus profonds contient des terres noires minéralisées en sulfures, dont on connaît mal la qualité, mais qui, même lorsque s'y associe un développement karstique lié sans doute à l'activité bactérienne, n'a pas dû être compétitive, à niveau donné, par rapport à celle des chenaux au moment de l'arrêt de l'exploitation.

### c.2. "Steinbach".

Ce petit gîte situé à l'Ouest de Thiarmon, sur l'autre versant du ruisseau d'Andenelle, est assez instructif. L'érosion assez récente de cette calotte namurienne qui recouvrirait et protégeait le bombement anticlinal jusqu'à ce que l'écoulement du ruisseau vienne la décaper, a mis à jour une poche, sans doute remplie alors de sédiments de Namurien; cette poche a alors subi sur place une oxydation partielle et les remplissages des vides par l'argile transformée et au centre par du sable. Ce sable s'est partiellement cimenté en quartzite ("phtanite" des mineurs). Le zinc demeure sous forme de blende, associée à pyrite et galène, au centre et au fond de la poche, à mi-gré aussi à l'état de puissants encroûtements de calamine contre les épontes et dans des ouvertures larges et irrégulières au N. E.

L'existence d'un remplissage namurien originel est indiqué par le sondage, qui a recoupé une poche satellite intacte. Ce sondage n'a par contre rencontré aucune trace de fracture dans l'encaissant calcaire, ce qui n'interdit pas formellement l'existence d'une telle fissuration, suggérée par le développement calaminaire au N. E., avec un pendage N. W. L'alimentation en métaux est-elle autonome, par une telle fracture, la diffusion étant moins efficace en milieu calcaire (V2b - V3) qu'en milieu dolomitique, et dans ce cas y aurait-il un relais paléokarstique au niveau de la zone de transition ? ou la fissure directrice rejoint-elle le filon de Thiarmon, avec un relais à l'égard de celui-ci ?

L'intervention directe de l'oxydation du filon de Thiarmon comparable à ce qui se passe à Theux, est ici exclue, le filon ayant été plus protégé de l'oxydation par la culotte namurienne que ne l'a été la poche de Steinbach.

### c.3. Theux (Rocheux) (fig. 18).

Le district minéralisé de Theux, en dépit de la multitude d'indices soit plombo-zincifères, soit limonitiques mais sans doute, - la géochimie le suggère, - à participation zincifère, s'ordonne pour le principal autour du filon : celui-ci, long d'au moins 2 km, d'une puissance qui atteint 8 m, à très nette prédominance pyriteuse, a été reconnue depuis les abords de Sohan, au Nord jusqu'à l'entrée dans le Famennien au Sud. Le tracé Nord a été jalonné par segments à partir du travers-bancs foncé pour des nécessités d'exhaure à partir de la rive de la Hoëgne à la sortie de Pépinster. L'oeil du T-B est actuellement

occupé par un captage d'eau sur la galerie. Celle-ci, jusqu'aux abords de Sohan, a traversé le Dévonien inférieur de la carapace tectonique de la fenêtre de Theux, non sans y rencontrer des indices filoniens dont le raccord a été proposé, mais non établi, avec le filon de Theux proprement dit. Celui-ci est très bien connu au Sud, au Rocheux, où il a été exploité sur 175 m de profondeur sous la surface (cote 240).

L'oxydation de ce matériel pyriteux a pu se produire à partir de l'érosion de la carapace qui dans cette région reposait sur le filon à la cote 260 environ, cote qui jalonne le contact à quelques centaines de mètres à l'Est. C'est le creusement de la vallée de la Hoëgne, tributaire de celui de la Vesdre et se répercutant le long de la route de Verviers, qui a entraîné et la dénudation du filon et le drainage des eaux à travers l'encaissant dolomitique.

L'effet sur le filon en a été une très intense oxydation qui s'est exercée jusqu'à la profondeur de 70 m environ, au-dessous de laquelle le filon est sain. Le matériel oxydé est surtout argileux et limonitique avec des fragments de dolomie.

Au Rocheux, à la lèvre Ouest du filon, et à partir de la profondeur de 70 m (cote 170) se développent dans la dolomie des plages calaminaires qui forment la bordure d'un profond entonnoir allongé, comme suivant une fracture SW-NE. L'entonnoir a été reconnu minéralisé encore à 144 m de profondeur, soit à la cote 96, très en dessous du niveau hydrostatique. Et cette minéralisation, depuis l'altitude 170, est exclusivement oxydée, sans traces de sulfures, ce qui surprenait profondément les mineurs du siècle dernier et les portait à mettre en question les idées en cours.

La structure de l'entonnoir est la suivante :

- sur tout son pourtour, à pentes Nord et Sud symétriques à la partie supérieure, puis devenant parallèles et pendant Sud vers le fond, une couche de calamine recouvre la dolomie encaissante,
- des plages de cérusite reposent vers l'intérieur sur la calamine,
- cet ensemble minéralisé est recouvert d'argile
- et le centre est rempli de sable assez largement cimenté en quartzite blanc veiné d'ondulations brunes; ce quartzite ressemble tout à fait aux chapeaux qui marquent en affleurements le filon (à remplissage partiellement calcitique) du J. AOUAM (Maroc).

D'autres entonnoirs ressemblent de plus ou moins près à celui du Rocheux et sont représentatifs du même phénomène : il nous paraît justifié d'admettre que les eaux issues de l'altération du filon ont été amenées dans ces entonnoirs néokarstiques :

- à fixer le fer à l'état d'hydroxydes dans les parties supérieures les plus oxydantes;
- à fixer le plomb à l'état de carbonate et le zinc à l'état de carbonate et de silicate (dû à la présence de sables dont la recristallisation prouve la mobilité) à des niveaux plus profonds, où les acides libérés par l'oxydation de la pyrite (et le dépôt des hydroxydes) provoquaient les échanges entre l'encaissant et les eaux métallifères.

#### c.4. Caractères communs aux gisements néo-karstiques.

Ces gisements proviennent d'une intervention géochimique des eaux météoriques sur des minéralisations sulfurées, intervention qui est de même nature que les altérations supergènes banales tout en apportant les données spécifiques susceptibles d'être néanmoins éclairantes dans tous les processus.

L'observation dominante, qui a choqué les mineurs du Rocheux, est que l'on peut trouver des minéralisations carbonatées ou silicatées de plomb et de zinc à toute altitude par rapport à celle du niveau hydrostatique actuel et a fortiori en général, fossile, ce niveau ayant tendance habituelle à s'abaisser avec le temps. Ceci n'est pas une nouveauté; nous l'avons constaté tant en milieu filonien (J. AOUAM ) que stratiforme (Beddiane/Touissit) mais ce processus ne peut se produire que si les eaux chargées en ions  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  sont en outre suffisamment acides pour attaquer le calcaire ou la dolomie. Il a été montré que, in situ, l'oxydation de la blende suffit à fournir cette acidité (et à déposer du Gypse). L'existence de fractures où la circulation des eaux est rapide, puis freinée, est aussi nécessaire, mais à condition que l'activité bactérienne soit empêchée (rapidité des circulations, manque de matière organique, etc..).

Au fond, la stagnation et la décantation de la matière organique favorisent cette activité et la formation, totale ou partielle, de sulfures.

A l'inverse, le fer migre vers le haut et se fixe à l'état d'hydroxyde qui peut entraîner des quantités variables de Zn et (généralement moindres) de Pb.

La structure des entonnoirs apparaît constante :

- l'attaque du carbonate encaissant se traduit par une substitution plus ou moins profonde du calcaire ou de la dolomie par de la smithsonite; il est peu probable qu'il y ait là mélange de silicate;
- le dépôt de carbonate de plomb semble plus tardif et, en tous cas, se trouve à l'intérieur de la série smithsonitique encroûtante; la cérusité se mélange de calamine, d'argile et/ou de sable;
- dans le milieu sableux siliceux, le zinc peut se fixer à l'état de silicate plus ou moins mêlé de smithsonite (surtout si le sable est partiellement calcaire ou, plus couramment, dolomitique);
- au centre, le sable siliceux se cimente en quartzite, - les phtanites sont-ils vraiment houillers à La Mallieue ? - ce qui montre la sensibilité de la silice aux variations du milieu et sa disponibilité pour former du silicate de zinc.

De même que les circulations d'eau météorique à travers un dispositif karstique ne créent pas de minéralisation mais seulement la déplacent et, dans certaines circonstances la concentrent (et dans d'autres cas la dispersent), de même et plus encore, l'activité néo-karstique est liée de près à la minéralisation concentrée pré-existante.

## ESSAI DE SYNTHÈSE.

Du fait d'une histoire géologique plus différente qu'il ne paraît à première vue selon que l'on considère le Givetien-Frasnien ou le Dinantien, ces deux ensembles carbonatés présentent des caractéristiques géologiques qui, pourrait-on dire, les opposent. Si l'on exclut les mobilisations liées aux fracturations, surtout tectoniques, et qui sont communes aux deux formations, n'en différant que par des particularités, les autres termes du schéma conceptuel ne se manifestent que dans l'une ou l'autre :

les concentrations initiales dans le Dinantien,  
les mobilisations diagénétiques dans le Frasnien,  
les concentrations de type karstique s.l., dans le Dinantien,

ce qui ne permet pas de conclure à leur absence dans l'autre domaine.

Et encore faut-il rappeler que le domaine dinantien est stérile dans la nappe de Dinant.

Les concentrations initiales s'étendent parfois sur de vastes étendues, dans la dépression de Vedrin, par exemple, mais elles paraissent ailleurs curieusement ponctuelles; les teneurs en sont certainement faibles, elles ont, sauf l'exception de Lovegnée, toujours été négligées de ce fait. Comme c'est à leurs dépens que ce sont développés les divers processus ultérieurs de mobilisation, l'intensité de ceux-ci peut-être à une certaine échelle, un indice négatif.

Les mobilisations diagénétiques, liées aux biostromes frasniens, et plus strictement aux faciès bordiers dolomitisés ne se sont concentrées que sur des extensions faibles à en juger par la dimension longitudinale des anomalies géochimiques qui les signalent, et l'intensité en est habituellement très modeste; l'oxydation intense à des profondeurs relativement grandes peut en représenter un notable lessivage.

Les concentrations liées aux circulations d'eaux météoriques, elles-mêmes consécutives à une époque et à des sites d'émergence se présentent sous trois formes principales :

- les chenaux souterrains, qu'ils soient d'époque intra-viséenne ou infra-namurienne, ont des caractères communs :
  - une assez bonne conformité stratigraphique à la faveur (et en dépit) de très fins diastèmes guides, tant dans ou sous la zone de transition et en milieu partiellement dolomitique, qu'au sein du V3a calcaire;
  - une section homodimensionnelle du chenal élémentaire (chenal ou tuyau) et son guidage par des systèmes de diaclases autant que par les diastèmes; la grande liberté de circulation des eaux dans une formation carbonatée épaisse, - les chenaux minéralisés ne représentent que des cul-de-sacs, des passages peu fréquentés ou abandonnés, - n'a pas favorisé la formation de cavités plates comme dans le cas de couches carbonatées peu épaisses et à circulation en siphon;
  - un remplissage constitué d'une brèche à fragments carbonatés et à enveloppes de blende zonaire, à cristaux dispersés de galène, à pyrite et, finalement, de marcassite et calcite; la nature du carbonate des fragments est ambiguë à La Mallieue; ce qui pose un problème; il serait normal que le carbonate provienne de l'encaissant;
  - des teneurs en blende élevées, comme en témoigne à l'évidence l'insistance des mineurs, tant à La Mallieue qu'aux Awirs et à Haie-Monet, malgré les exigences de l'exhaure;
  - des difficultés de repérage, presque les mêmes aujourd'hui qu'hier, en raison des faibles surfaces d'impact, et de l'indépendance relative de ces réseaux par rapport aux irrégularités du contact namurien;
- les gouttières ouvertes ont été en quelque sorte, en leur temps, des poches néo-karstiques; elles ont évolué en fonction de leur situation, - la "tourbière" des Fagnes, - et de leur fossilisation (Le Dos);
- les entonnoirs néo-karstiques sont, en définitive, des épi-phénomènes qui n'ont même pas le mérite de signaler efficacement leur nourrice.

Après ces caractères de ce qui est connu, peut-on évoquer le possible inconnu.

Si l'on applique au Frasnien (et au Givetien) l'intérêt que l'activité karstique vient de retenir longuement ici, au Dinanien, deux possibilités sont ouvertes.

La plus simple, et la plus évidente, consiste dans le remplissage des cavités karstiques givetiennes et frasnienne, dont on sait qu'elles existent, par des matériaux métallifères, dont on sait aussi qu'ils existent et y entrent, provenant soit de la série givétienne et frasnienne elle-même (aux abords de Han sur Lesse) ou du Dévonien inférieur (près de Remouchamps).

Aussi simplement, mais moins certainement, il est permis d'admettre, comme hypothèse de travail, que l'oxydation et le lessivage des minéralisations du Frasnien biostromal du massif de Philippeville ont alimenté en métaux les eaux qui y descendaient.

Ces métaux, ou bien, et certainement pour partie, sont venus alimenter sources et ruisseaux à des taux indécelables sans doute, ou bien ont été fixés dans des sites favorables que nous avons définis : fonds de bateau, zones de freinage de la circulation, cul-de-sacs, ... à la faveur d'une activité bactérienne. A priori, ces sites occupent les fonds de synclinaux.

Encore est-il nécessaire d'être bien fixés sur les structures .

### SUR QUELQUES IDEES STRUCTURALES (FIG. 19).

Ce raisonnement issu d'un cas bien concret, nous a conduit à reprendre un dossier que nous avons clos il y a quinze ans. En 1961, nous intéressés à l'Entre Sambre et Meuse, et particulièrement à la région de Philippeville, nous avons adopté, tout banalement, l'hypothèse d'une série plissée à anticlinaux et synclinaux normaux successifs et, levant une cartographie locale, couvrant en géochimie, piquant par sondages les anomalies ou indices, nous n'avons pas été plus loin que les limites de nos mouchoirs de poche de mineurs. Nous n'avons même pas remarqué :

- a) que tous ces synclinaux et anticlinaux donnent au niveau biostromal F2dh qui nous intéresse seul, une disposition isoclinale à pendage de l'ordre de 45° Nord, en opposition avec tout le style tectonique de la Belgique, qui atteste une contrainte permanente du Sud vers le Nord;
- b) que certains leviers au 1/10000, notamment près de Sautour, comportent un empilement tectonique de deux unités,
  - l'une à F2dh en dôme sur une série F2ab - F2dh - F2ij,
  - l'autre à F1a également en demi-dôme, sur une autre série F2ab - F2dh, F2ij appartenant à l'unité précédente.

Nous n'avons pas revu depuis cette époque ces affleurements, mais nous n'avons aucun motif pour les imaginer ainsi.

Le sondage de Focant pose des problèmes et apporte des éléments qui peuvent nous éclairer.

Ce sondage nous donne deux informations essentielles :

- a. Contrairement aux prévisions, il a recoupé un ensemble plissé et écaillé tel que l'on voit revenir à trois reprises une couche frasnienne repérable F2gh, les structures étant, pour les plus significatives, à faible pendage;
- b. Au delà de l'échelle de ces plis et écaillés, il y a les ordonnancements d'ensemble :
  - du haut vers le bas, la dominante est successivement famenienne, puis frasnienne et enfin, au fond, on recoupe du Givetien.

Bien que le sondage ne nous le fournisse pas explicitement, le premier postulat admissible est que, la tectonique responsable

étant une poussée Sud-Nord, le pendage constaté est faible vers le Sud.

Et la conséquence qui en découle est la suivante : la tectonique de poussée Sud-Nord a plissé en accordéon puis couché et écaillé une série qui comportait, du Sud au Nord une dominante d'abord famennienne puis frasnienne, puis givetienne... puis, rien ne s'y oppose, du Devonien inférieur.

Le second postulat admissible est le suivant : le Dinantien de la nappe de Dinant se présente en accordéon pointu à axe fréquemment vertical, qui ne s'accorde pas avec le système "de Focant", et on peut retenir que ce dernier représente une tectonique antérieure au Dinantien... et que le Dinantien repose en discordance sur la série plissée dévonienne. Elle n'a pu être plissée en accordéon qu'au cours de la phase tardive (post)-namurienne qui a vu se développer le chevauchement de la nappe sur l'autochtone avec, localement, de Huy à Liège au moins, rebroussement de ce dernier.

La conséquence en est que le plissement en accordéon du Dinantien de la nappe s'est imposé aussi au système plissé et écaillé sous-jacent, dont les affleurements frasniens du massif de Philippeville font partie en tant que têtes anticlinales plongeantes.

Et vraisemblablement, les "anticlinaux" bordiers de Roly-Matagne et Ave-et-Auffe sont de simples éléments de la série pincée... et l'ensemble vertical au bord Nord du massif de Rocroi, participant à la poussée, aura pu chevaucher quelque peu le système écaillé.

Nous avons vu qu'il devait y avoir au Nord de Focant, un ensemble stratigraphique qui pourrait comporter du Devonien inférieur: c'est contre cette formation que s'étendait au Sud le Givetien et, plus tard, l'ensemble biostromal frasnien en constituant la plateforme épicontinentale et en recevant son approvisionnement en métaux. C'est vraisemblablement ce massif, sorte de Paléo-Condroz, qui a servi de butoir à la tectonique famennienne. Celle-ci a noyé tout ce qui précédait et le Dinantien de la nappe (déjà très fortement amorcée) est demeurée stérile.

Si cette interprétation peut être assez cohérente pour le panneau de Dinant, elle ne prétend résoudre tous les problèmes, ni pour ce panneau ni, a fortiori, pour celui de Stavelot, où elle en poserait de nouveaux. Pour le panneau de Dinant, il faut sans doute accepter l'idée que sous la partie Nord de la plage dinantienne seule l'unité basale du système de Focant subsistait, de même qu'à son flanc Est. Ici la continuité cartographique intègre le Devonien inférieur de la carapace de la fenêtre de Theux.

Dans ce panneau, l'abondance des minéralisations plombo-zincifère dans la fenêtre comme dans tout le massif de la Vesdre, s'oppose à la stérilité du Dinantien de la nappe dans le panneau de Dinant.

Nous proposons à la réflexion des tectoniciciens l'interprétation suivante :

- a) Au Dinantien, la fenêtre de Theux appartient à l'autochtone en continuité avec le massif de la Vesdre et le Devonien inférieur de l'enveloppe de Stavelot leur fournit leur minéralisation.
- b) Au Namurien, le panneau de Stavelot se déplace vers le Nord, poussant devant lui l'autochtone, plissant et écaillant le massif de la Vesdre et à un moindre degré (faille du Rocheux) la région de Theux.
- c) Plus tard, le décollement de la faille Midi-Condroz entraîne le chevauchement du Devonien inférieur par dessus la fenêtre de Theux et, sans doute, rajeunit le système écaillé de la Vesdre, en partie grâce aux décrochements NNW-SSE caractéristiques de ce panneau.

Le géologue minier sort de sa mine. A la sortie du travers-bancs, sans doute a-t-il été ébloui, ou victime d'un mirage. Peut-être attaché à demeurer géologue, donc historien, a-t-il cédé à la nécessité intérieure de savoir d'où et comment venait "son" minerai, "son" plomb et "son" zinc, et accordé trop de signification à cette démarche. Peut-être aussi n'a-t-on pas encore assez pris l'habitude de considérer les minéralisations comme des phénomènes géologiques, elles aussi.

## CONSEQUENCES POUR LA RECHERCHE.

Nous avons suivi l'évolution des processus qui aboutissent à la formation de divers types de gisements. Ces processus s'ordonnent et se combinent les uns aux autres selon les conditions géologiques régionales qui définissent des aires à minéralisations relativement homogènes; ces aires elles-mêmes peuvent être découpées par les modifications structurales ultérieures en sous-aires qui se présentent très différemment sous l'angle de la prospection.

Nous avons pu constater déjà le comportement particulier des minéralisations frasniennes de la région de Philippeville, qui s'étendent, analogues, vers l'Ouest, jusqu'à Solre-St-Géry. Le faciès, à base de migration diagénétique, qui les caractérise, et que l'on retrouve atténué, à Durbuy et Barvaux, semble s'accompagner de variantes filoniennes ou mal définies dans les "anticlinaux" de Roly et de Matagne, voire, plus loin, d'Ave-et-Auffe.

Le Dinantien comporte deux types de domaines minéralisés :

- le type à dominante "initiale", à concentrations stratofides et filons, les uns et les autres très pyriteux, qui se rencontre,
  - d'une part tout au long de la dépression de Vedrin,
  - d'autre part dans la "fenêtre" de Theux,
- le type à dominante "karstique", qui s'étale largement vers l'Est à partir d'Andenne, mais est réparti par les discontinuités tectoniques en trois aires
  - le plateau de Seilles s.l.
  - le "dressant" Huy-Liège
  - le district de la Vesdre, que nous ne prendrons pas en considération.

Nous examinerons pour chacune de ces aires minéralisées, leur potentiel, tel qu'il résulte de ce que l'on sait et de ce que l'on peut supposer, les chances de mise en évidence de gîtes nouveaux, eu égard aux dispositions éventuelles et aux conditions d'approche.

### 1. LE FRASNIEN "BIOSTROMAL" (fig. 20).

Les recherches entreprises entre 1963 et 1966, tant dans la région de Philippeville que dans celle de Beaumont ne sauraient prétendre avoir été exhaustives. Néanmoins, les sites qui se signalaient soit par des indices déjà connus, soit par des anomalies géochimiques intenses et étendues (plusieurs centaines de mètres de long) ont été reconnus par sondages. Ceux-ci ont, pour la plupart, confirmé l'existence d'une minéralisation exprimée, essentiellement zincifère, plus fréquemment, même en profondeur, sous forme de smithsonite.

Ce type de minéralisation n'autorise pas l'emploi de nouvelles méthodes d'approche indirecte susceptible d'orienter de nouveaux sondages vers des sites ponctuels plus riches.

C'est une autre optique que nous retenons, celle de la constitution possible de concentrations karstiques provoquées par

la circulation des eaux météoriques et leur freinage soit au fond de synclinaux, soit, en outre, sur des failles transversales. Nous basons notre perspective sur l'analogie très grande avec le gisement marocain de Beddiane/Touissit.

La définition des sites favorables éventuels nécessite, évidemment que l'on assure la nature même, et donc les continuités hydrauliques, des synclinaux et des anticlinaux. Ensuite que l'on localise les "fonds de bateau" et les décrochements qui les affectent. Les méthodes géophysiques devraient alors ou encourager un contrôle direct par sondage ou en dissuader.

En résumé :

- . Potentiel : sans aucune certitude, mais grandes possibilités; à craindre : profondeurs prohibitives.
- . Virginité : totale.
- . Chances de découverte : grandes, car sites prévisibles. Les possibilités régionales voisines n'interviendraient qu'à titre d'appoint.

## 2. LA "DEPRESSION DE VEDRIN" (fig. 21).

Nous avons désigné ainsi l'ensemble dolomitique basal (Tn3c - V1a) qui repose au Nord sur le Famennien, entre le méridien de Fleurus (où le facies dolomitique passe, vers l'Ouest, au "petit-granite") et celui de Namêche, où se ferme le synclinal limité au Sud par la ride de Marche-les-Dames.

La minéralisation, toujours à dominante ferrifère : sulfures (pyrite et/ou marcassite) en profondeur, hydroxydes (limonite) en zone oxydée, avec accompagnement subordonné de zinc et de plomb, se présente sous deux formes :

- la "concentration initiale", reconnue infra-économique pour Pb-Zn, mais exploitée au titre de minerai de fer, de façon artisanale, sur une vaste extension le long du bord Nord du synclinal et, plus localement, au bord Sud, au Bois-Garitte (Boninne);
- les "filons" : le seul à avoir été largement exploité au dessous du niveau hydrostatique, en dépit de faibles teneurs en Zn et Pb, est celui de Vedrin; la plupart des autres n'ont fait l'objet, sous eau, que de coups d'épingles très limités.

Sous l'une et l'autre forme, le niveau hydrostatique a constitué une barrière quasi infranchissable.

Comme aire minéralisée, la dépression de Vedrin s'impose par sa superficie, près de 70 km<sup>2</sup>. Le potentiel minier des concentrations initiales est lié à la présence des plages à teneurs assez élevées en Zn et Pb. Dès lors, l'évaluation, aisée par sondages, nécessite au préalable une orientation vers les secteurs les plus prometteurs :

- les plus riches en sulfures, repérables par géophysique,
- ceux où les limonites contiennent des teneurs significatives en Zn et/ou Pb,
- ceux où la géochimie-sols et la présence de limonites coexistent (Bois Garitte, par exemple).

Les filons, en dépit de la simplicité apparente de leur recherche et de la présomption de teneurs en Zn et Pb, mais parce qu'ils exigent des sondages inclinés et y accusent des variations de teneurs rapides et imprévisibles, ne paraissent devoir être tenus que comme appoints.

En résumé :

Potentiel : très grand, eu égard à la superficie.

Virginité : totale des "concentrations initiales".

Chances de découverte : faibles au niveau économique en raison des servitudes : teneurs, exhaure, minéralurgie; incertitude sur la validité des éléments de sélection; mais facilité technique de reconnaissance (sondages) et faible variance des facteurs.

### 3. LA "FENETRE" DE THEUX.

Le domaine dinantien concerné par cette aire est beaucoup moins importante que celui de la dépression de Vedrin; les caractères pourraient en être analogues à quelques nuances près :

- la prédominance économique évidente du filon (long, puissant, à teneur Pb, Zn vraisemblablement intéressantes) et des développements néokarstiques qui l'accompagnent de plus ou moins près;
- les complications structurales qui l'affectent.

Une exploration systématique sur une superficie relativement modeste par géochimie, géophysique et sondages est réalisable.

### 4. LE PLATEAU DE SEILLES (fig. 21).

Géologiquement, le plateau de Seilles, qui domine au Nord la vallée de la Meuse entre Sclayn et Andenne, se prolonge sur la rive Sud avec la même disposition en plateaux qui, toutefois, se déforme en ondulation anticlinale vers la limite Sud-Est : anticlinal de Thiarmon (Andenelle). Les principaux gisements, Haie Monet et Velaine, se trouvent sur la rive Nord.

Les minéralisations connues se réfèrent toutes à des mobilisations en relation, pour tout ou partie, avec des circulations d'eau météoriques elles-mêmes dues à l'une des trois phases d'émer-sion :

- intra-viséenne : chenaux karstiques de Haie Monet et de Velaine, filons "profonds" (Sart-de-Seilles),
- infra-namurienne : petites poches : Siroux, Tramaka, Boltri, (sondage sous la Meuse), Steinbach, ou plus importantes : Chérimont, élargissements filonniens : Roua, Sart-Marie, Thiarmon, filons en tout ou partie dans le V2-V3 : Tramaka, Ste-Barbe, Haie Monet, ...
- actuelle : entonnoirs néokarstiques : Haie Monet, Steinbach.

De cet ensemble, seuls les chenaux intra-viséens présentent, de façon connue, des caractéristiques d'ordre économique : on peut estimer que ces chenaux à Haie Monet, entre les niveaux 87 et 140, contenaient de l'ordre de 300.000 t de minerai, dont la teneur en Zn, par analogie à ses contemporains, se situait autour de 20 % au moins). Encore la partie occidentale a-t-elle été sectionnée par l'entonnoir néokarstique. De l'amas de Velaine, on ne connaît que la partie située à la lèvre Sud-Est de la faille de Landenne.

C'est donc à ce type de gisement qu'il faut se référer pour une estimation du potentiel de cette aire. Les découvertes en ont été assez fortuites pour que l'on puisse conclure à l'existence hautement probable d'unités semblables par leur contenu, mais aussi par leurs caractères : réseaux de boyaux de faible largeur et de tracé irrégulier, imprévisible.

La mise en évidence d'une dizaine de corps minéralisés du type Haie Monet et du même ordre d'importance, ce qui est nécessaire pour constituer aujourd'hui un gisement confortable, présente donc des difficultés certaines.

Il faut :

- 1) dégager des méthodes géophysiques appropriées : l'expérience permet de retenir la polarisation provoquée (réponse significative sur les travaux anciens), comme seule méthode électrique ou électromagnétique valide, encore que floue; la gravimétrie et la sismique classique dessinent la morphologie du contact calcaire sous la couverture argilo-sableuse; nous pensons que la technique sismique dite "minisossie" peut être apte à localiser les remplissages bréchiques des chenaux;
- 2) considérer, - hypothèse de travail, - que les filons sont en quelque point de leur parcours, en relation avec les chenaux, et que les tests trouveront à leur voisinage un terrain privilégié d'application.

A titre subsidiaire, l'exploration de la poche namurienne de Chérimont ne serait pas sans intérêt, mais, à notre avis, seulement comme appoint.

En résumé :

- Potentiel : important en tonnage et en teneur.
- Virginité : de l'ordre de 80 %.
- Chances de découverte : liées à la mise au point de techniques non inaccessibles et du choix judicieux de sites privilégiés; grandes ensuite car structures simples et surface très disponible.

#### 5. LE "DRESSANT HUY-LIEGE". (fig. 22).

La ride anticlinale de Thiarfont, à la sortie Est d'Andenne, s'accroît et ressort près de Ben avec un flanc Nord redressé à la verticale qui se suit jusqu'aux portes de Liège, à Flémalle, présentant même, comme à la sortie NE de Huy, un déversement très accusé (probablement en relation avec des failles plates).

Cette formation en dressant plus ou moins déversé est minéralisée

- en concentration initiale (pauvre) aux Awirs (Engis),
- au niveau karstique intra-viséen à Bienvenue (Amay-Ampsin) et aux Awirs (Engis) et sans doute à l'amas Camille (Corphalie),
- au niveau karstique infra-namurien : indices à Ben et (géochimie) à Lovegnée, exploitations à Ste - Barbe et Alice (Corphalie), Wahaison (Amay-Ampsin), La Mallieue, Le Dos, Les Fagnes (Engis).

Certains de ces gisements, La Mallieue, Le Dos, Les Awirs, sont d'ordre économique et, vierge, celui de La Mallieue, le serait à lui seul par son tonnage (proche du million de tonnes) et sa teneur en Zn (20 à 25 %).

Est-il interdit de penser que de tels gisements existent encore, vierges, sur les 23 km d'extension SW-NE et les 300 m de dénivellée ? L'exploration y a-t-elle été exhaustive ? à l'un ou à l'autre des horizons porteurs ? Ni à l'un ni à l'autre et bien des découvertes en ont été dûes au hasard.

Mais les difficultés sont ici encore plus grandes que sur le plateau de Seilles, à potentiel égal :

- la nature des chenaux, leurs dimensions sont comparables, mais leur orientation est à forte composante verticale dans tous les cas connus;
- la structure géologique elle-même est à très fort pendage, ce qui interdit pratiquement tout recours à la géophysique;

- l'accès à l'information et aux approches est fortement obéré par l'occupation du sol : urbanisation, étalement de dépôts divers (crassiers, versés d'alunières, ...), carrières et leurs déblais.

Il faudrait donc se résoudre, sans préparation indirecte, à l'exécution de sondages inclinés, implantés aux endroits accessibles, non vraiment choisis; ou de sondages intérieurs à partir des travers-bancs (rendus) utilisables ...

En résumé :

- Potentiel : important en tonnage et en teneur.
- Virginité : de l'ordre de 60 %.
- Chances de découverte : faibles.

## CONCLUSIONS.

En matière de zinc (et de plomb, accessoirement), un potentiel minier existe en Belgique.

Quelle que soit l'aire que l'on privilégie, les difficultés pour le transformer en réserves exploitables, sont considérables.

Il y a peu d'espoir qu'un corps minéralisé élémentaire isolé réponde à des exigences sérieuses d'exploitabilité. D'autant plus que, dans les circonstances présentes, le métal largement dominant, le zinc, nécessite de forts tonnages et teneurs pour y répondre. Le plomb, sans argent, est très subordonné (1/5).

Il serait simpliste de conclure de l'existence d'un potentiel qu' "il n'y a qu'à" l'exploiter, mais tout autant des difficultés qu'elles sont insurmontables.

Elles sont suffisantes pour dissuader l'initiative privée d'aborder de façon cohérente le couple potentiel/difficultés. Non seulement pour des raisons de financement, mais du fait de sa faible aptitude à prendre en charge les approches les plus "en amont".

Le survol que nous venons de faire nous convainc de la nécessité de coordonner les moyens scientifiques, technologiques et financiers des entités publiques et privées comme de la convergence des intérêts privés (rentabilité minière), provinciaux (industrialisation - emploi), nationaux, voire européens (commerce extérieur). Cette coordination, dépassant la simple participation financière (certes utile), doit déboucher, par une articulation originale, sur une stratégie :

- choix de la ou des cibles, en termes d'aires ou de fractions d'aires,
- pour chaque cible : échelonnement des opérations, de l'amont vers l'aval,
- participation réelle de chacune des parties associées : organismes spécialisés de l'Etat, Laboratoires universitaires, entreprises; chacun selon sa compétence, mais attelé à une tâche commune au service de l'intérêt général.

Comme toute stratégie, celle-ci doit mettre le temps de son côté (sans en perdre) et la tactique à son service.

## REMERCIEMENTS.

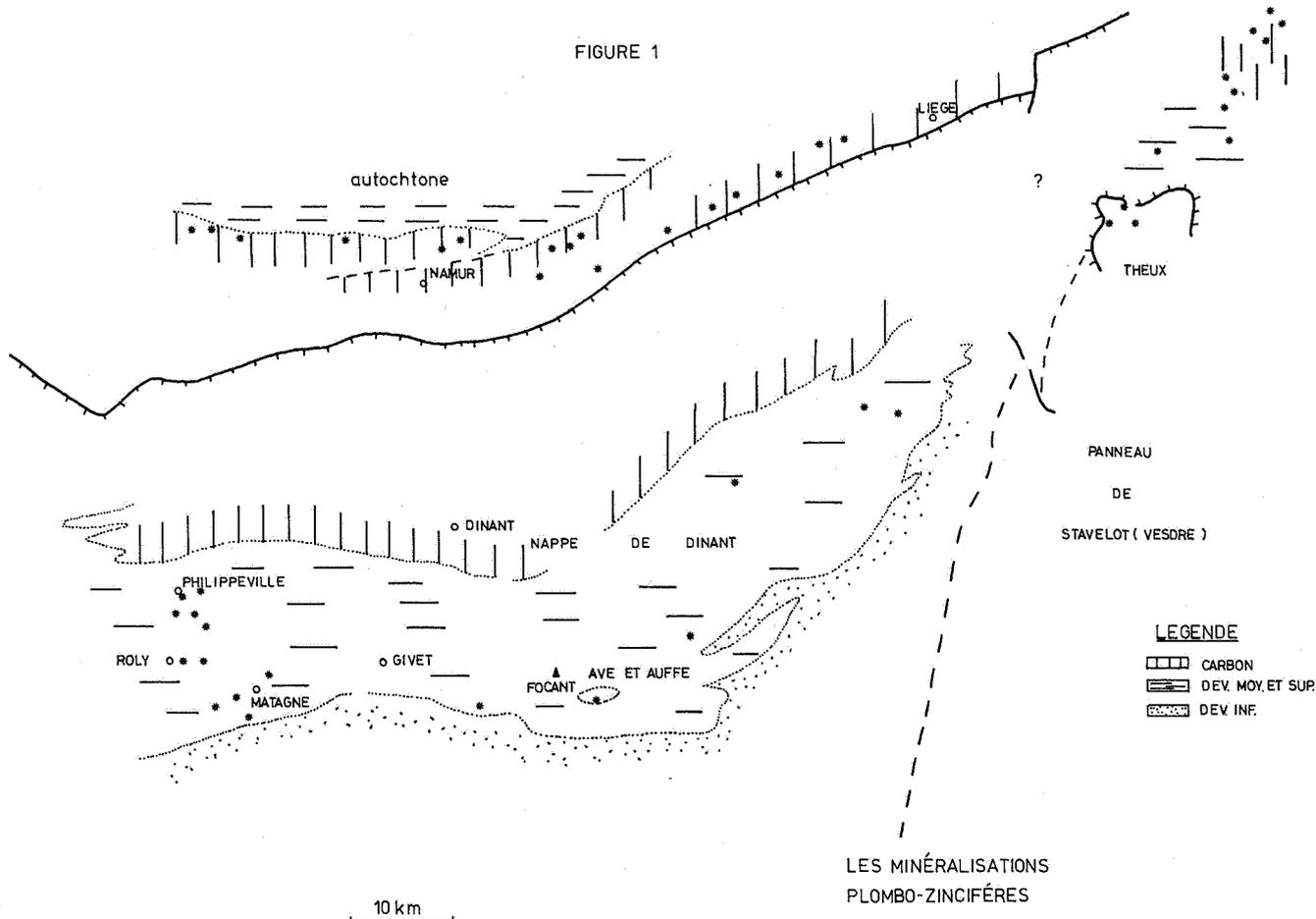
J'adresse mes remerciements à Mr. Luc SWINNEN, dessinateur, pour l'aide appréciable qu'il a apportée dans la réalisation des figures.

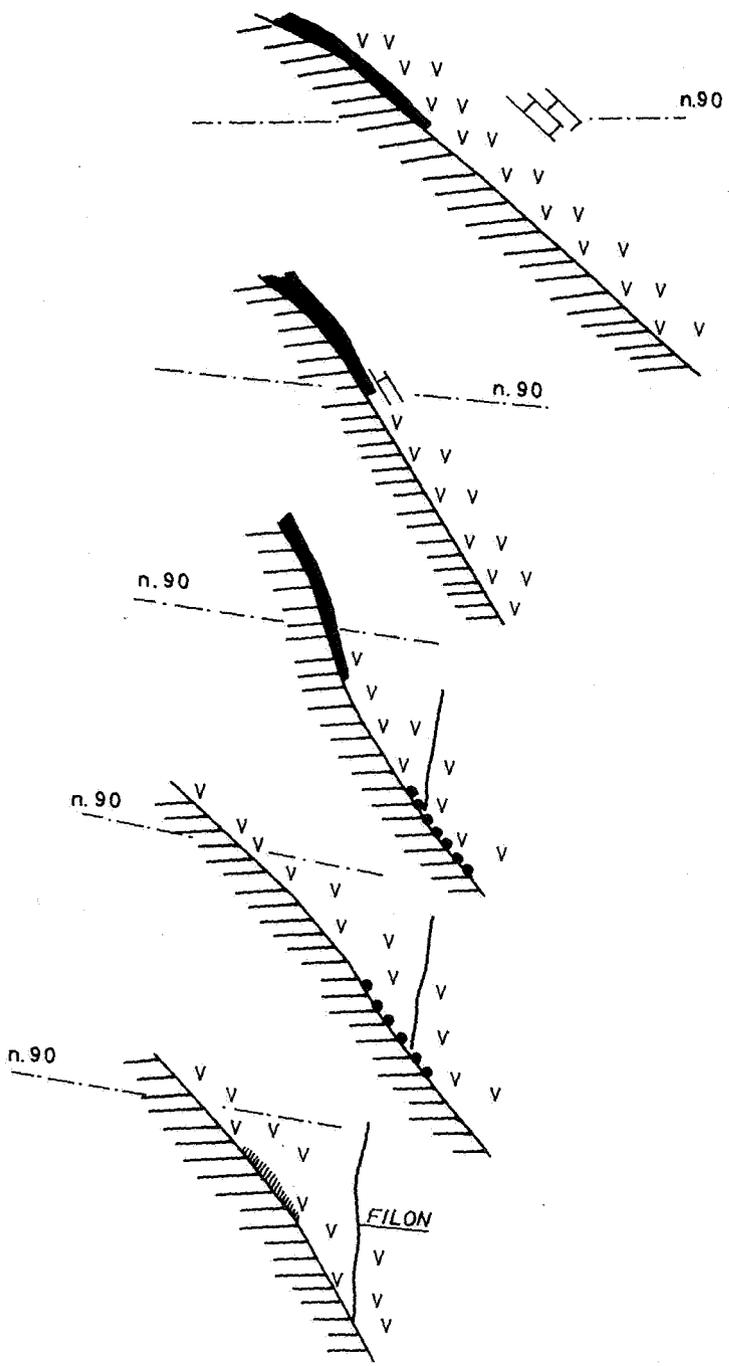
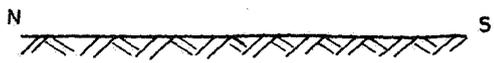
Communication présentée au cours de  
l'Assemblée générale, le 24 février 1981.

## FIGURES.

- Fig. 1 - Carte des minéralisations Pb-Zn.
- Fig. 2 - Lovegnée, coupes sériées.
- Fig. 3 - Gisement des Malheurs, coupes.
- Fig. 4 - Carte du plateau de Seilles.
- Fig. 5 - Haie Monet, coupe du chenal paléokarstique.
- Fig. 6 - Haie Monet, plan du réseau paléokarstique.
- Fig. 8 - Haie Monet, système structural du réseau.
- Fig. 9 - Les Awirs, projection longitudinale.
- Fig. 10 - Le Dinantien, coupe Est-Ouest schématique.
- Fig. 11 - Les Fagnes, plans.
- Fig. 12 - Le Dos, plan.
- Fig. 13 - Le Dos, coupes sériées.
- Fig. 14 - La Mallieue, coupe et plan.
- Fig. 15 - La Mallieue, projection longitudinale.
- Fig. 16 - Sart-Marie, plan.
- Fig. 17 - Haie Monet, entonnoir néokarstique , plan et coupe.
- Fig. 18 - Theux, carte.
- Fig. 19 - Esquisse structurale.
- Fig. 20 - Entre-Sambre et Meuse.
- Fig. 21 - Les aires de Vedrin et de Seilles.
- Fig. 22 - Les aires orientales.

FIGURE 1



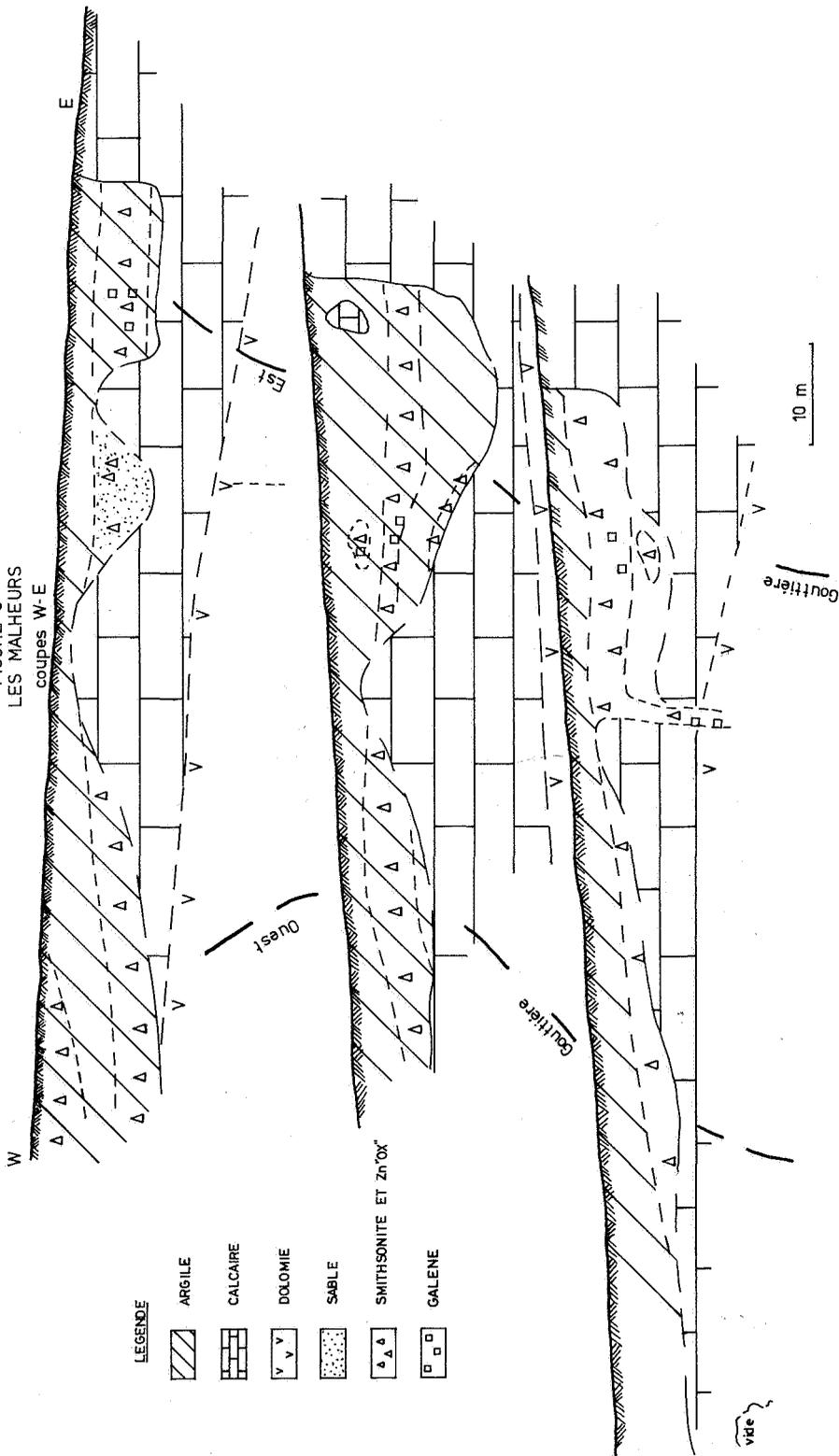


-  CALCAIRE DINANTIEN
-  DOLOMIE DINANTIENNE
-  FAMENNIEN
-  SMITHSONITE
-  BLENDE
-  TERRE NOIRE

50m

LOVEGNEE  
FIG. 2 COUPES SÉRIÉES

FIGURE 3  
LES MALHEURS  
coupes W-E



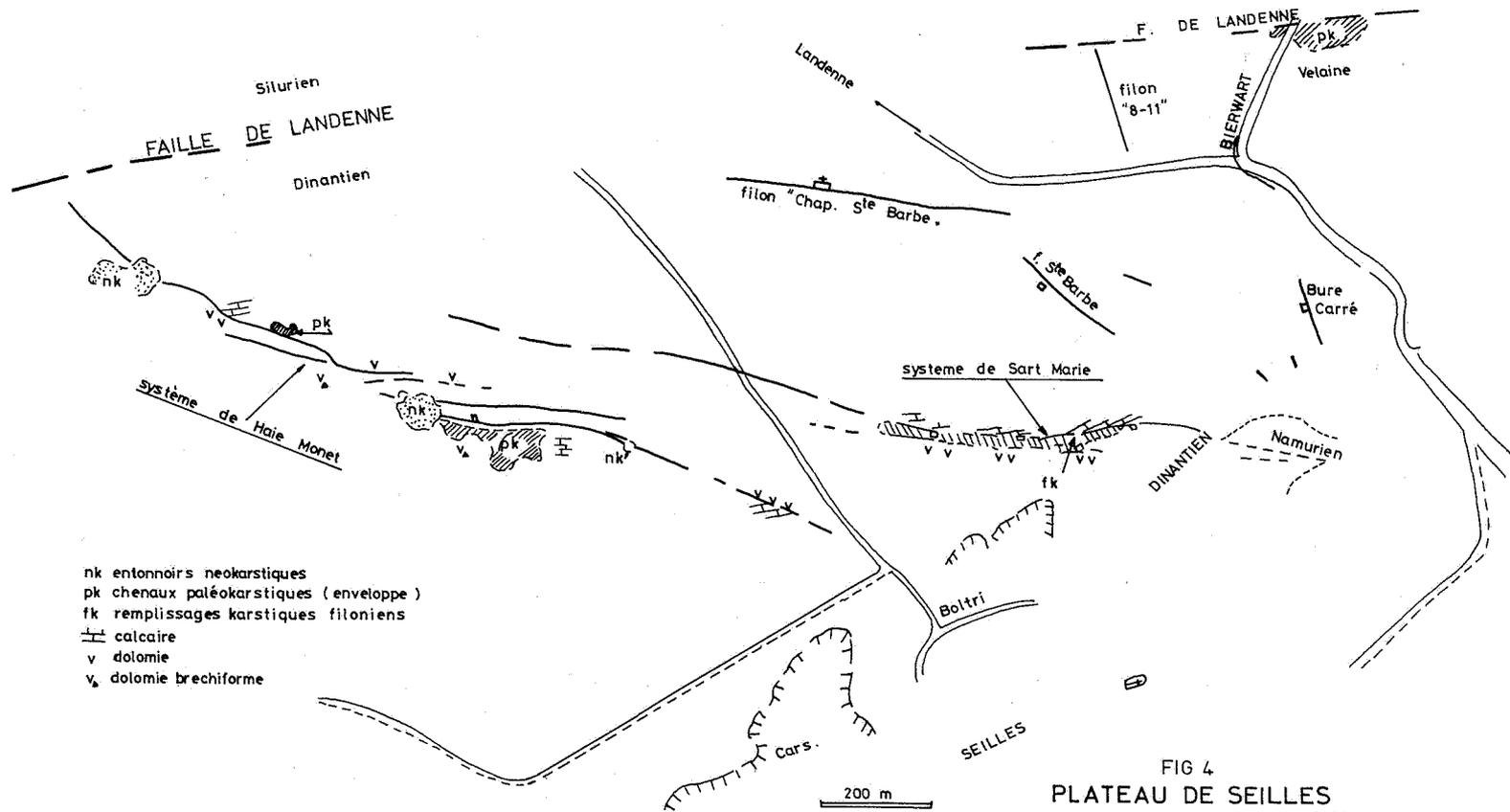
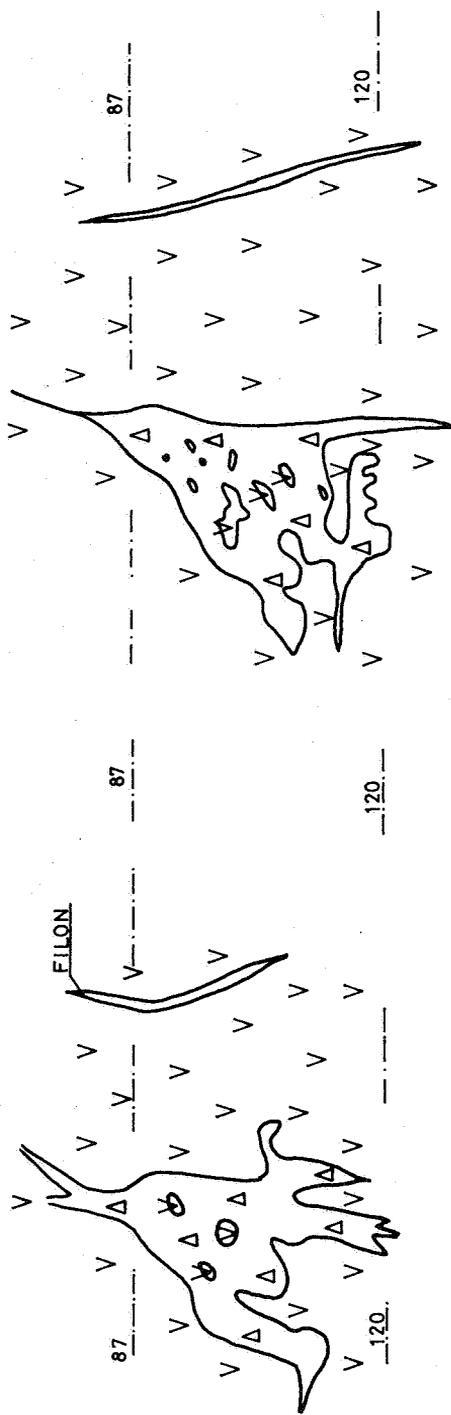


FIG 4  
 PLATEAU DE SEILLES  
 STRUCTURE ET MINERALISATIONS

FIGURE 5  
COUPES DES CHENAUX PALÉOKARSTIQUES



LEGENDE



50 m

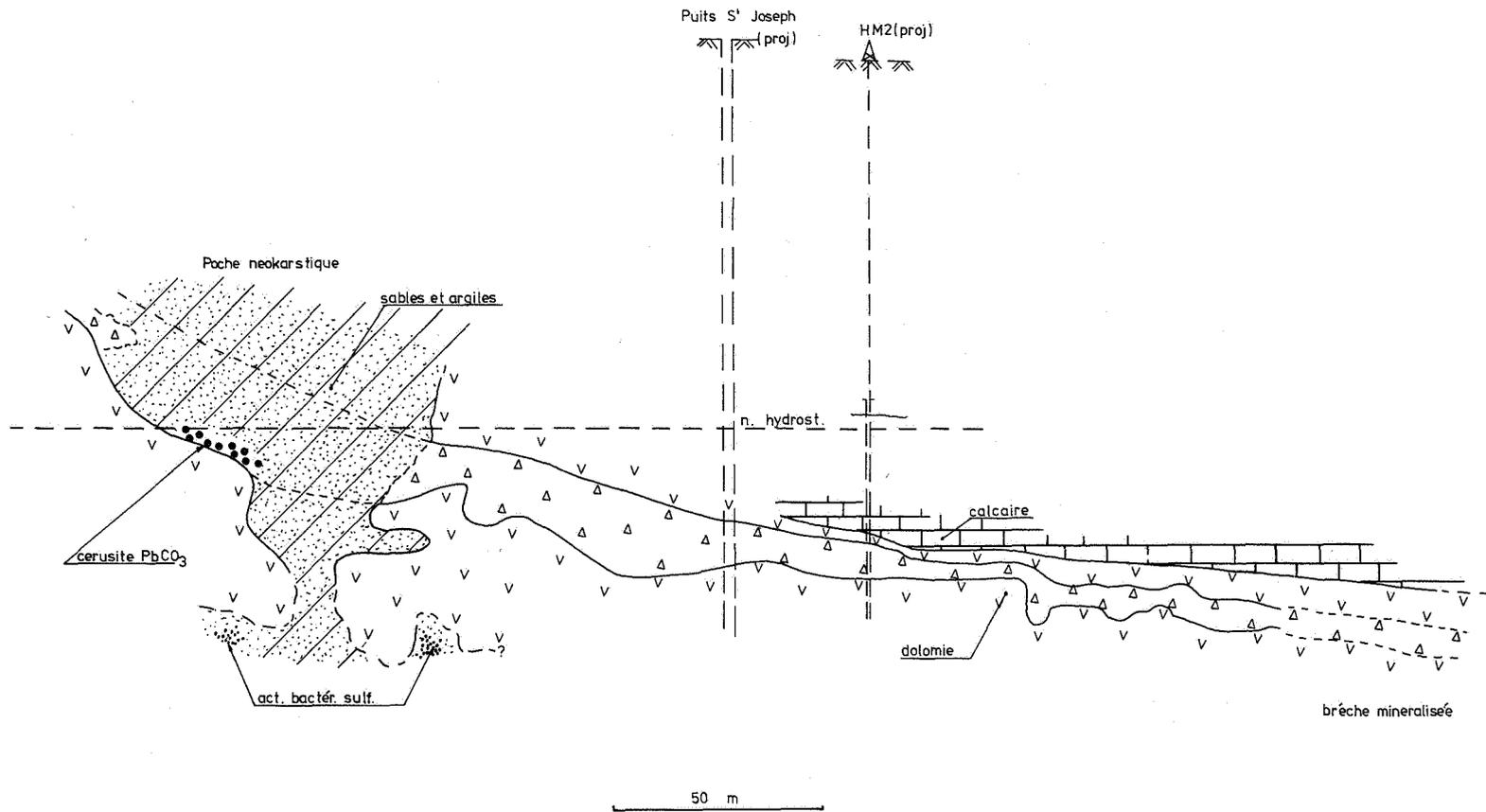
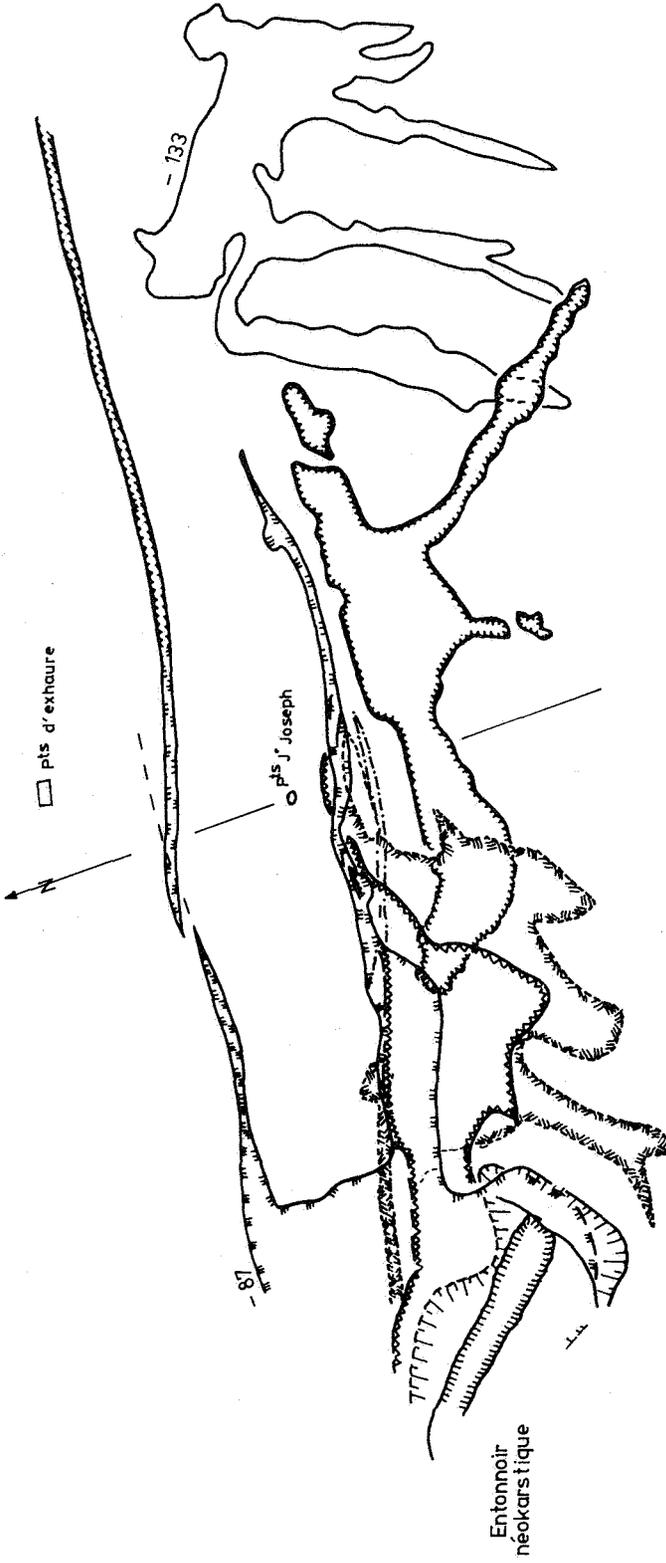


FIG 6  
 HAIE MONET  
 COUPE LONGITUDINALE

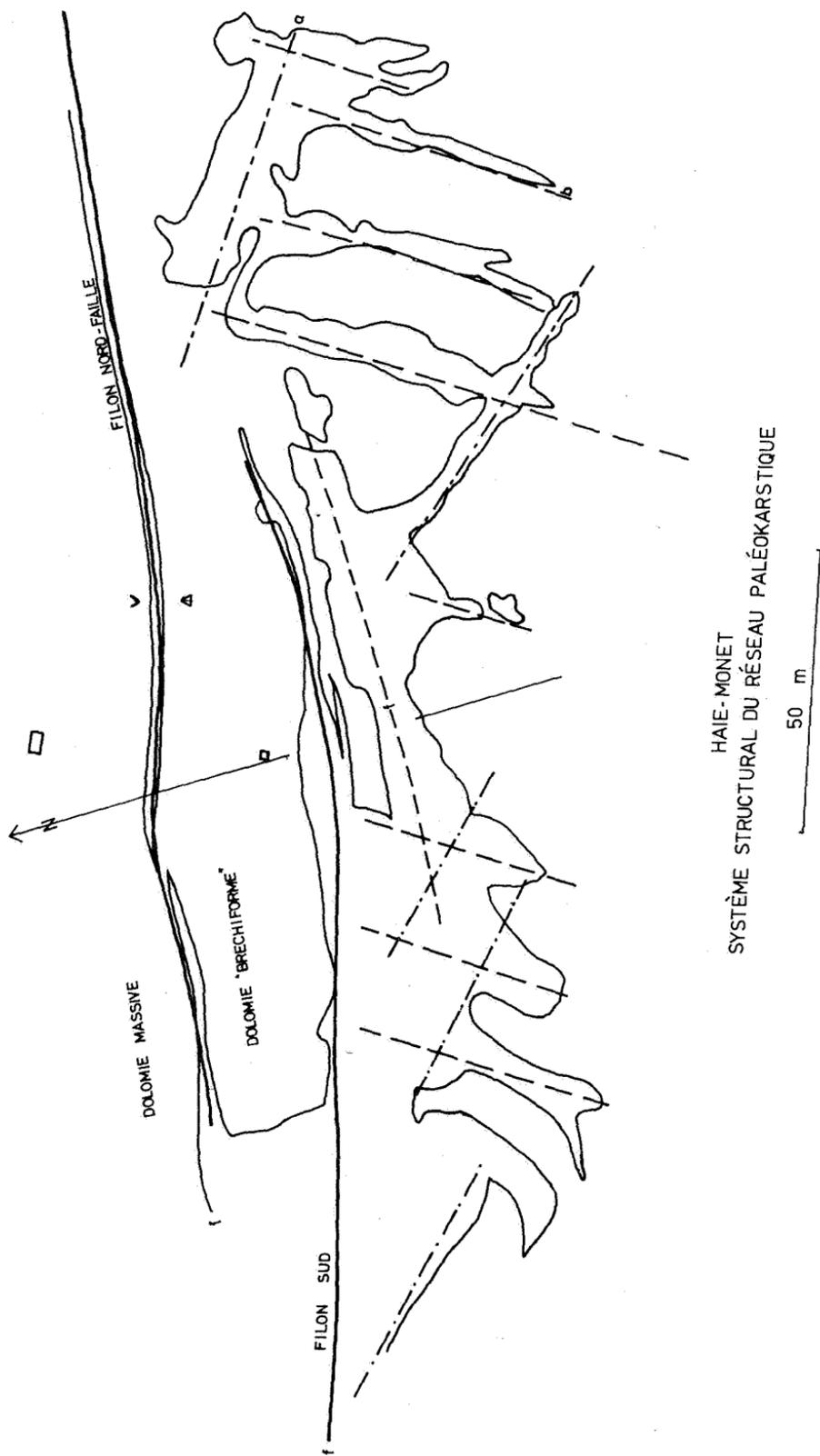
FIGURE 7



HAIÉ - MONET  
LE RÉSEAU PALÉOKARSTIQUE  
à divers niveaux

50 m

FIGURE 8



HAIE-MONET  
SYSTÈME STRUCTURAL DU RÉSEAU PALÉOKARSTIQUE

FIGURE 9  
LES AWIRS

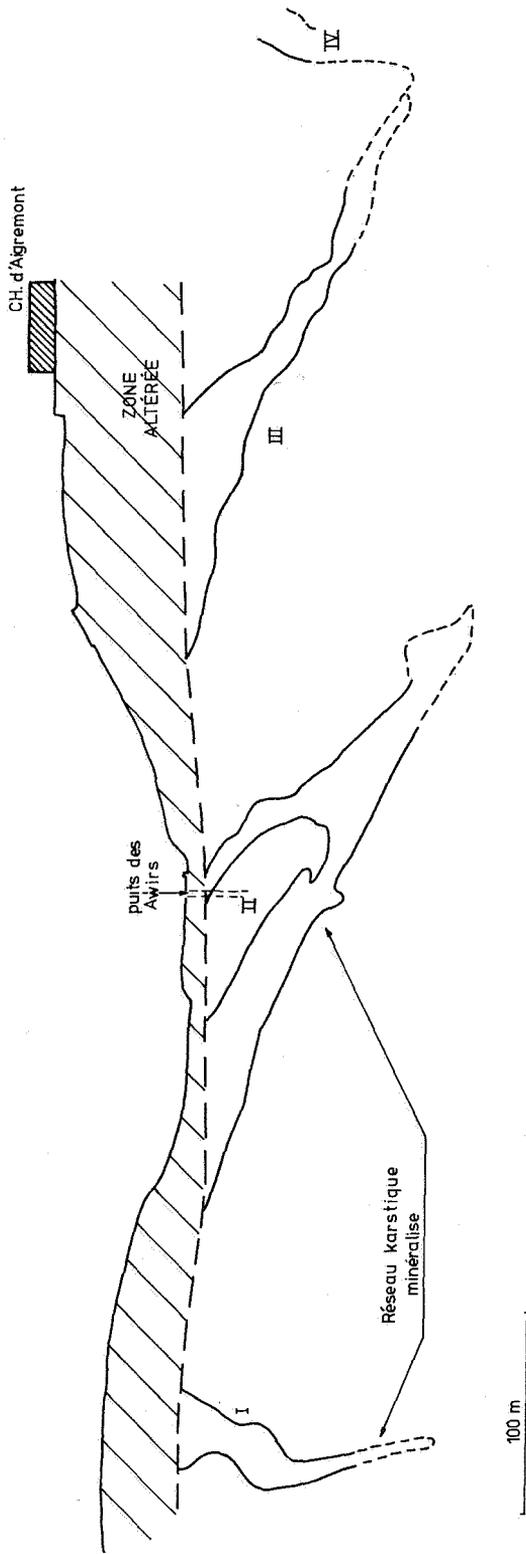
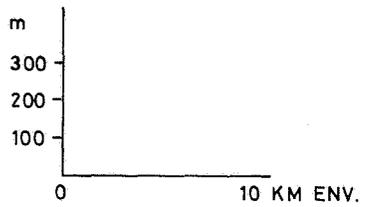
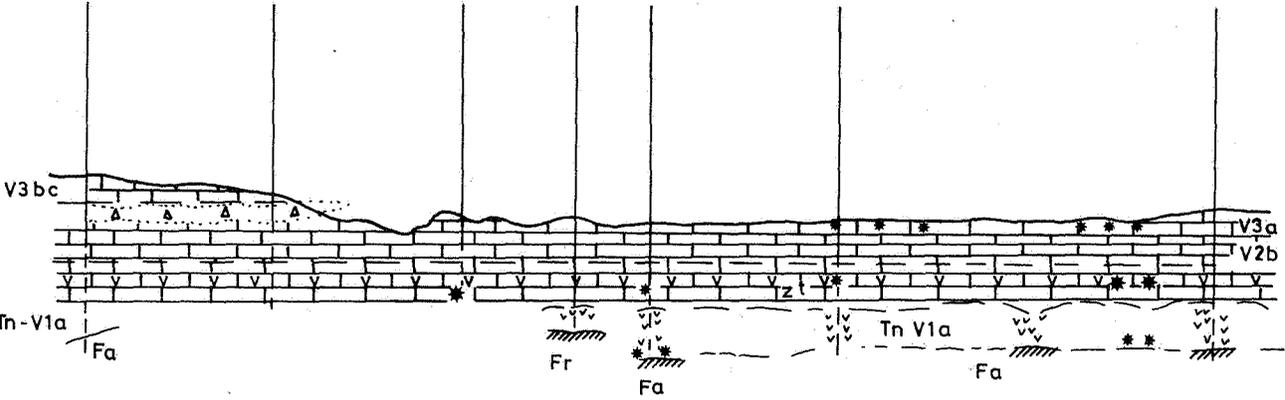


FIG 10

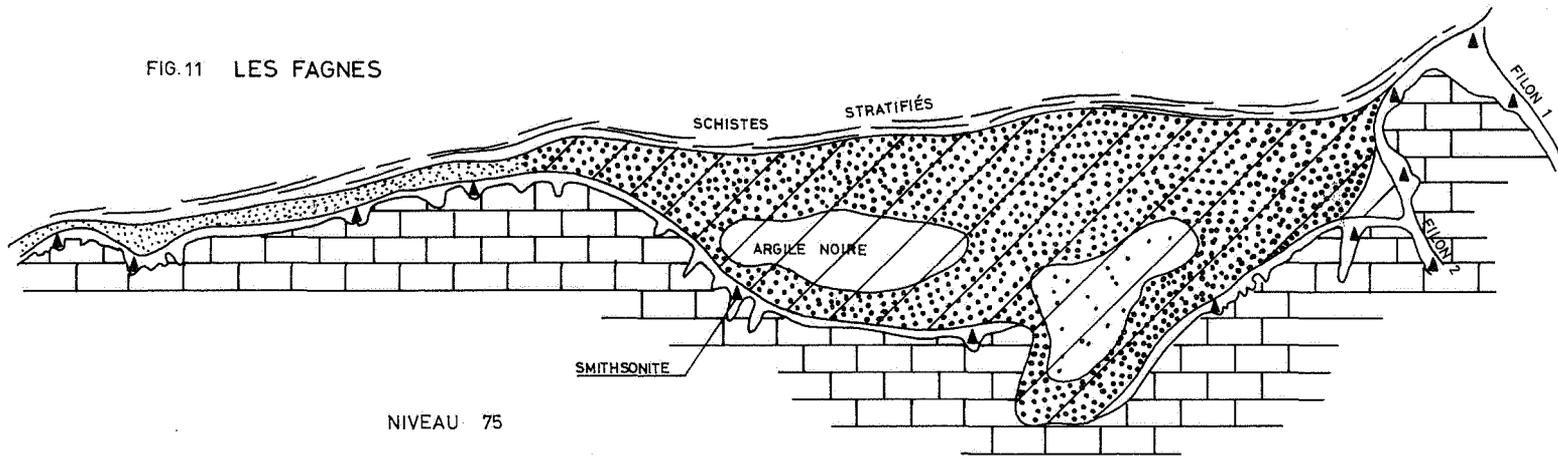
NAMUR                  SANSON                  ANDENNE    MOHA    BEN                  CORPHALIE                  CHOKIER



LE DINANTIEN au moment de la transgression namurienne

-  MINERALISATION
-  CALCAIRE
-  CALCAIRE+DOLOMIE

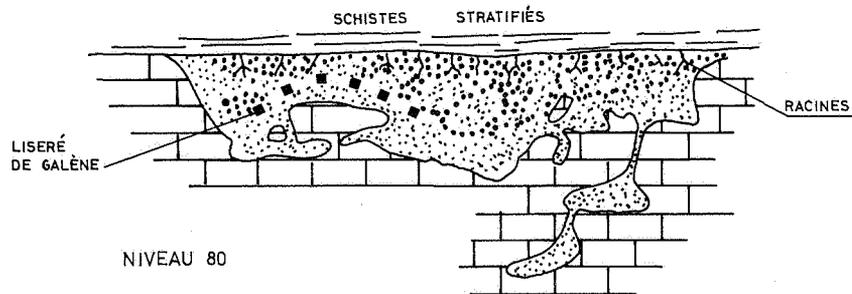
FIG. 11 LES FAGNES



-  OCRE ROUGE
-  ARGILE
-  GALÈNE
-  SULFURES DE Fe ET Zn

SW

NE



10 m

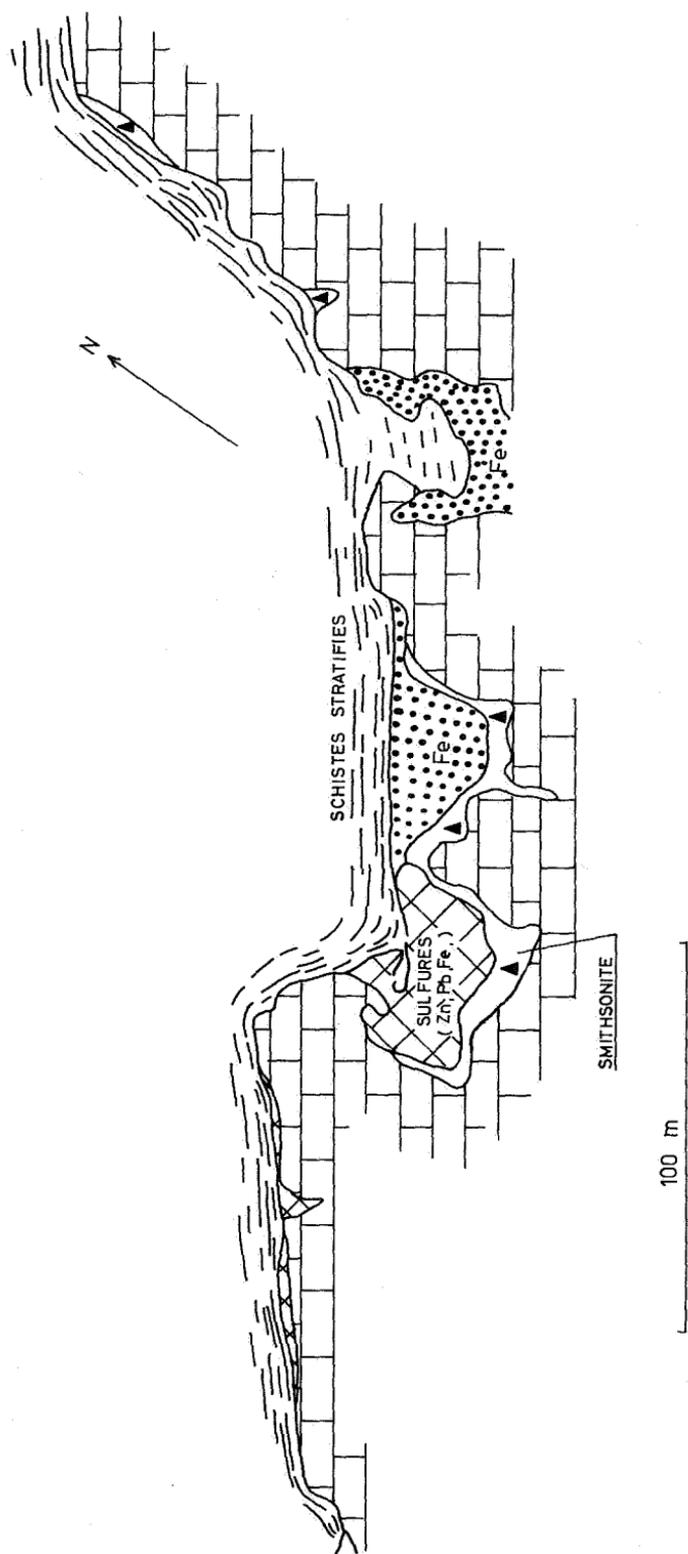
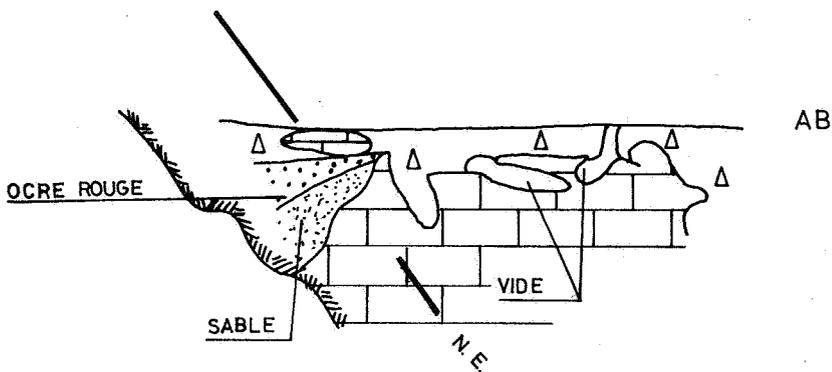
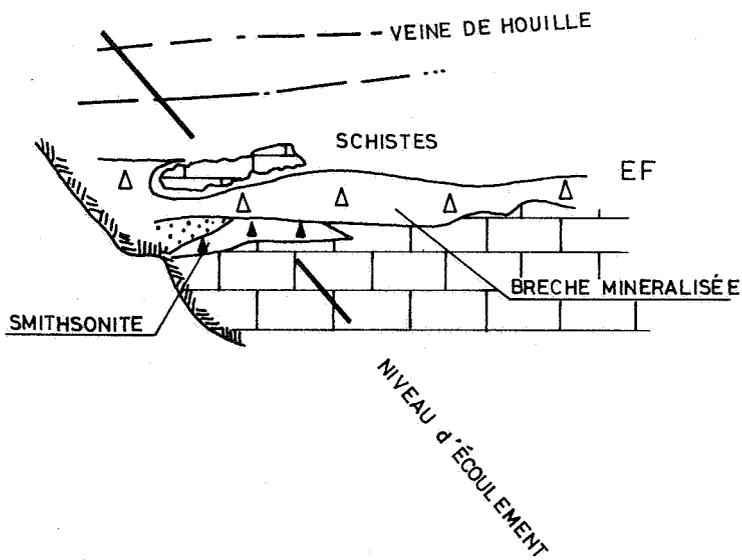


FIG 12. LE DOS  
 PLAN AU NIVEAU D'ÉCOULEMENT

FIG 13 LE DOS  
 COUPES VERTICALES SÉRIÉES

S

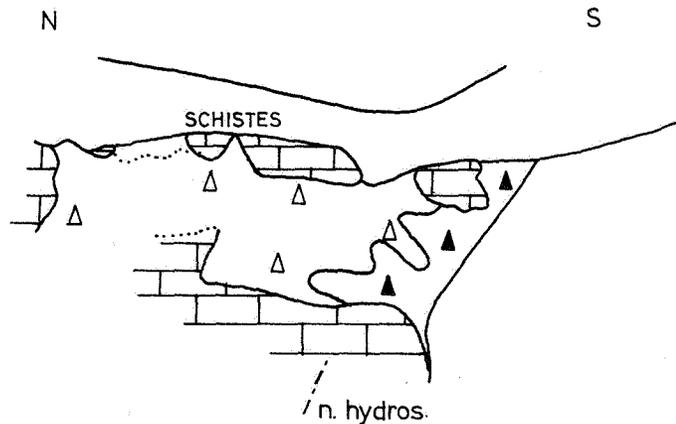
N



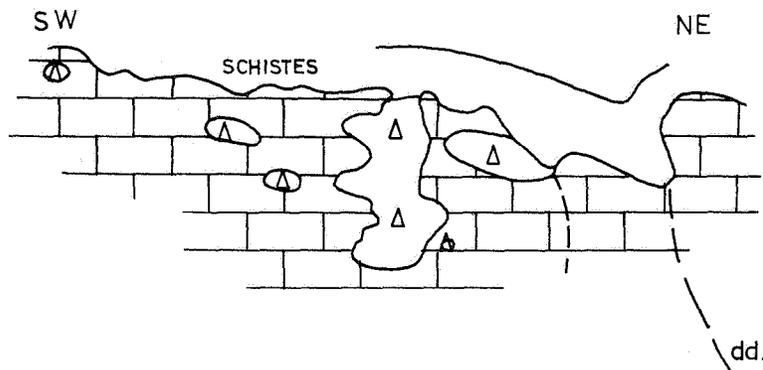
100 m

FIG.14 LA MALLIEUE

-  SMITHSONITE
-  BRECHE DOL/SULF.
-  CALCAIRE

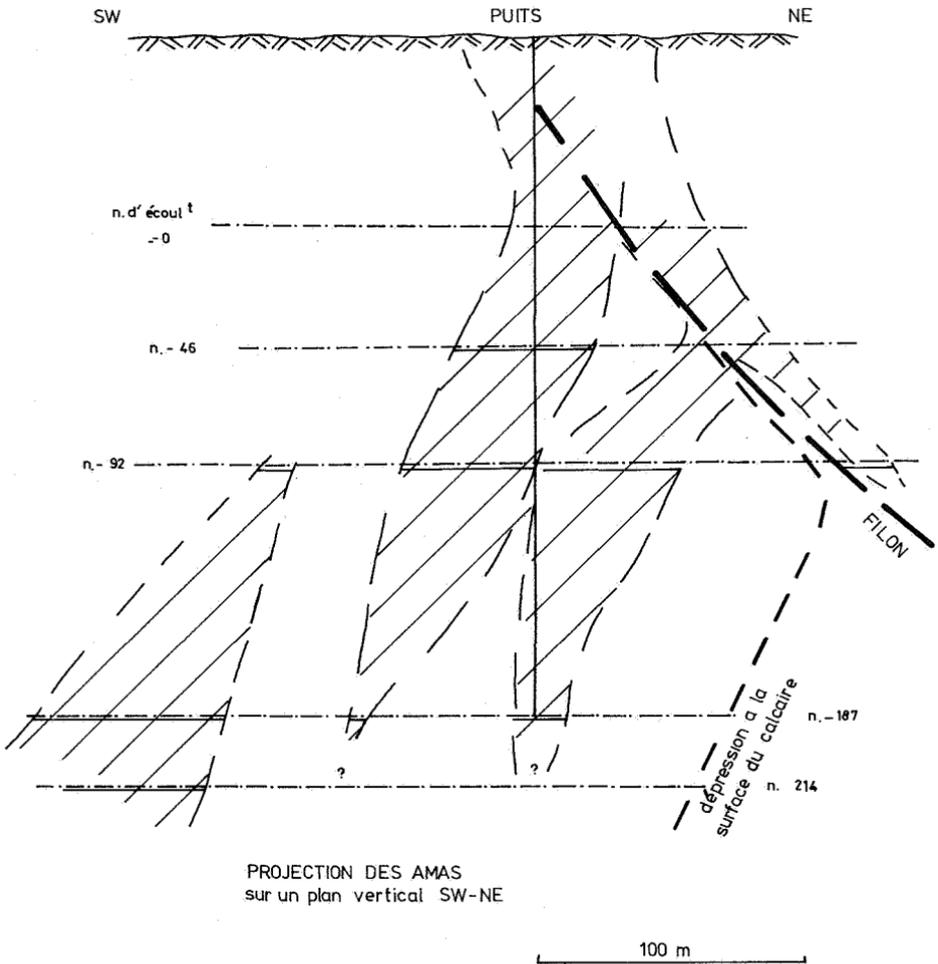


Coupe verticale GG  
mise en situation  
stratigraphique



Plan horizontal n.92 (z= 20 )  
mis en situation stratigraphique

FIG 15 LA MALLIEUE



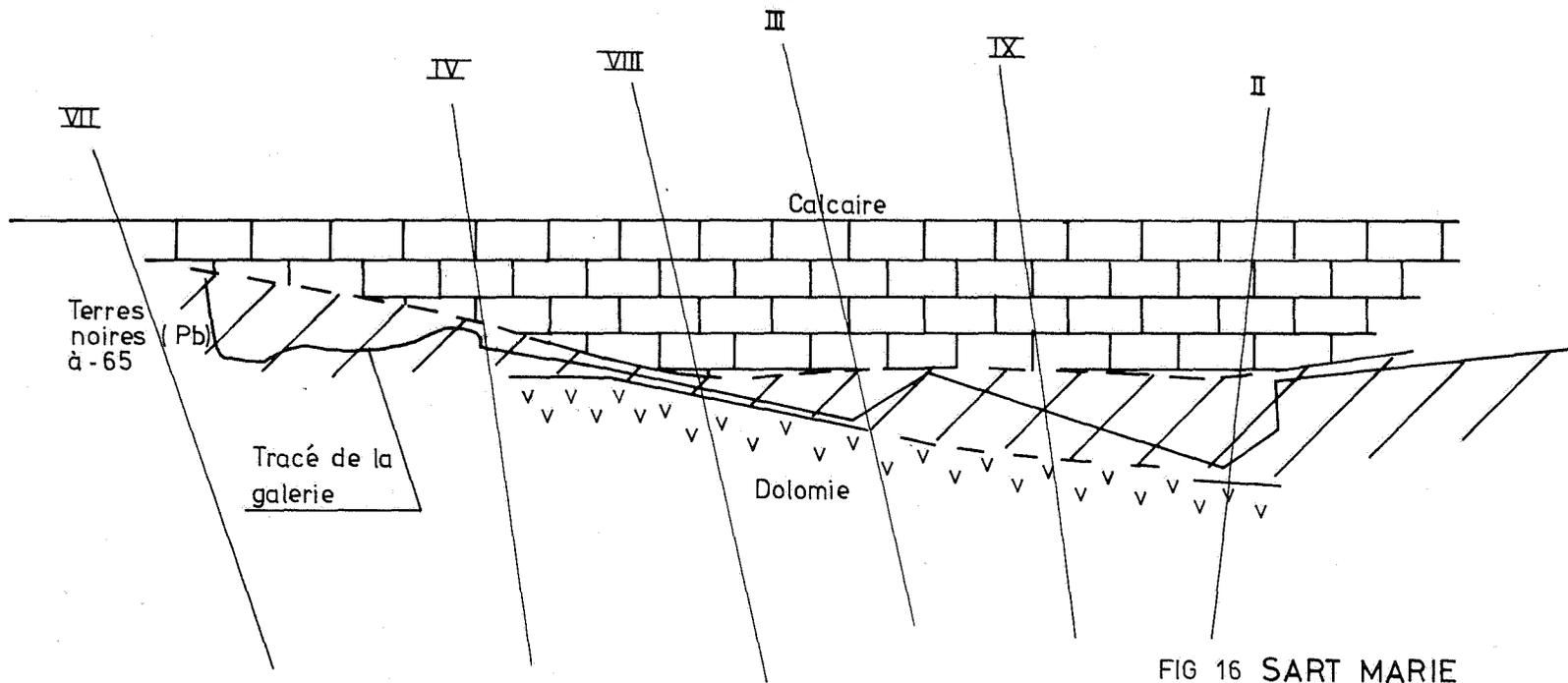


FIG 16 SART MARIE

1 Km

PLAN DES TRAVAUX à -65  
NORD-SUD

FIG.17 HAIE MONET  
lin entonnoir néo-karstique

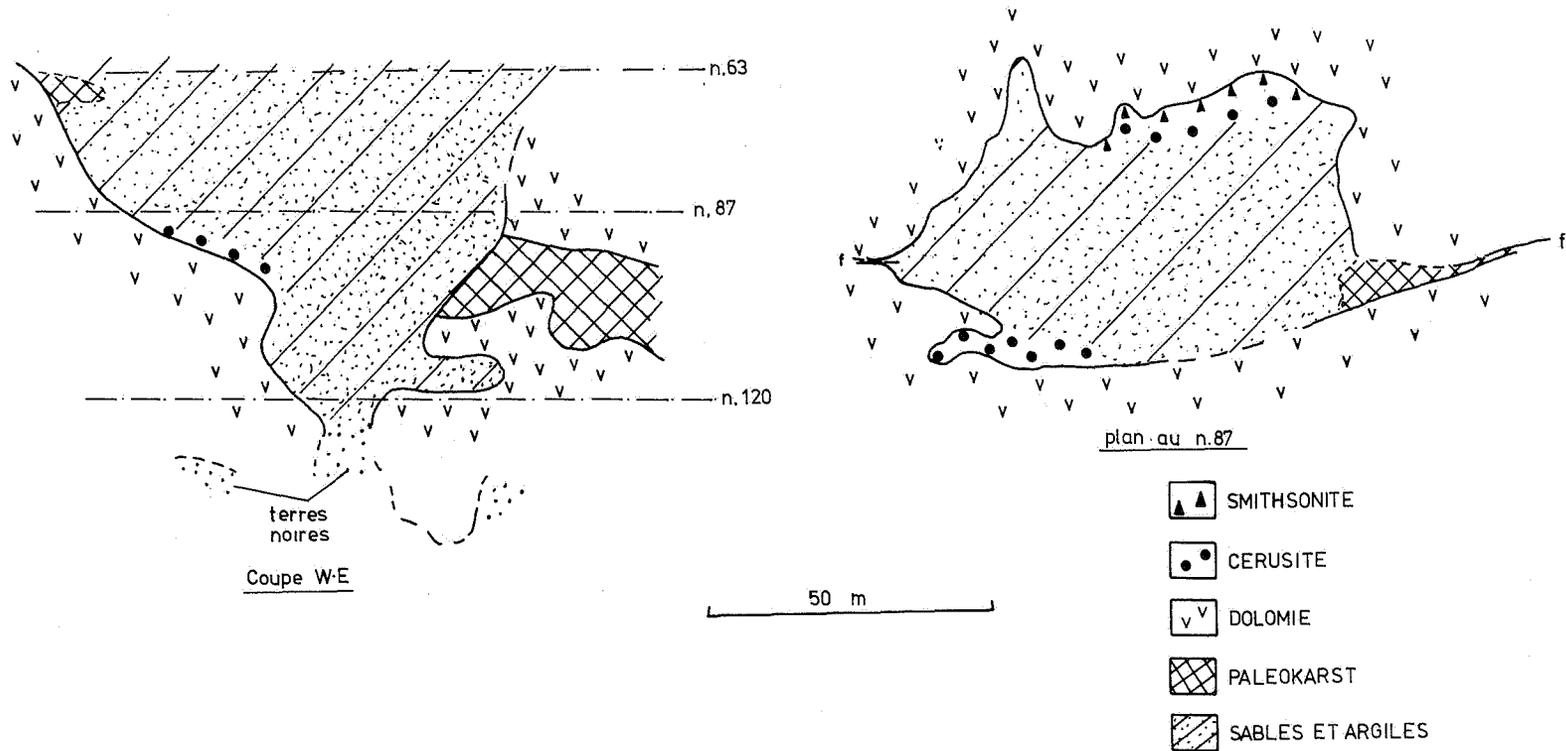


FIG. 18

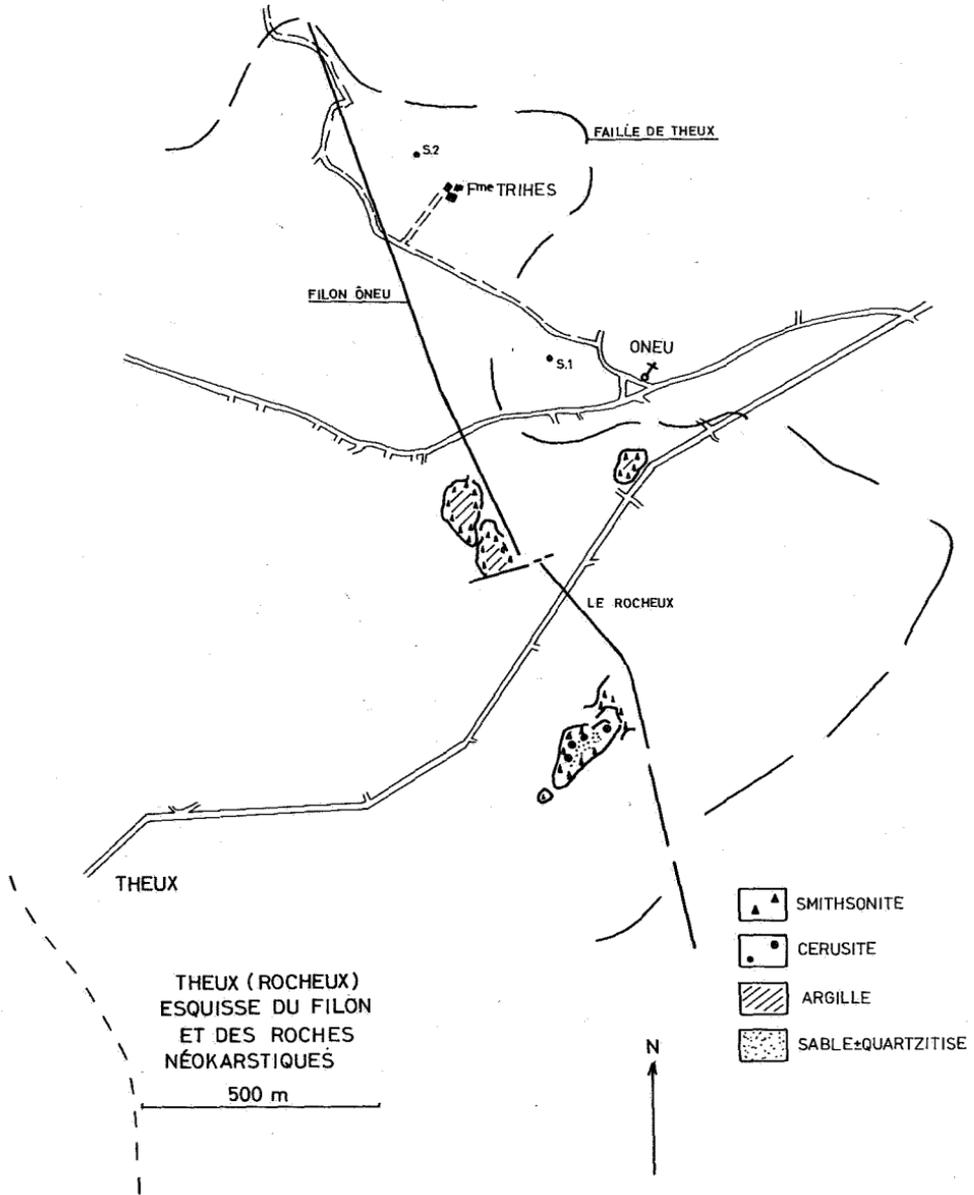
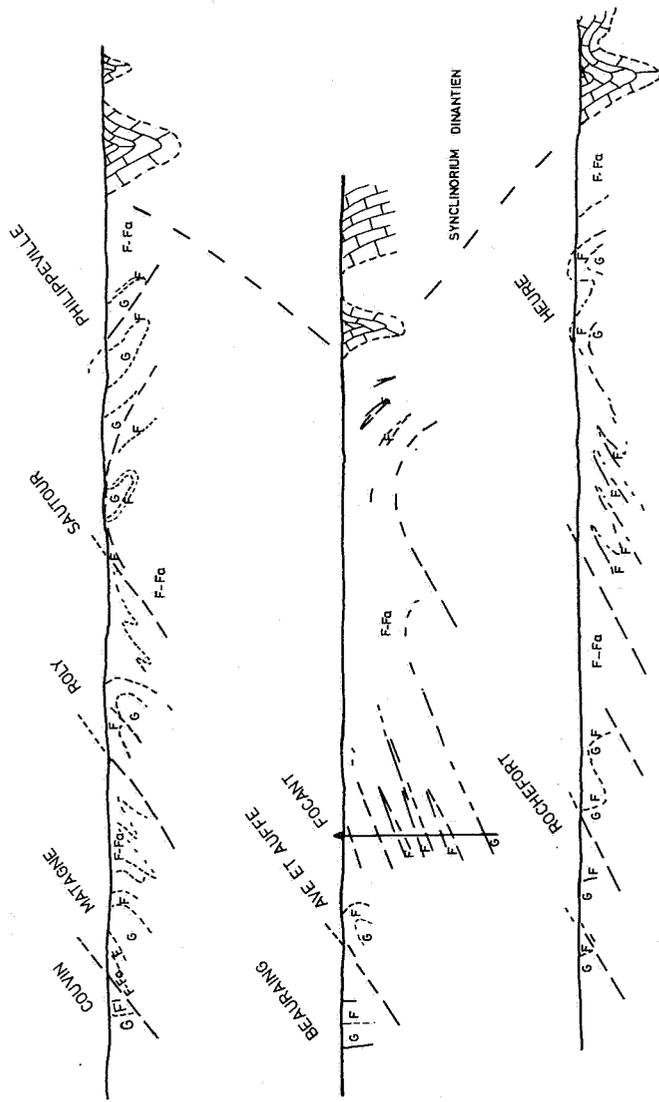


FIG. 19

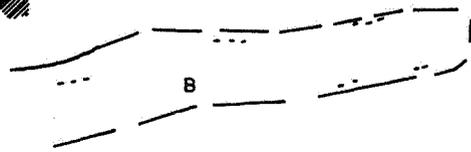


ESQUISSE STRUCTURALE  
DANS LA NAPPE DE DINANT SUD

5 km

	DINANTIEN
	FRASNIEN SCHISTEUX FAMENNIEN
	FRASNIEN CALCAIRE
	GIVÉTIEN SL.

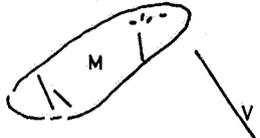
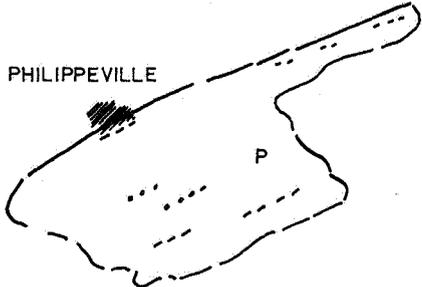
BEAUMONT



5 km

- AIRES P PHILIPPEVILLE
- B BEAUMONT
- R ROLY
- M MATAGNE
- V VIERVES
- FILONS
- INDICES NON FILONIENS

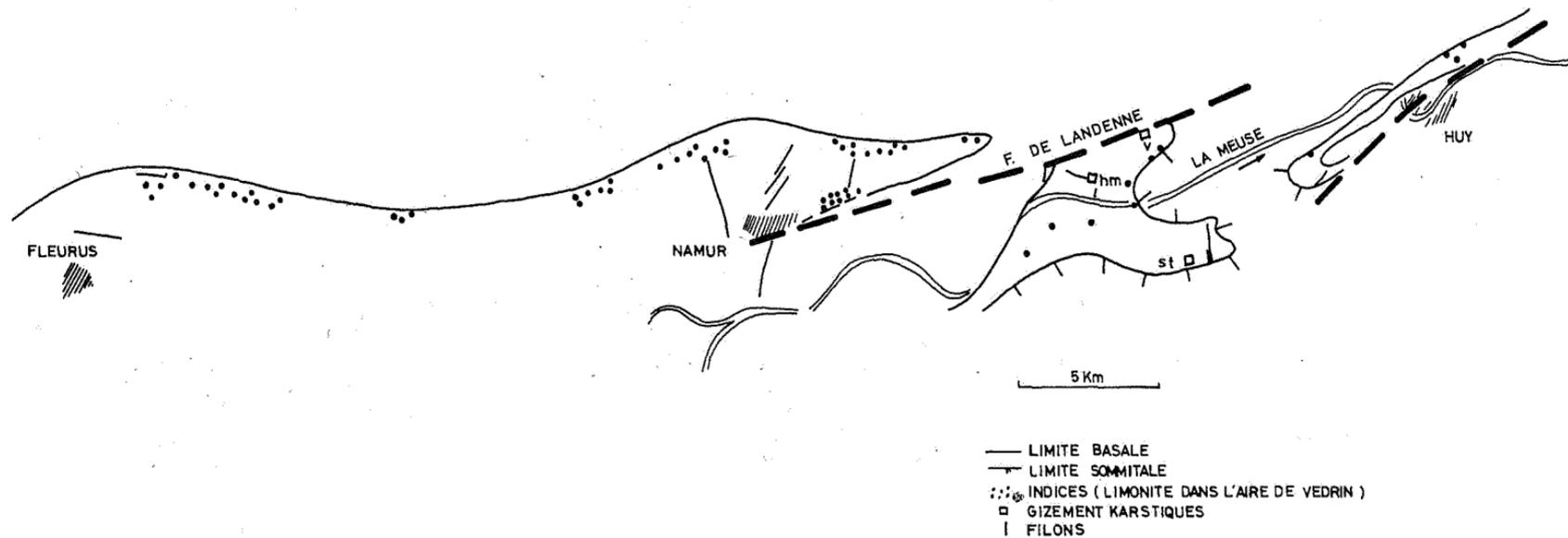
PHILIPPEVILLE

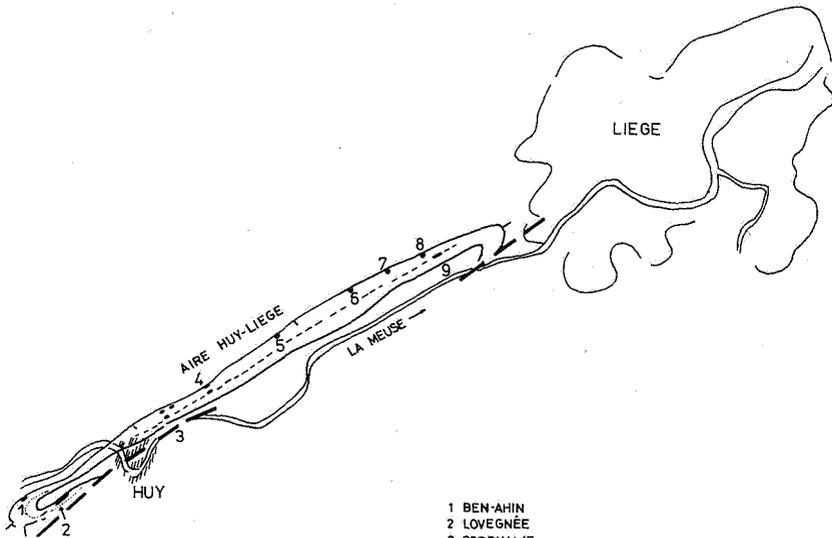


COUVIN

FIG 20 ENTRE-SAMBRE-ET-MEUSE

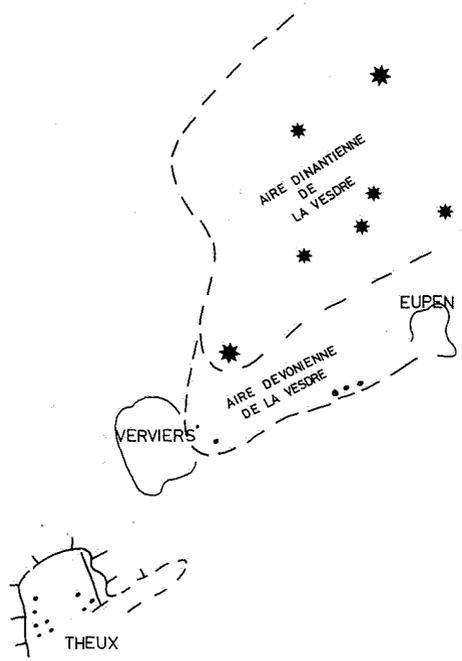
FIG.21 LES AIRES DE VEDRIN ET DE SEILLES





— limite externe  
 ..... ligne intraviséenne  
 — limite interne

- 1 BEN-AHIN
- 2 LOVEGNÉE
- 3 CORPHALIE
- 4 AMAY-AMPSIN
- 5 FLÔNE
- 6 LA MALLIEUE
- 7 LE DOS
- 8 LES FAGNES
- 9 LES AWIRS



5 Km

FIG.22 LES AIRES ORIENTALES  
 HUY LIEGE  
 THEUX  
 LA VESDRE

# **Ciments d'Obourg s.a.**

Ciments Portland P 30, P 40, P 50.

Ciments de haut fourneau HL 30, HK 40.

Concassés calcaires secs et lavés de tous calibres.

Sables spéciaux pour constructions.

Sables de concassage et fillers pour routes.

Mélanges spéciaux pour fondations de routes (graves laitier

(graves chlorure

Chaux hydraulique artificielle.

**Administration centrale et direction générale**

**7048**

**OBOURG**

**N. V. SMET D. B.**

**VERKENNINGSBORINGEN**

**WATERWINNINGSPUTTEN**

**POMPENINBOUW**

**WATERBEHANDELING**

**AFVALWATERSTATIONS**

**BETONBORINGEN**

**Stenehei 30**  
**2480 DESSEL**  
**Tel. 014/37 76 56**  
**Telex 33189**



**LE SPECIALISTE**

**EN SONDAGES - FONÇAGES DE PUIITS - CONGELATION DES  
SOLS - CREUSEMENT TUNNELS - INJECTION D'ETANCHEMENT  
ET CONSOLIDATION - MURS EMBOUES ET ANCRAGES.**

**Place des Barricades 13 - B - 1000 BRUXELLES**

**Téléphone: 218 53 06 - Telex: FORAKY Bru. 24802**