



PROJET FIN D'ETUDE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

LICENCES ES SCIENCES ET TECHNIQUES

GÉOLOGIE APPLIQUÉE AUX RESSOURCES

MINIÈRES

INTITULÉ :

ÉTUDE STRUCTURALE DU SECTEUR SIDI AHMED

DISTRICT MINIER DE TIGHZA

RÉALISÉ PAR :

ERRAMI MARYAM
TOUBRI YOUSSEF

ENCADRÉ PAR :

MR. TRISTAN MANTOY: INGÉNIEUR GÉOLOGUE À CMT
MR. KCHIKACH: FACULTÉ DES SCIENCES ET
TECHNIQUES-MARRAKECH

SOUTENU LE 24/06/14

JURY :

MR. KCHIKACH: FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUE -MARRAKECH
MR.SAIDI : FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUE-MARRAKECH

2013-2014

REMERCIEMENT

Le présent travail a été proposé par Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech (FST), dans le cadre d'un stage de fin de formation, au Centre Minier de Tighza. Il n'aurait pu aboutir sans le concours, de près ou de loin, d'un certain nombre de personnes que nous voudrions agréablement évoquer.

Notre très profonde gratitude va à Mr. Lahcen OUCHTOUBANE, directeur du centre minier de Tighza et Mr. SAIDI Abdeltif responsable de l'option Géologie Appliquée aux Ressources Minières, qui nous ont beaucoup servi à mener à terme et dans des bonnes conditions ce stage. Qu'ils soient profondément remerciés.

Nous remercions très infiniment Mr. Tristan MANTOY, ingénieur géologue à CMT qui a mis à notre disposition son bureau, ses appareils et sa compétence scientifique. Les fréquents échanges d'informations et d'idées nous ont été profitables. Nous le remercions également pour son amitié et sa sympathie. . Nous ne saurions jamais comment lui exprimer notre reconnaissance. Qu'il trouve ici le témoignage de notre respect et notre profonde gratitude.

Notre reconnaissance et nos remerciements s'adressent à Mr. KCHIKACH, notre encadrant à FST pour l'encouragement et le soutien, qu'il nous a accordé, et qui nous a fait profiter de ses larges connaissances.

A cet égard nous ne pourrions omettre de remercier Mme. Mina NASLOUBI, ingénieur géologue à la mine de Tighza, pour son aide, ces connaissances précieuses sur la géologie elle nous a fait bénéficier, qu'elle veuille bien trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements pour sa serviabilité.

Nous sommes également redevables aux géologues de la CMT, Mr. Zouhair SAADI et Mr. Mohamed Chakib ABLA pour les connaissances précieuses sur la

géologie du fond dont il nous a fait bénéficier, qu'il veuille bien trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements pour leur serviabilité.

Sans oublier d'adresser nos vives considérations et respect au corps pédagogique et administratif de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech et plus particulièrement le département de géologie appliquée, qui ne cesse de nous garantir une formation de haute qualité.

Enfin, Notre gratitude va également à Mr. ZINE et Mme. MAMA pour leurs plats délicieux et leur serviabilité.

Merci à tous ceux, qui de près ou de loin, ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce projet.

SOMMAIRE :

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

- I. Localisation géographique du district minier de Tighza.
- II. Contexte géologique :
 - 1) Aperçu lithostratigraphique.
 - 2) Aperçu tectonique.
- III. Activités magmatiques et métamorphiques.
- IV. Les différents types de minéralisations à Tighza.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE STRUCTURALE DU SECTEUR SIDI AHMED

- I. Généralités sur le filon Sidi Ahmed.
- II. Réalisation des levés dans le secteur Sidi Ahmed.
 1. Les levés de surface
 2. Les levés des sondages
 3. Les levés du fond.
- III. Proposition d'un modèle global et réalisation des coupes synthétiques.
- IV. Conclusion et recommandations.

INTRODUCTION

Le district minier de Tighza est connu par ses minéralisations filoniennes à Plomb-Zinc-Argent, qui font actuellement l'objet d'une exploitation dans trois principaux sites qui sont comme suit : siège Signal, siège Ighrem Aousser et siège Sidi Ahmed.

Notre sujet va porter sur l'étude structurale du secteur SIDI AHMED, pour proposer un modèle tectonique qui caractérise ce secteur, afin d'améliorer le suivi d'exploitation du filon SIDI AHMED et avoir une idée précise sur les déformations affectant l'encaissant, sachant que l'ouverture de la caisse filonienne est intimement liée à la nature de la roche encaissante. Ce qui pose problème actuellement au niveau de l'exploitation; les travaux miniers sont arrivés à des schistes noirs friables où l'ouverture du filon est très faible voire nulle.

La réalisation de ce projet nécessite une bonne corrélation entre les données de terrain, les données des sondages et les données du fond.

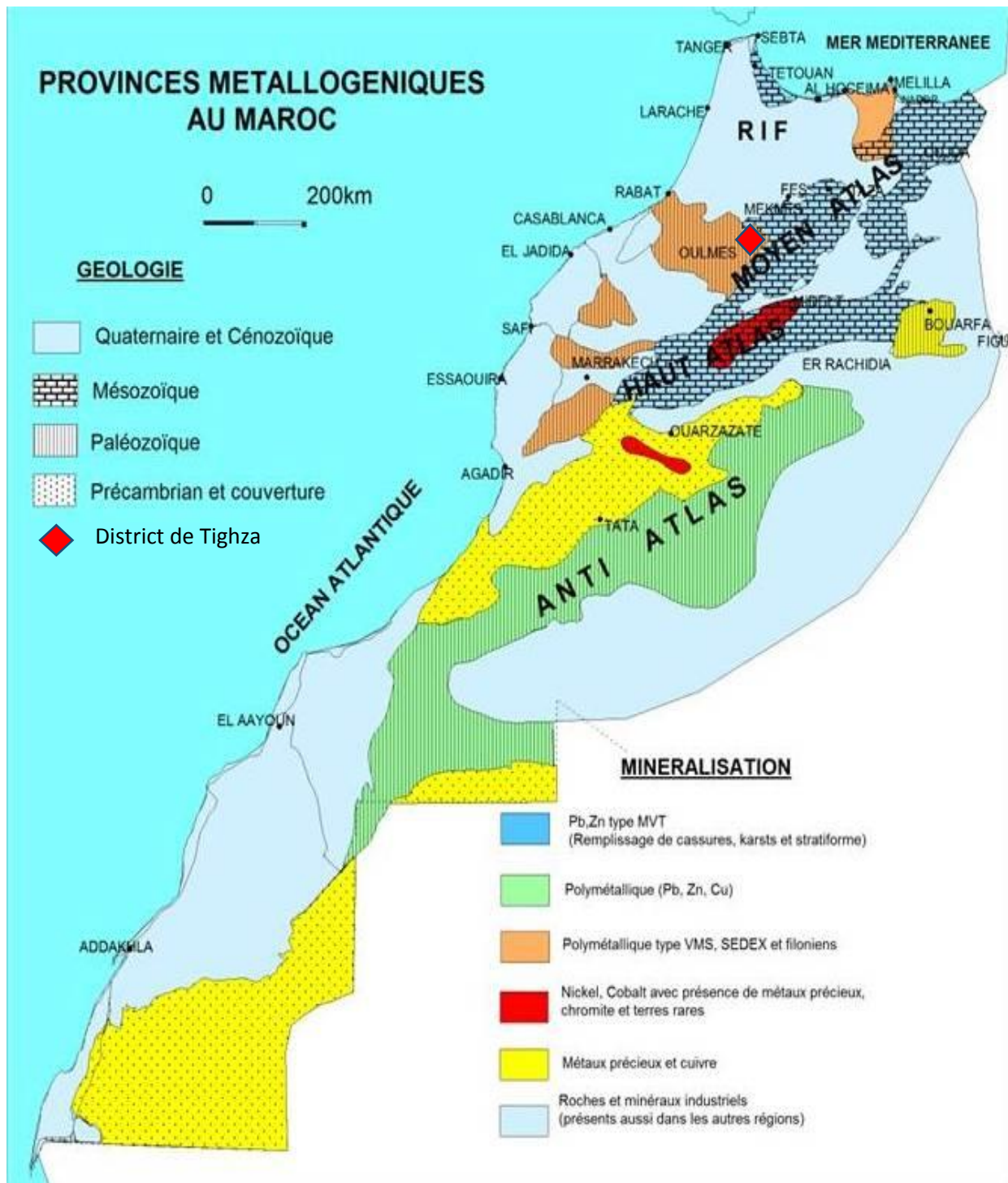
L'objectif final consiste à établir une coupe interprétative à partir d'un levé structural du domaine étudié, dont le but est d'orienter le suivi d'exploitation.

PREMIÈRE PARTIE :

GÉNÉRALITÉS

I. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DU DISTRICT DE TIGHZA :

Le district minier de Tighza connu sous le nom de Jbel Aouam, se situe à 7Km à l’Ouest de M’rirt près de la route secondaire 209 qui relie celle-ci à la ville de Meknès. La zone est marquée par un ensemble de collines allongées suivant une direction NE-SW. L’ensemble est traversé par Oued Tighza de l’Est vers l’Ouest.



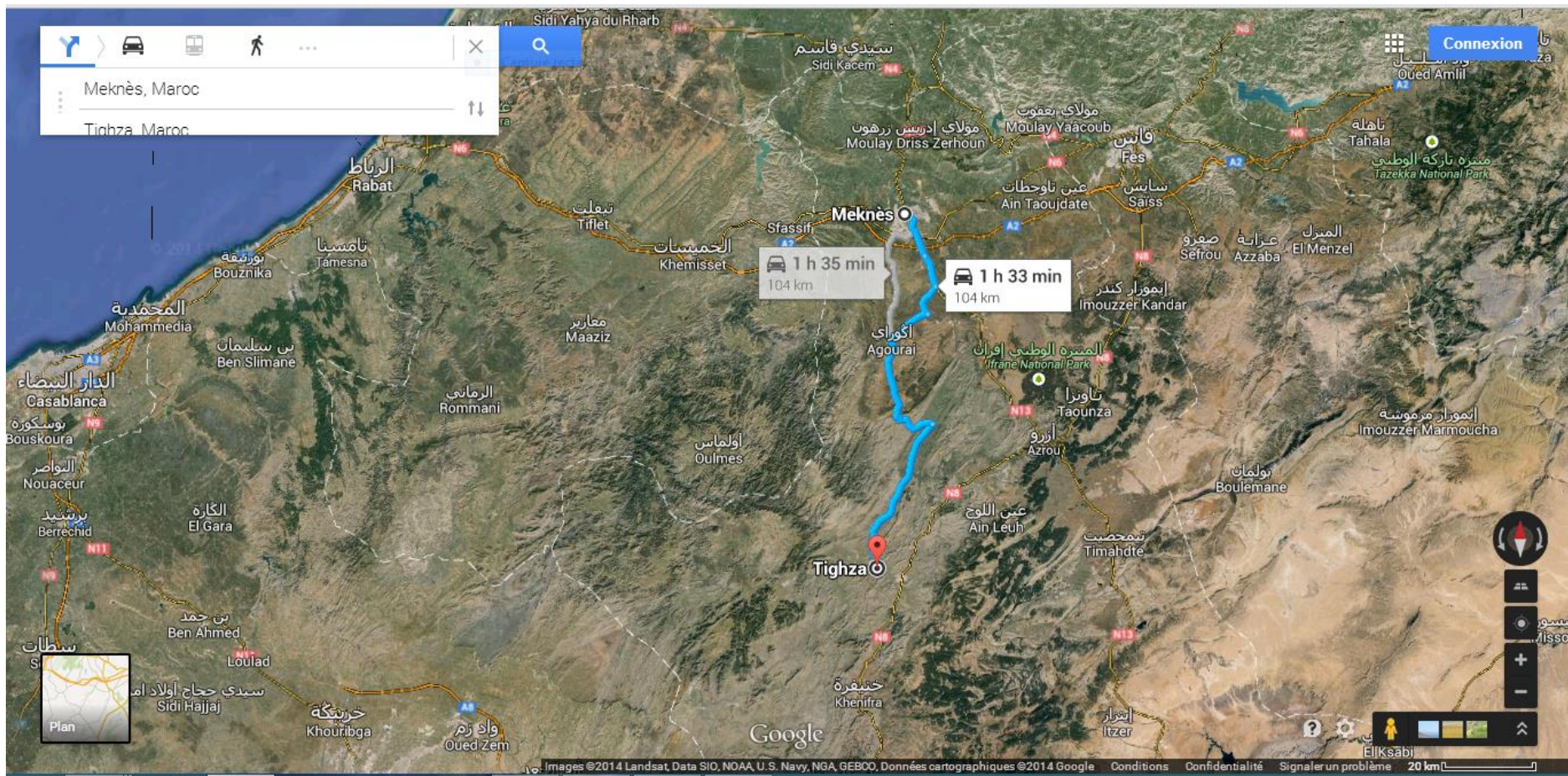
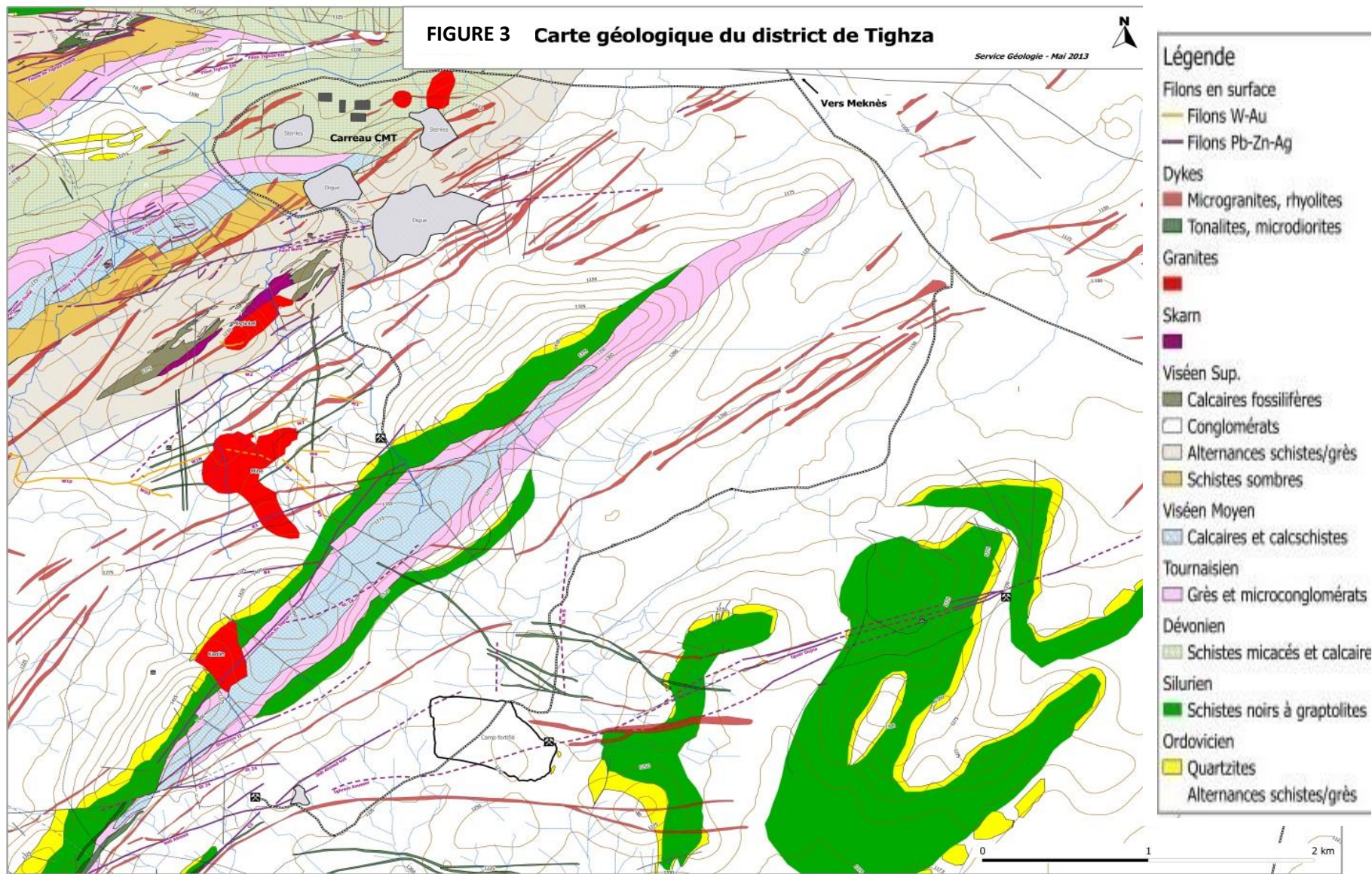


FIGURE2 : CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

II. CADRE GÉOLOGIQUE :

De point de vue géologique le district minier de Tighza appartient à l'anticlinorium Kasbat-Tadla-Azrou (Maroc central).

Le district de Tighza illustre les phénomènes hercyniens qui affectent les terrains paléozoïques d'âge Ordovicien à Carbonifère, les terrains sont affectés par un métamorphisme régional épizonal, puis viennent les différentes phases de déformations hercyniennes ayant structuré toute la zone du Maroc central en un ensemble d'anticlinoriums et synclinoriums et à des zones de cisaillements, la chose qui a contribué à la mise en place d'une minéralisation.



i. Aperçu lithostratigraphique

De point de vue stratigraphique le domaine de Tighza englobe les terrains paléozoïques suivants :

- ✓ L'Ordovicien
- ✓ Le Silurien
- ✓ Le Dévonien
- ✓ Le Viséen supérieur

Cette série est plus ou moins complète selon les endroits. L'Ordovicien et le Viséen supérieurs dominant dans ce secteur tandis que les affleurements siluriens et dévoniens sont très limités.

1. L'Ordovicien :

L'Ordovicien constitue l'étage stratigraphique le plus dominant, constituant les massifs de l'Aouam, d'Anajdam et d'Iguer Oujana qui correspondent à la partie allochtone de l'Ordovicien. Les dépôts attribués à l'Ordovicien supérieur allochtone ou autochtone ont essentiellement un caractère détritique, renfermant à la base une série schisteuse et des alternances de grès et pélites ainsi qu'au sommet de l'Ordovicien existent des barres de quartzites. L'Ordovicien de la région de M'RIRT est à dominance argileuse ou argilo-gréseuses à caractère rythmique.

2. Silurien :

Le Silurien est une succession lithologique à caractère détritique fin. Il repose directement sur les quartzites supérieures. Il est constitué par des pélites gréseuses à teinte grisâtre à noirâtre. Les schistes du Silurien sont riches en matière organique ce qui facilite la datation fossilifère. Ces faciès sont connus dans la région de j. Aouam sous le nom schistes Mokattam ou schistes cloisonnés.

3. Dévonien :

Les dépôts dévoniens sont constitués d'argilites indiquant une sédimentation calme. Les nodules et les calcaires qui enrichissent le Dévonien indiquent que le dépôt est effectué dans la plate-forme externe. La série sédimentaire du Dévonien est composée par : les argilites silteuses à intercalation de calcaires fins porteurs de nombreux indices de tectonique synsédimentaire qui indiquent une instabilité de substratum.

4. Carbonifère :

Les séries grésos-conglomératiques du Tournaisien reposent en discordance sur les terrains antérieurs et sont surmontés par des dépôts marins de plateforme, formés essentiellement par les calcaires bioclastiques, calcaires gréseux et marnes d'âge viséen moyen. La série à caractère de flysch suit ces dépôts de plate-forme.

Mais cet ordre stratigraphique n'est pas applicable sur toute la zone de Tighza vu la présence de certaines lacunes et quelques discordances, c'est le cas de la discordance entre le Viséen et l'Ordovicien située près du siège signal.

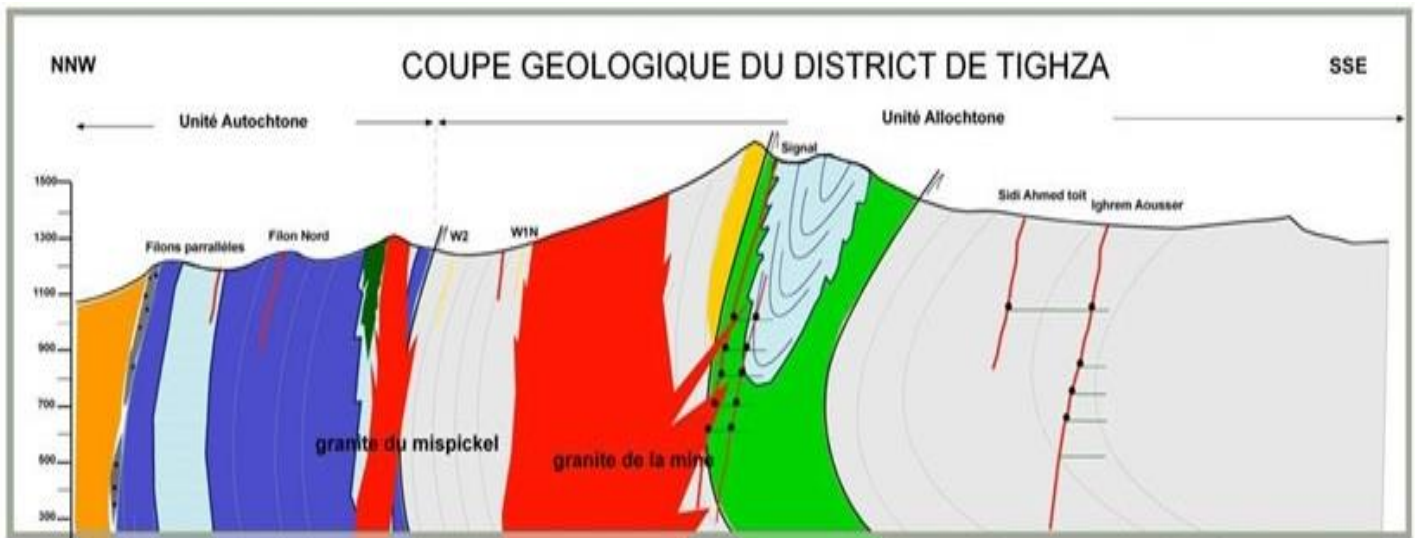


Figure 4 : coupe géologique du district de Tighza (d'après BOUNJMA 2001)

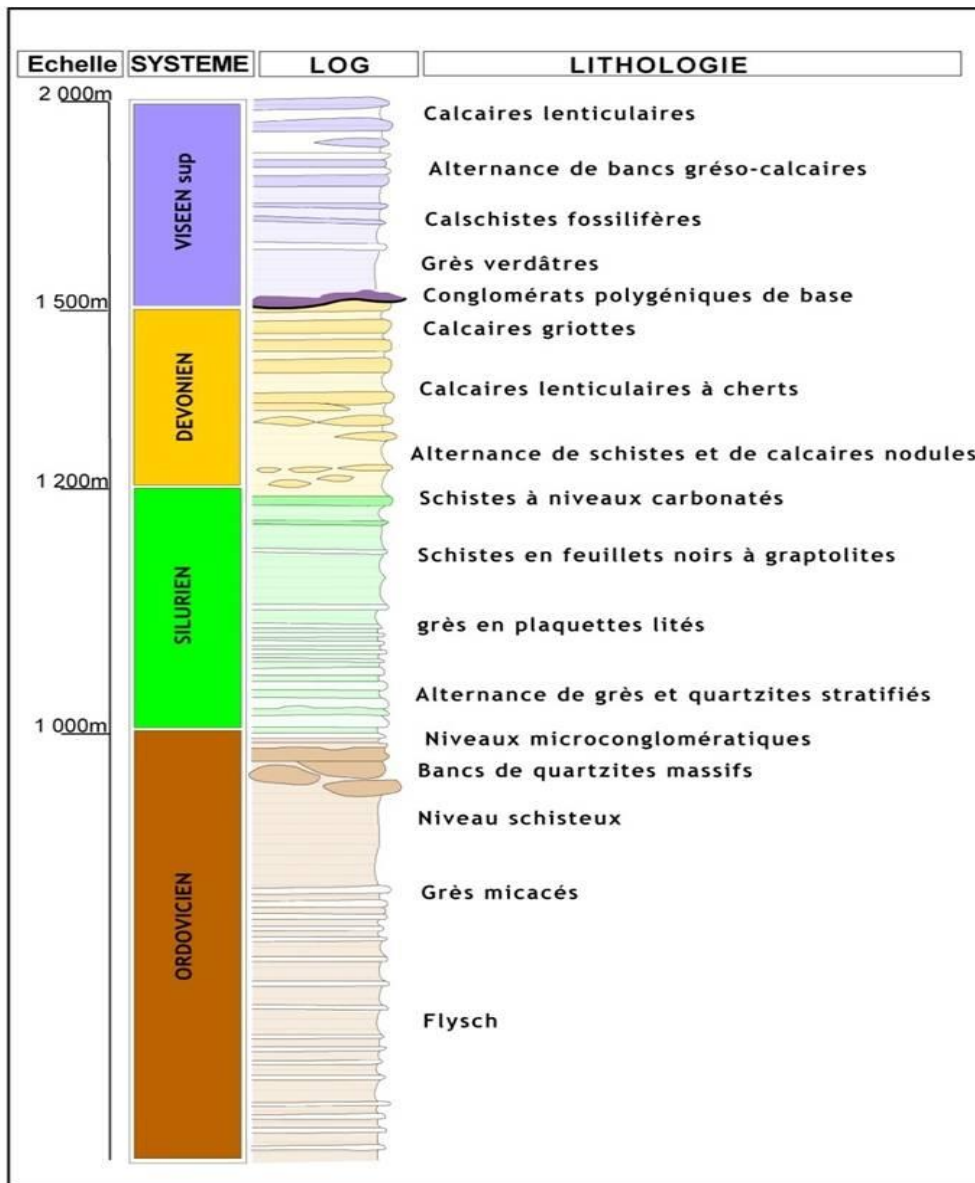


Figure 5: Log stratigraphique du district minier de Tighza (Bounjma 2001)

ii. Aperçu tectonique :

Les différentes études structurales ont montré le caractère polyphasé de l’orogénèse hercynienne et de distinguer entre les importantes déformations qui se subdivisent en trois grandes épisodes :




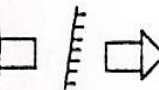
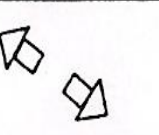



Age	Episode tectonique	Phase	Camp de contraintes	Type de déformation
Westphalien Stephanien	E4	P4		Types de minéralisations Filons Pb -Zn-Ag
		P3		Sulfures:Cu-Zn-Pb -Fe-As
		P2		Tungstène Wolframite Scheelite
		P1		Granitoïdes Aouam et microtonalites
Post-Viséen sup. Anté-Westphalien	E3			Dykes de microgranites
				Accidents chevauchants Mise en place des nappes de glissement
Post-Dév. moyen Anté-Viséen sup.	E1			Plissement majeur post- Viséen, Plis synschisteux NE- SW
				Plissement Post -Dévonien et anté Viséen, Plis NW- SE à N-S

Figure 6: Phases tectoniques affectant le district de Tighza (d’après Piqué 1998)

Le couloir E-W de Tighza est contrôlé par le système de Riedel qui est un modèle tectonique qui caractérise une zone de cisaillement.

Le système de Riedel crée des fractures cisailantes nommées R et R'. En théorie, l'angle entre les R et les R' est 60° et l'angle entre R et la direction du mouvement cisailant est 15°.

L'augmentation du degré d'intensité des contraintes engendre P et P' (voir le schéma du Riedel).

Le système de Riedel à Tighza peut être représenté comme l'indique la figure suivante :

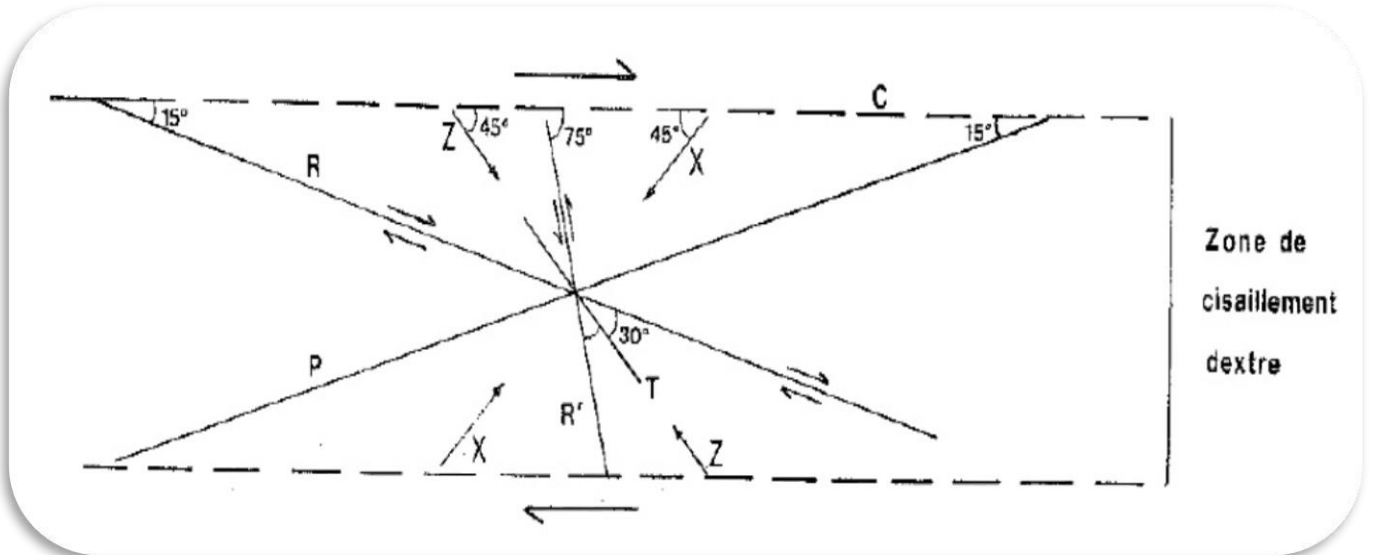


Figure 7: schéma du système Riedel

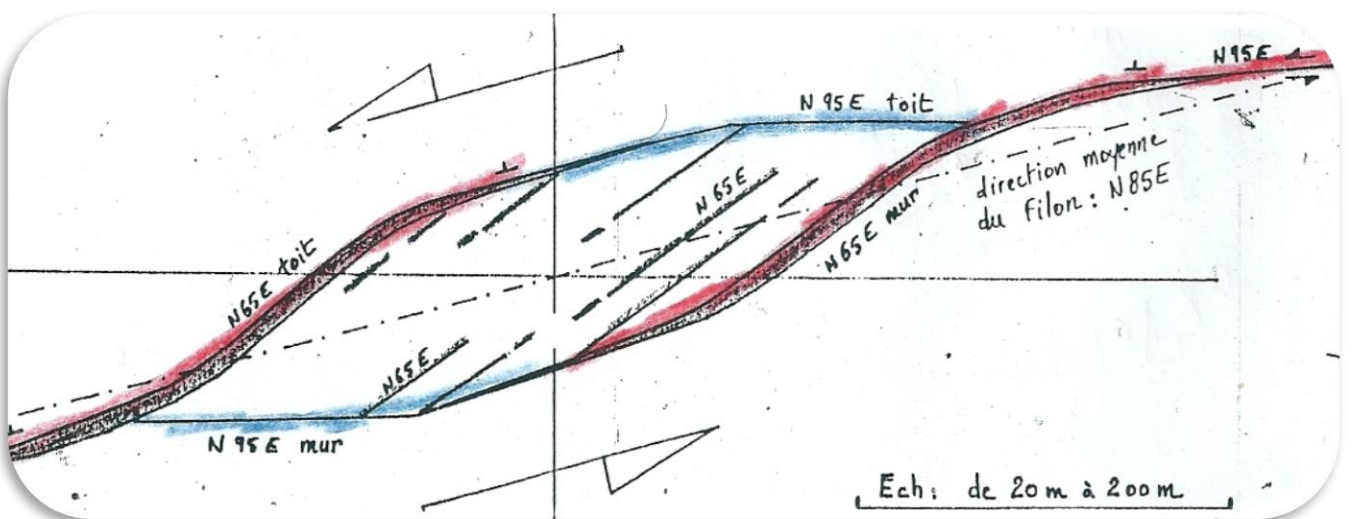


Figure 8 : Schéma d'un filon sénestre respectant le modèle de Riedel

III. LES ACTIVITÉS MAGMATIQUES ET MÉTAMORPHIQUES :

i. Magmatisme :

L'orogénèse varisque englobe des phases tectoniques compressives et extensives accompagnées par la tectonique cassante ce qui a favorisé la mise en place des corps magmatiques de natures variées. C'est le cas du magmatisme intrusif acide post-orogénique de la région de M'ritt qui renferme des filons de direction NE-SW rarement E-W et les intrusions granitiques qui sont le facteur principal responsable de la mise en place de la minéralisation à W-Au.

Les stocks granitiques qui constituent une série magmatique homogène calco-alcalines mis en place lors d'une phase d'extension E-W donnant naissance à des ouvertures N-S, les massifs granitiques de Tighza sont :

- ✓ Les pitons de Tighza à 500 m au sud du village de Tighza, au bord de la route qui mène au carreau de la mine, ils ont une forme circulaire avec un diamètre de 60m. ils recoupent les calcaires et les pélites du Dévonien moyen.
- ✓ Le granite à Mispickel situé au sud des pitons de Tighza, il a une forme allongée suivant une direction NE-SW il est intrusif dans les terrains viséens, encaissé par les schistes vers SE et par les calcaires vers NE et NW.
- ✓ Le granite de la mine situé au nord du siège signal où il est intrusif dans les terrains ordoviciens.
- ✓ Le granite du Kaolin; situé au sud du district, recoupé par des filons contenant une minéralisation de Pb-Zn-Ag, ce qui a occasionné une importante altération en argile (kaolin). Il recoupe les schistes du Siluriens au nord et les calcaires viséens au sud.

Les apex granitiques de Tighza présentent une texture équigranulaire à porphyrique biotite, plagioclase, feldspath potassique et quartz avec des minéraux opaques tels que : la chalcoppyrite, la pyrite et la sphalérite.

ii. Métamorphisme :

Les terrains de Tighza sont affectés par le métamorphisme régional et le métamorphisme de contact.

a) Métamorphisme régional :

Il est développé pendant une période assez brève qui correspond à la structuration post-viséenne, il s'accompagne d'une paragenèse (illite-chlorite) qui indique un métamorphisme épizonal.

b) Métamorphisme de contact et hydrothermal :

Ce métamorphisme se développe dans les terrains d'âge ordovicien supérieur à Viséen supérieur et il affecte essentiellement les schistes, les grés et les calcaires.

L'activité magmatique au sein du district est accompagnée par le développement d'une auréole de métamorphisme centrée sur les stocks granitiques en occupant une surface de 3Km sur 2km, en réalité l'auréole de métamorphisme est formée grâce à deux phénomènes principaux : le métamorphisme de contact thermique et topochimique et le métamorphisme hydrothermal qui résulte de la circulation des fluides hydrothermaux en causant un métamorphisme allochimique dans les calcaires d'où l'existence des skarns.

IV. LES DIFFÉRENTS TYPES DE MINÉRALISATIONS À TIGHZA :

Le district de Tighza renferme des minéralisations variées dont chacune est mise en place selon des conditions physico-chimiques distinctes ce qui nous

indique un fonctionnement hydrothermal polyphasé. Les minéralisations de Tighza peuvent être classées comme suit :

✓ *Minéralisation de haute température* : c'est une minéralisation à tungstène-Or située au sein de l'auréole de métamorphisme de contact, deux groupes de minéralisations se développent :

a. Une minéralisation de type skarns, dont la formation est due à l'infiltration des solutions hydrothermales, apportant une minéralisation à W-Au dans les calcaires et les roches schisto-gréseuses et une diffusion lors d'un transfert métasomatique local. Les conditions physico-chimiques de dépôt de cette minéralisation à W-Au ont été estimés jusqu'à 580°C et 18 Kbar

b. Une minéralisation filonienne dont la mise en place est postérieure à celle de la minéralisation de type skarns, elle se présente sous forme d'un remplissage de fractures ouvertes de direction NW-SE. les conditions physico-chimiques de dépôt de cette minéralisation à tungstène ont été estimés jusqu'à 450°C et 1 kbar .

✓ *Minéralisation de moyenne température* : c'est une minéralisation Pb-Zn-Ag sous forme filonienne. Les filons sont constitués d'une gangue de carbonates (ankérite, sidérite) associés à de la galène argentifère et de la sphalérite, avec des traces de pyrite et de quartz. Ils sont encaissés dans les sédiments paléozoïques, et recoupent localement les corps granitiques. Les principaux filons sont Ighrem Aousser, Sidi Ahmed, Signal et filon Nord. L'ensemble est limité au nord par le couloir de cisaillement de l'oued Tighza et au sud par le réseau de failles de Bou Waghaz. C'est à ce jour la seule minéralisation qui soit concernée par l'exploitation minière.

✓ *Minéralisation de basse température* : c'est une minéralisation à antimoine et barytine. Elle appartient à la province métallogénique à stibine du Maroc central. Elle s'agit toujours d'une minéralisation de forme filonienne dont la mise en place est effectuée soit dans les fractures de microgranite, soit dans des failles n'affectant que des formations sédimentaires paléozoïques.

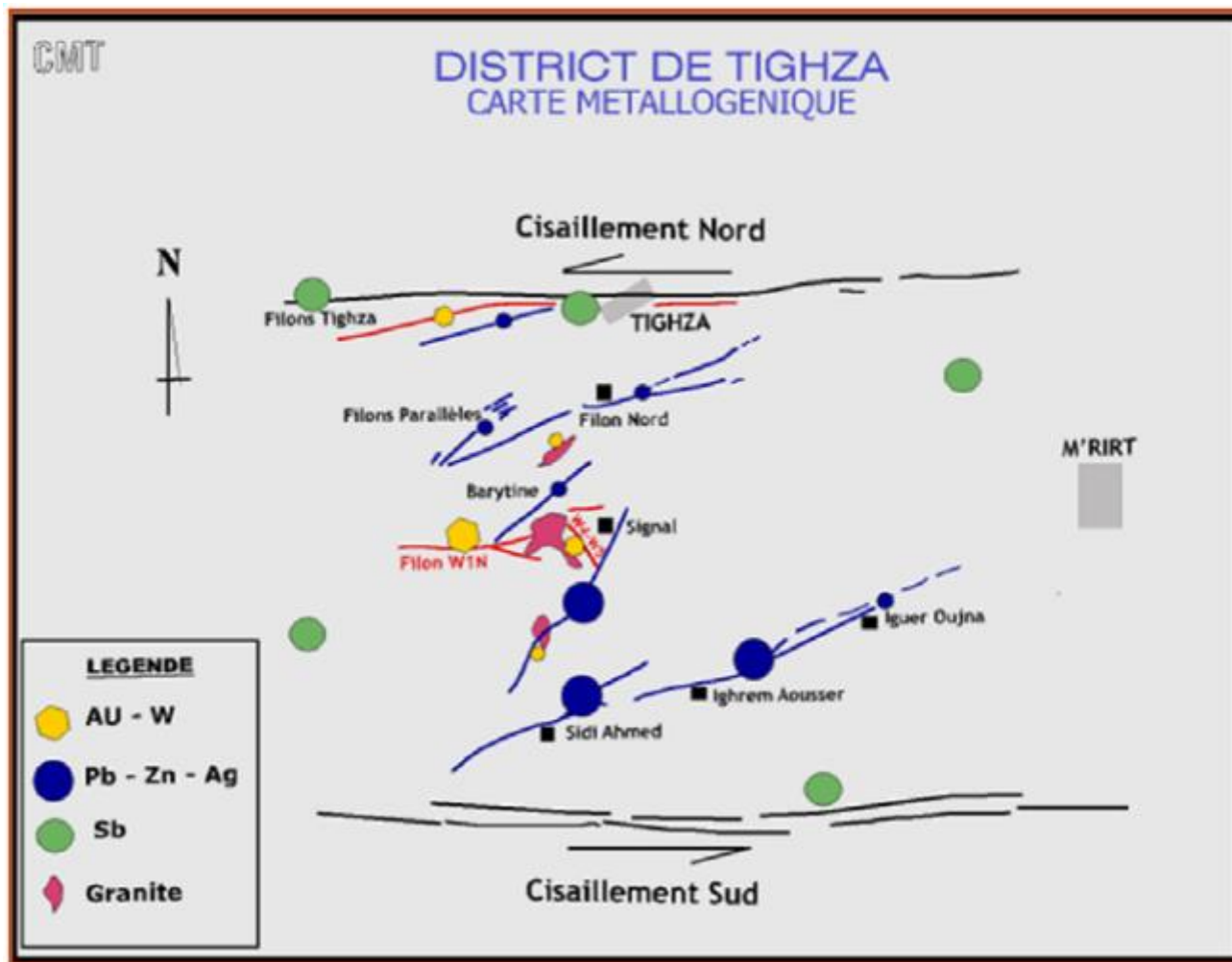


FIGURE 9 : CARTE MÉTALLOGÉNIQUE DU DISTRICT DE TIGHZA

DEUXIÈME PARTIE

ETUDE STRUCTURALE DU SECTEUR SIDI AHMED

OBJECTIF DU SUJET :

Notre sujet vise comme objectif : l'évolution des faciès en profondeur, dans le secteur de Sidi Ahmed. Et donner un modèle structural du domaine, qui permet d'identifier la roche encaissante du filon Sidi Ahmed, parce que la nature de l'encaissant a une influence remarquable sur l'ouverture de la caisse filonienne : le passage de l'alternance grés-schistes d'âge Ordovicien, à des schistes noirs friables d'âge Silurien, marque la fin de la minéralisation.

Le modèle structural de la zone va permettre de tracer la limite Ordovicien-Silurien, ce qui permettra d'anticiper l'évolution du filon en profondeur et orienter la recherche.

La réalisation de ce sujet nécessite :

- ✓ Levé structural et identification des faciès de la zone de Sidi Ahmed;
- ✓ Levé structural et identification des faciès dans les niveaux accessibles de la mine;
- ✓ Interprétation des données des sondages;
- ✓ Elaboration d'un modèle pour l'évolution en profondeur des faciès et de la minéralisation;

I. GÉNÉRALITÉS SUR LE FILON SIDI AHMED :

1) contexte géographique et géologique :

Le filon Sidi Ahmed occupe la zone Sud-Ouest du district minier de Tighza, et est situé exactement à l'Ouest du siège Ighrem Aousser. La structure filonienne de Sidi Ahmed s'allonge sur une extension de 1200m avec une direction globale ENE-WSW et pendage fort redressé vers le NW, marquée par un chapeau de fer discontinu à traces d'activité d'exploitation ancienne.

L'encaissant de Sidi Ahmed est constitué par les alternances des schistes et grés, d'âge ordovicien.

La caisse filonienne de Sidi Ahmed qui fait 1.20m de puissance, possède des structures bréchiques et rubanées, marquant la succession de plusieurs phases hydrothermales. La paragenèse est constituée de : sidérose, ankérite, quartz, blende, galène, argent et trace de barytine.

Le filon est mis en place suite à un régime de cisaillement responsable de l'ouverture des tronçons N60-N70 et fermeture des segments E-W. La phase Pb-Zn-Ag se surimpose au système d'ouverture fermeture de la zone filonienne et développe une minéralisation lenticulaire.

La structure avait fait l'objet d'une recherche par sondages courts au temps de la SMA, suivi par une reconnaissance par géochimie et géophysique ainsi que par trois sondages jour et deux sondages fond entre les années 1998 et 2000.

Actuellement le filon Sidi Ahmed fait l'objet d'une exploitation, en fournissant une teneur élevée et un tonnage important.

De point de vue géologique la zone est caractérisée par plusieurs contacts anormaux, et plusieurs types de déformations ayant structuré ce secteur d'une façon très compliquée. Donc en exploitant les données de surfaces, les données des sondages et les données du fond on est appelé à proposer une coupe structurale de la zone d'étude.

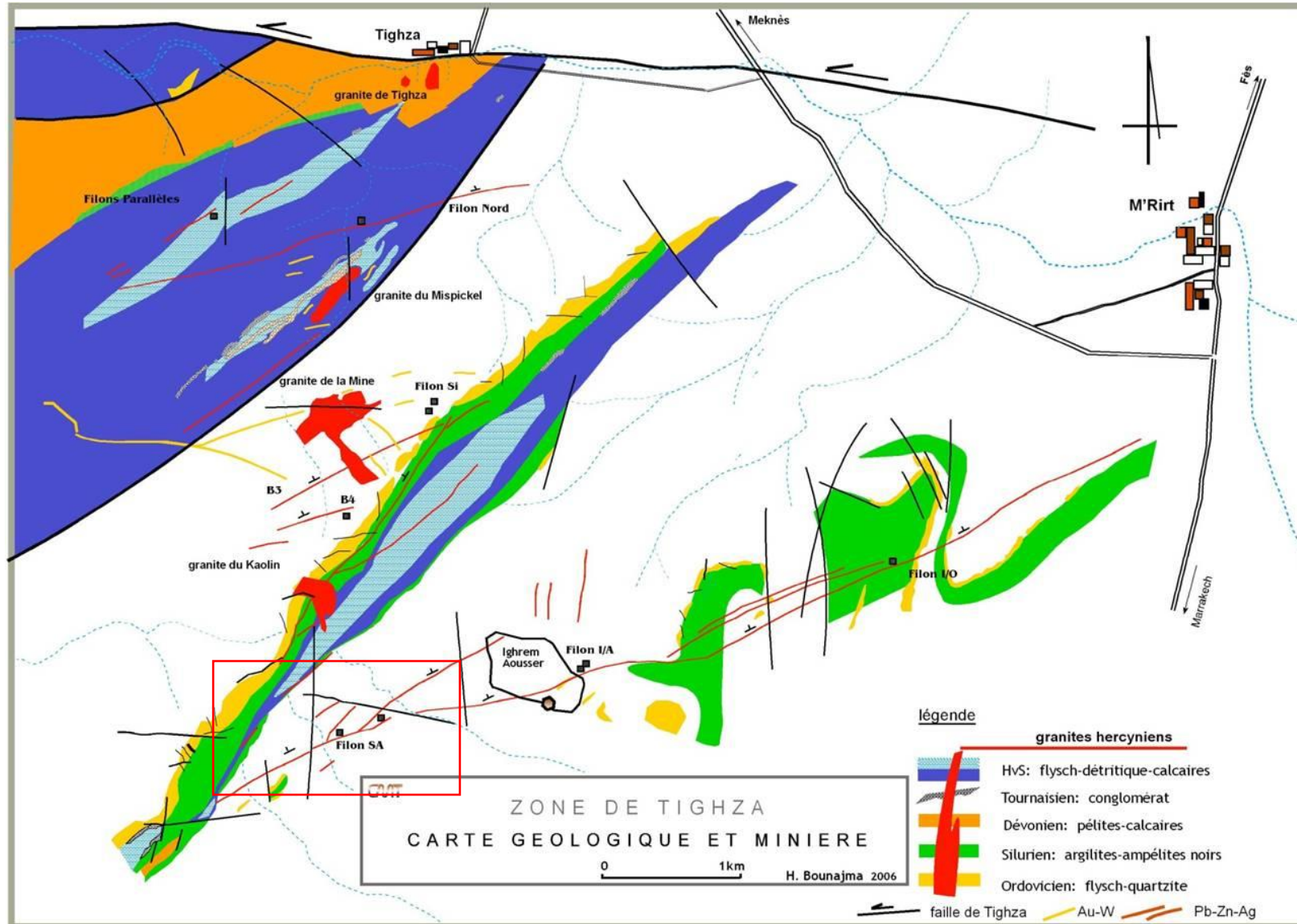


FIGURE 10 : SITUATION DE SECTEUR SIDI AHMED (BOUNJMA 2001)

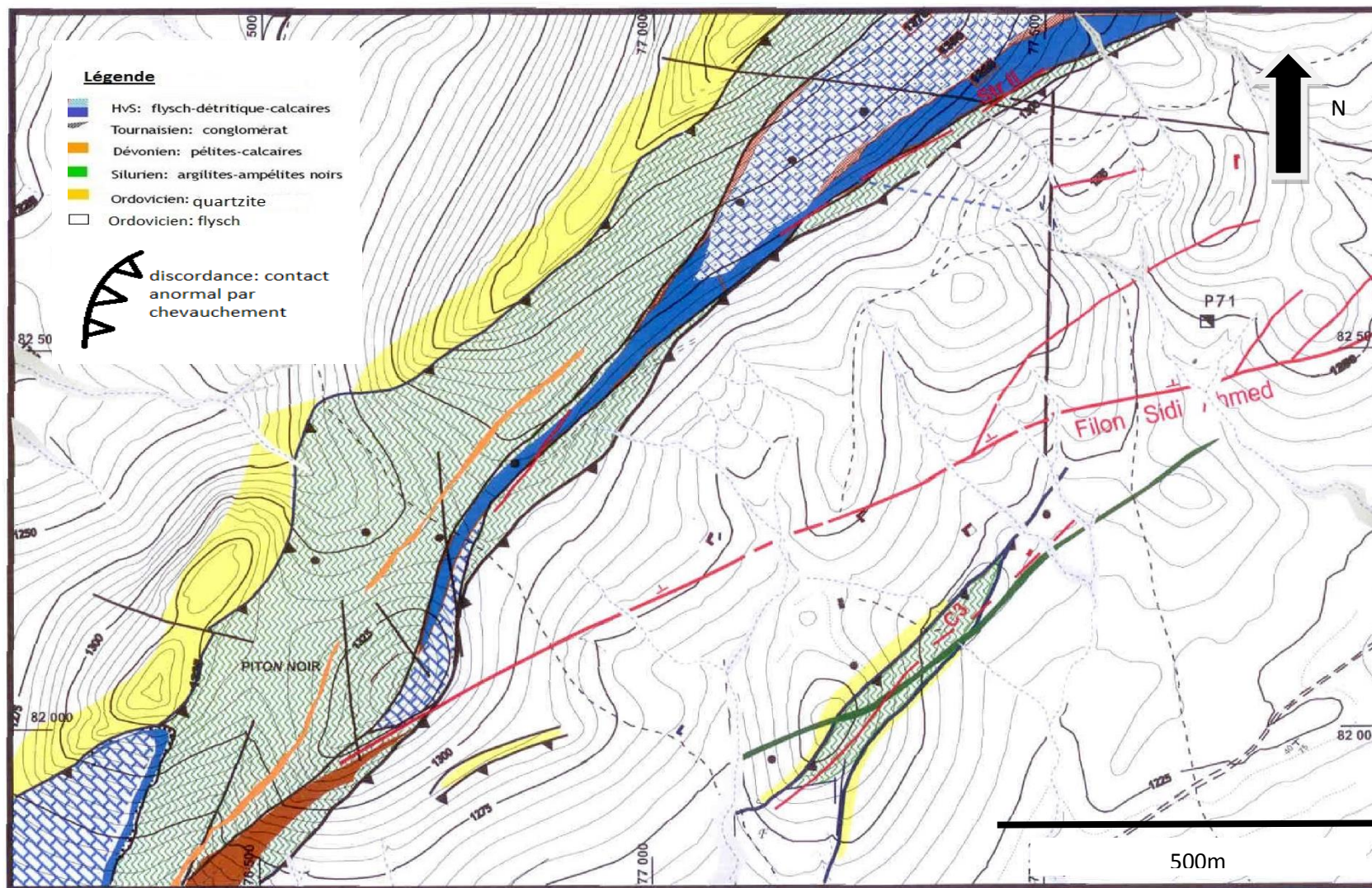


FIGURE 11 : CARTE GÉOLOGIQUE DU SECTEUR SIDI AHMED

II. RÉALISATION DES LEVÉS DANS LE SECTEUR SIDI AHMED

1. LES LEVÉS DE SURFACE :

La méthode de travail consiste d'abord à collecter les données de terrains, en mesurant la direction et le pendage de la S_0 , et en notant la description lithologique correspondante. Les données seront reportées sur la carte géologique du secteur pour avoir une idée précise sur les variations du plan de stratification.

Les mesures effectuées vont être distribuées en grande partie sur les terrains ordoviciens constituant la majeure partie qui affleure dans ce secteur.

Selon le log stratigraphique, l'Ordovicien débute par les flysch intercalés par des bancs épais de grés, et coiffé par le niveau de quartzite fini-ordovicien.

Le Silurien est caractérisée par les schistes noirs à Graptolites et nodules, le Silurien montre une déformation très intense marquée par une S_0 très perturbée, généralement cet étage marque les contacts anormaux entre les étages (voir la carte du secteur).

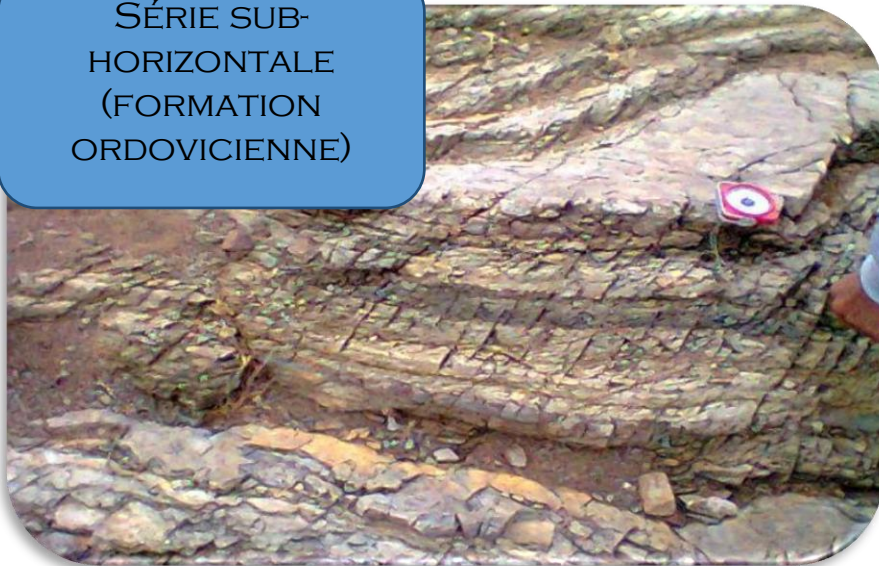
Le Viséen formé par les grés et les calcaires, montre une structure synclinale au NE du domaine d'étude, ce synclinal est mis en évidence d'après les travaux antérieurs.

Les affleurements du Dévonien sont très limités en surface. Les terrains dévoniens, constitués par des schistes et des calcaires, affleurent sur quelques mètres dans la partie SW du secteur étudié.

L'ensemble de ces terrains est structuré selon des phases de plissement, de charriage et d'écaillage.

Après la réalisation des mesures de terrains, il est nécessaire de réaliser des coupes géologiques représentant l'allure des faciès en sub-surface. Les coupes réalisées doivent apporter une idée sur l'évolution des pendages du Nord vers le Sud et d'Est vers l'Ouest, et mettre en évidence les changements lithologiques les plus remarquables et pouvoir les limiter.

SÉRIE SUB-
HORIZONTALE
(FORMATION
ORDOVICIENNE)

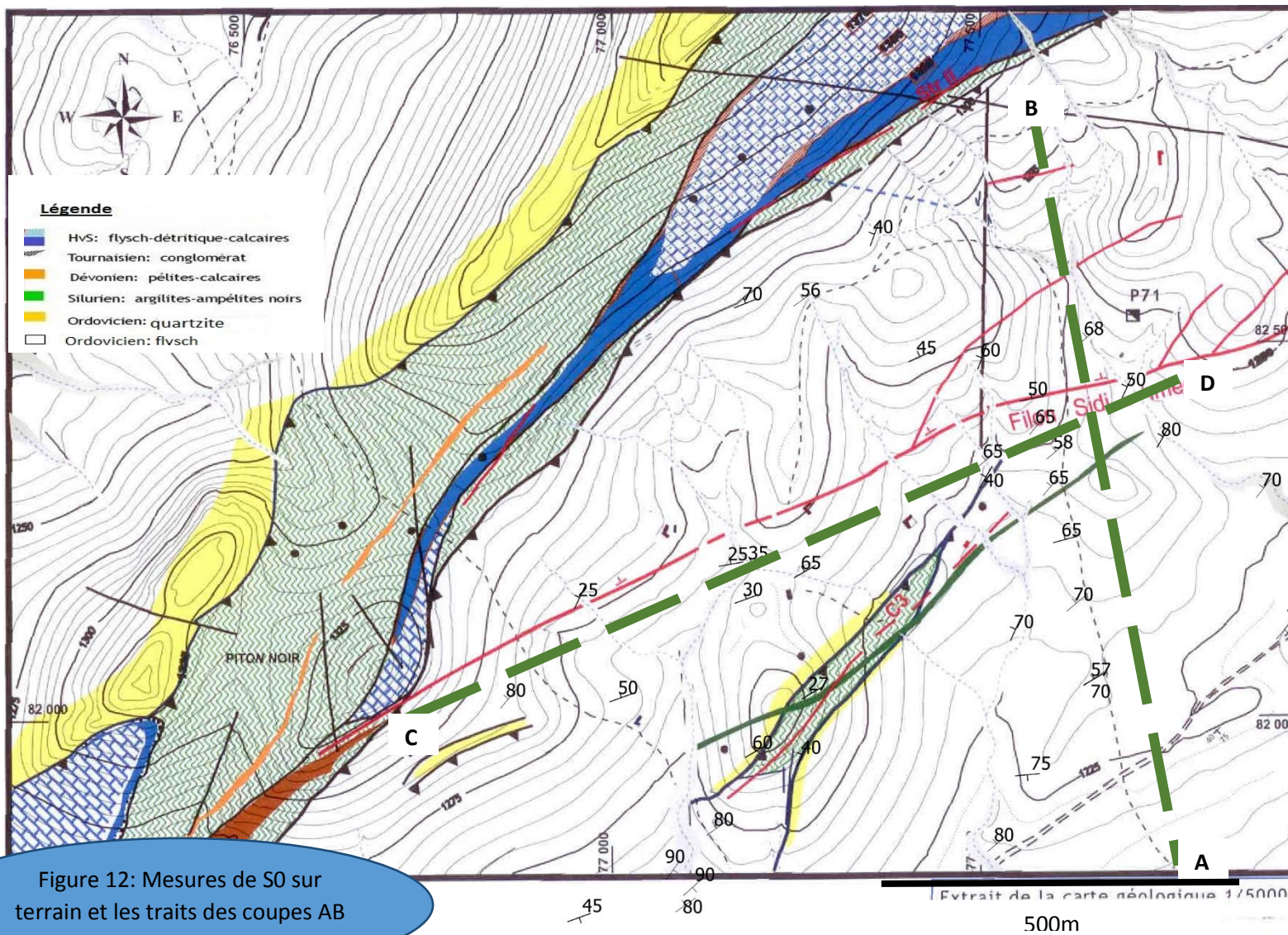


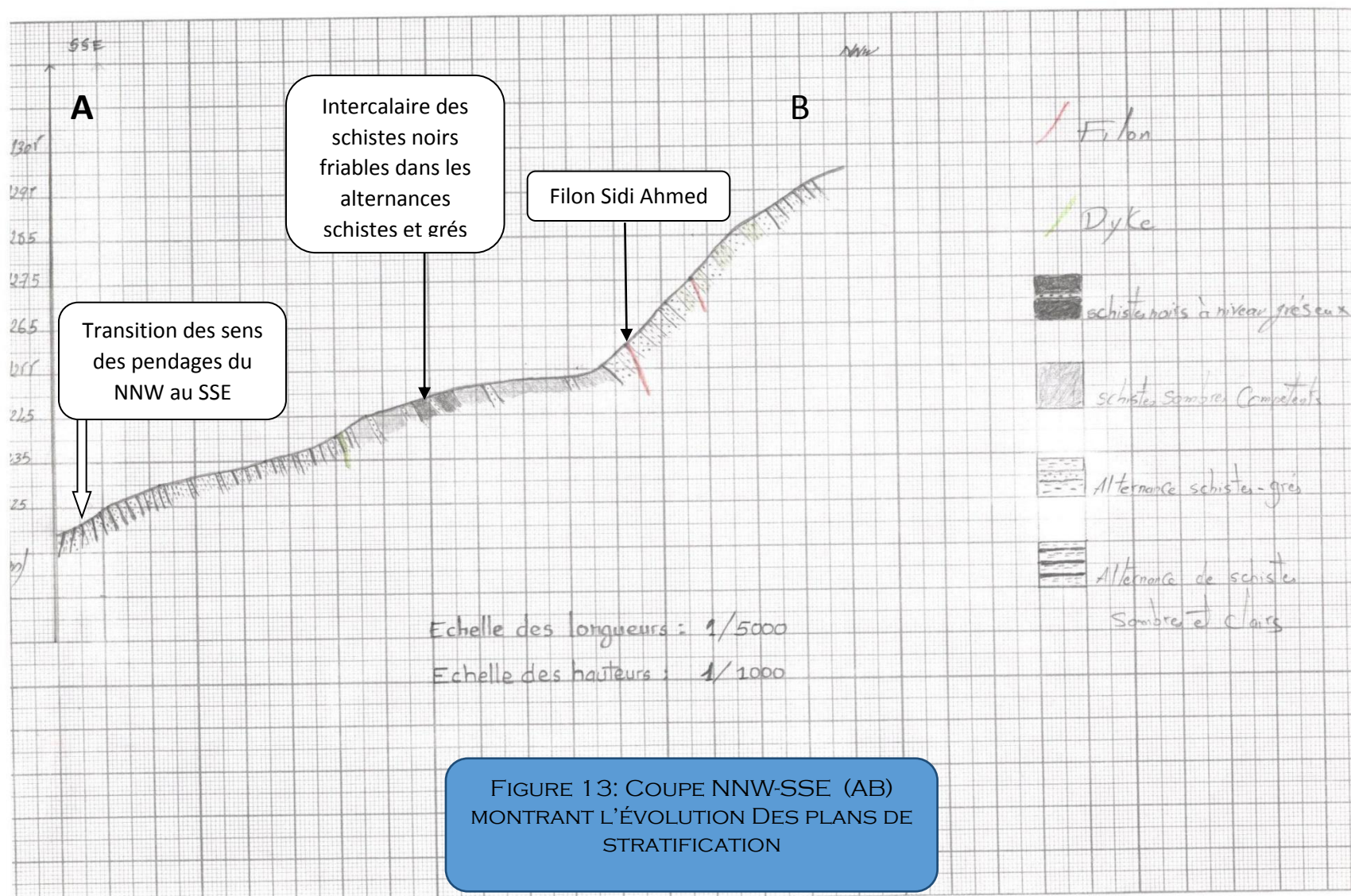
SÉRIE
MONOCLINALE
À PENDAGE
VERS SE
(FORMATION
ORDOVICIENNE)

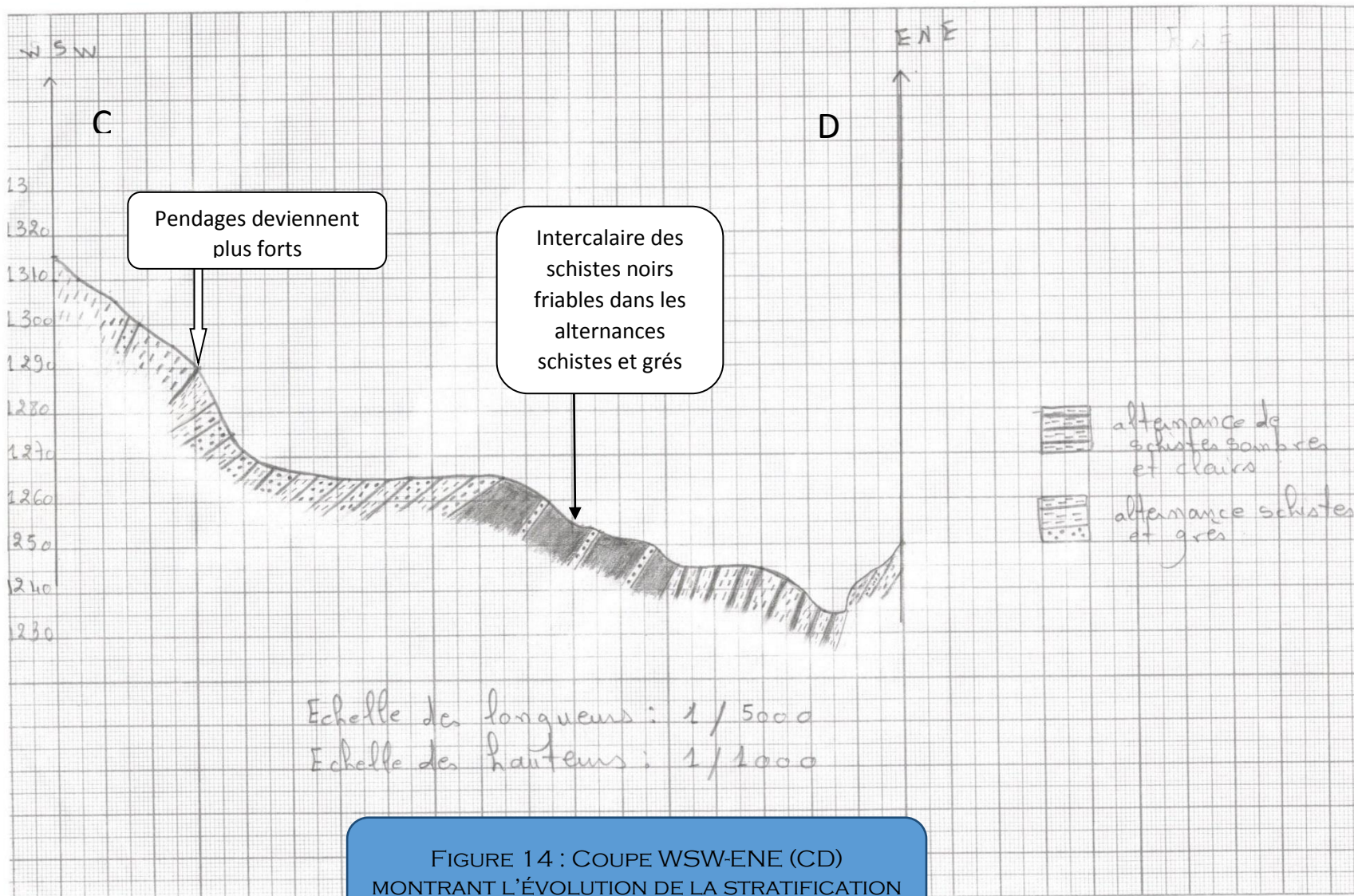


CHARNIÈRE
D'UN
ANTICLINAL
(FORMATION
ORDOVICIENNE)





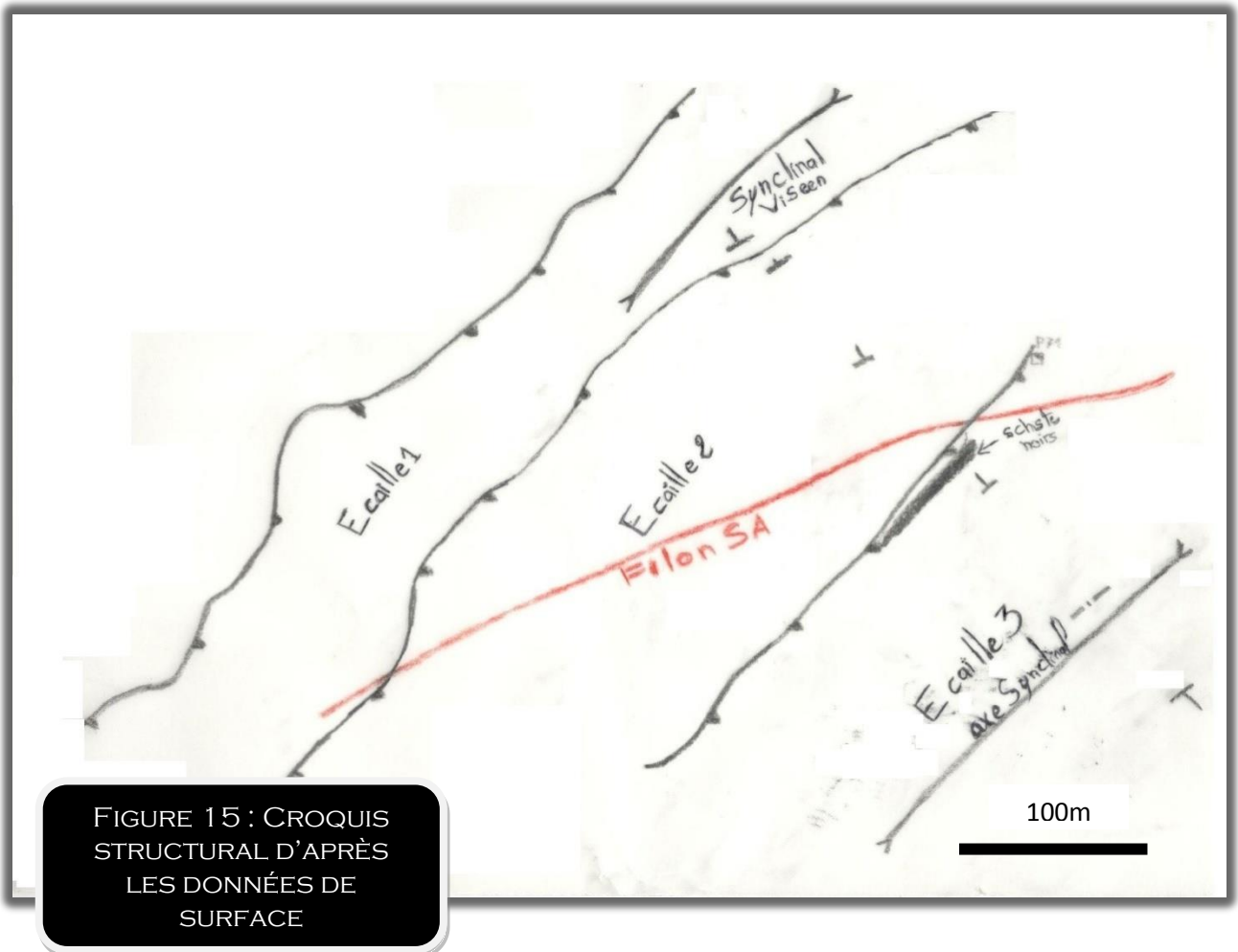




COMMENTAIRE ET ANALYSE DES DONNEES :

Les travaux réalisés sur terrain ont mis en évidence trois idées principales :

- ✓ Le pendage du plan de stratification des terrains ordoviciens (écaïlle 2, voir fig. 15) devient de plus en plus fort (80° vers NW) en se rapprochant au contact avec le Viséen et Silurien possédant des pendages relativement faibles (25° vers NW). Ce qui nous permet de démontrer le contact anormal noté sur la carte géologique et d'être certain de tracer la discordance qui subdivise le domaine de travail en deux unités distinctes. (NB, la discordance; contact anormal par chevauchement).



- ✓ Les mesures sur terrain ont montré une claire transition de sens de pendage. La partie Nord du domaine montre des sens de pendages vers NW avec une valeur de pendage qui augmente en se rapprochant de la discordance, alors que la partie Sud montre des sens de pendage vers le SE. Et entre les deux secteurs identifiés les pendages sont subverticaux.

Ce passage transitionnel et remarquable traduit l'existence d'une charnière de plis supposée.

- ✓ Les deux coupes établies (AB et CD) à partir du levé de surface, ont permis de cartographier un changement de faciès remarquable au sein de l'Ordovicien (écaïlle 3). Les deux coupes réalisées délimitent bien un passage des alternances des schistes et grés à des schistes noirs fracturés et friables intercalés par des niveaux millimétriques de grés. L'absence des nodules et des Graptolites, prouve que ce faciès appartient à l'Ordovicien qui constitue l'écaïlle 3. Ce changement de faciès est localisé dans la zone du contact entre l'écaïlle 2 et l'écaïlle 3.
- ✓ Zone sud du secteur est caractérisée par des plis d'échelle métrique, montrant un léger déversement vers le SE.

Dans une deuxième étape, l'étude des sondages va permettre de compléter les données de surface.

2. RÉALISATION DU LEVÉ DES SONDAGES :

Cette étape consiste à lever les sondages réalisés dans la zone, en se basant sur la description lithologique des carottes pour distinguer les différents faciès caractérisant chaque étage stratigraphique, la chose qui va permettre de réaliser des coupes des sondages dans le secteur de travail.

Après avoir réalisé ce travail, il est nécessaire de corréliser entre les données des sondages, afin de faire la liaison entre les données de terrain et les données des sondages.

VISÉEN :

Les calcschistes, ce sont des roches massives grisâtres à noirâtres fortement fracturés, bréchifiés et métamorphisés dont la stratification peu apparente. Ces calcschistes sont intercalés par des bancs calcaires verdâtres massifs. Ce faciès caractérise le Viséen.

L'alternance de lits centimétriques schisteux et de lits calcaireux clairs à grains grossiers. Au niveau des lits calcaireux qui sont fortement imprégnés de pyrite et des points d'arsénopyrite, on remarque l'existence des fossiles épigénisés en sulfures. Le litage de la roche est estompé avec une déformation des bancs ce qui indique que la roche est fortement métamorphisée et fracturée. L'épaisseur des bancs augmente avec la profondeur.

DÉVONIEN :

Caractérisé généralement par des schistes sombres intercalés par des niveaux discontinus du calcaire fossilifère.



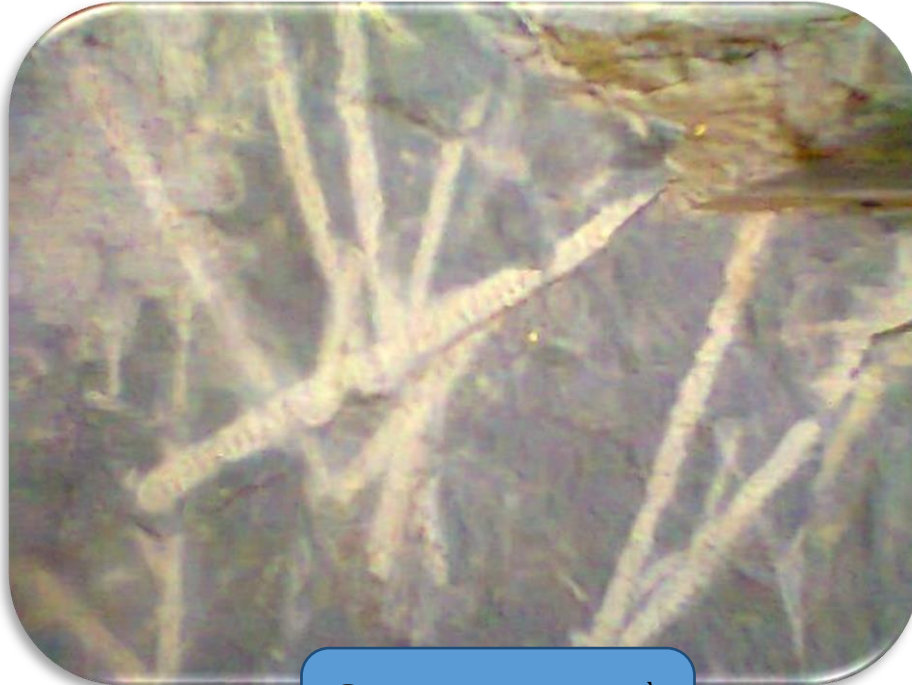
SILURIEN :

Caractérisé par un faciès des schistes noirs très friables et très fracturés, ils se distinguent par rapport aux autres faciès par l'existence des nodules et les Graptolites. Il s'agit d'un faciès très déformé localisé généralement aux zones de contacts anormaux, et responsables des phénomènes de glissement et d'écaillage affectant la région lors de l'orogénèse hercynienne.

Les affleurements siluriens dans la zone d'études sont marqués par une S0 très perturbée et qui ne peut pas fournir une idée sur le modèle structural à l'échelle du domaine de travail. Mais les coupes de sondages vont donner une idée précise concernant leur position en profondeur.



SCHISTES NOIRS
FRACTURÉS À
NODULE



SCHISTES NOIRS À
GRAPTOLITES

ORDOVICIEN :

La majeure partie des affleurements ordoviciens est constituée par des alternances des schistes et grés, et parfois des schistes gréseux accompagnés par des interlits schisteux noirs millimétriques, ils sont caractérisés par une couleur verdâtre sombre. Le fin litage sombre est globalement estompé par le métamorphisme.

La fin de l'Ordovicien est marquée par un niveau repère formé par des quartzites massives.

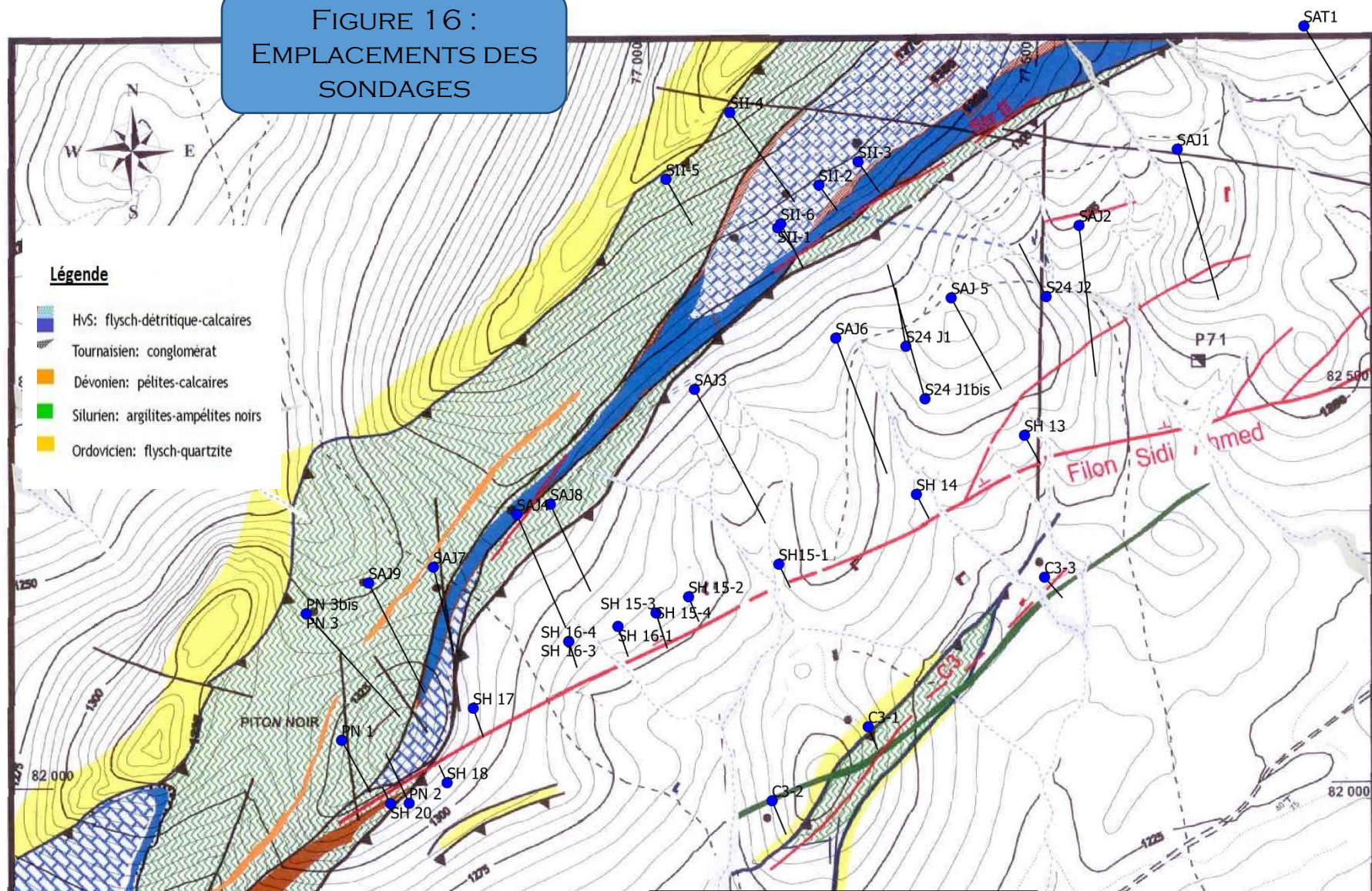


ALTERNANCE
DES SCHISTES
ET GRÉS D'ÂGE
ORDOVICIEN

LES COUPES DES SONDAGES (JOUR) :

La coupe d'un sondage est réalisée à partir de la description lithologique qui nous permet d'identifier l'étage stratigraphique. La réalisation d'une coupe de sondage nécessite la connaissance de l'inclinaison, l'azimut, les coordonnées et la longueur totale de l'ouvrage.

FIGURE 16 :
EMPLACEMENTS DES
SONDAGES



500m

1. LA COUPE DES SONDAGES SAJ8 ET SH16-1 :

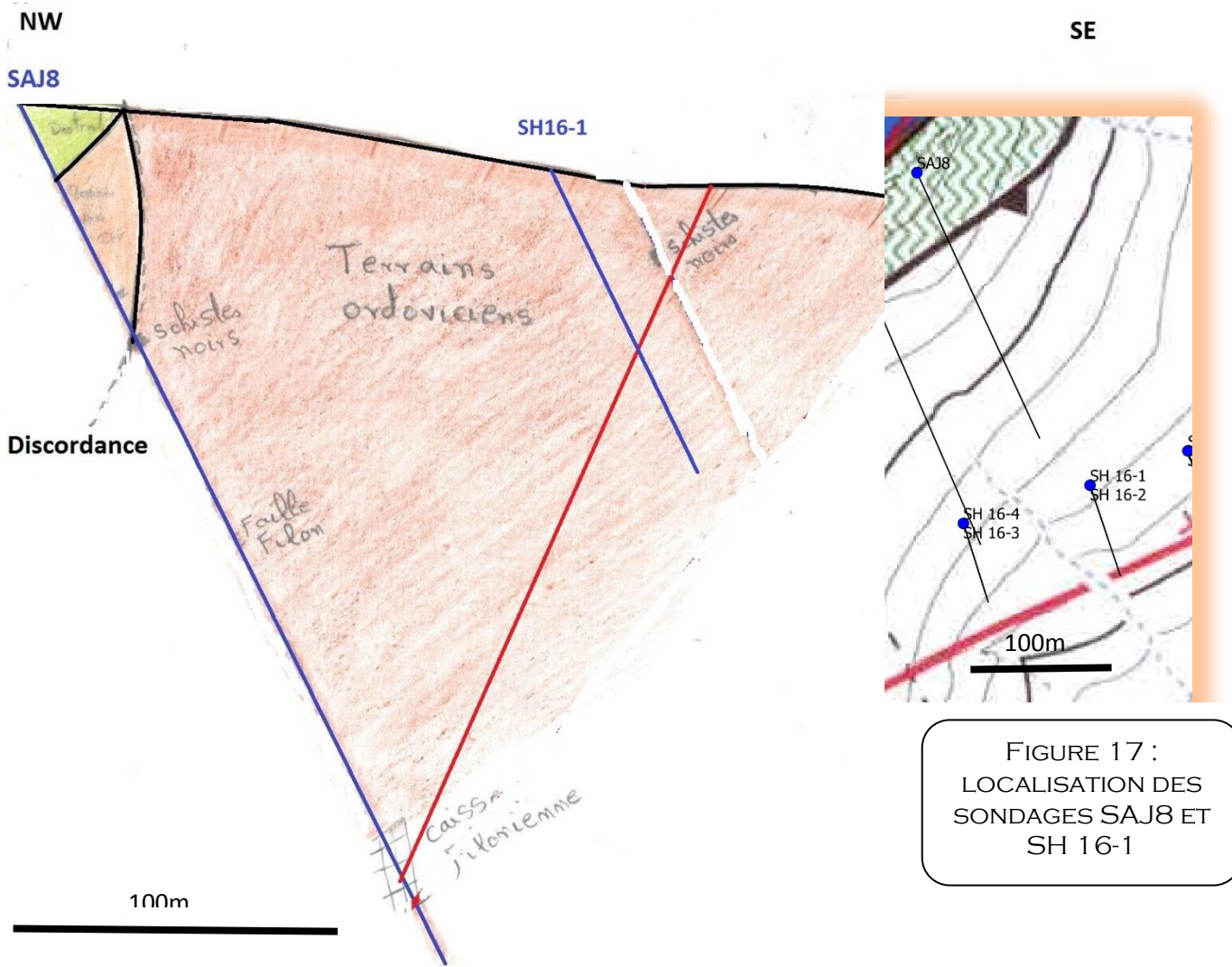


FIGURE 17 : LOCALISATION DES SONDAGES SAJ8 ET SH 16-1

Légende:

- Ordovicien
- Silurien
- Dévonien
- Filon Sidi Ahmed

COMMENTAIRE DE LA COUPE (SAJ8 ET SH16-1):

Le sondage SAJ8 est réalisé sur un affleurement du Silurien au NW de la discordance, selon la coupe on peut supposer que cet étage ne présente pas un enracinement important, mais reste à vérifier cette supposition à partir d'autres sondages.

Le passage à la zone de la discordance est marqué par un broyage remarquable, contenant des brèches de schistes noirs.

A l'affleurement, la discordance se trouve entre un terrain ordovicien et un terrain silurien, mais le sondage SAJ8 montre l'existence des terrains dévoniens qui n'affleurent pas et qui marquent le contact anormal avec l'Ordovicien à 40 m de profondeur.

A partir de la coupe on peut déduire également que les alternances schistes-grés sont intercalées par des niveaux décamétriques de schistes noirs friables déjà observés sur le terrain.

Enfin, le sondage montre que la caisse filonienne de Sidi Ahmed est encore encaissée dans des alternances des schistes et grés ordoviciens, encaissant favorable à l'ouverture du filon.

2. LA COUPE DES SONDAGES SAJ4 ET SH16-4

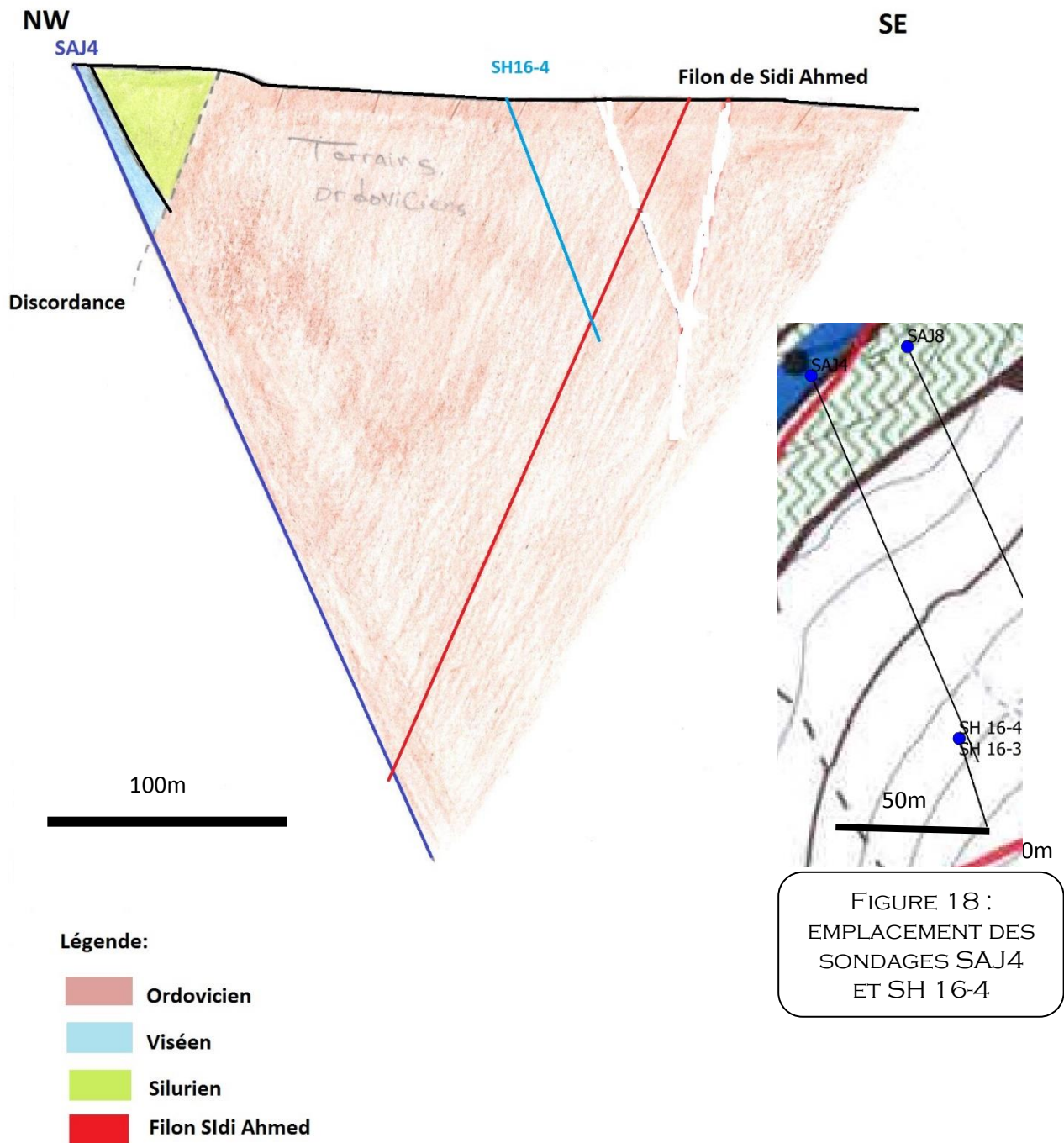


FIGURE 18 :
EMPLACEMENT DES
SONDAGES SAJ4
ET SH 16-4

COMMENTAIRE DE LA COUPE (SAJ4 ET SH16-4) :

Le sondage SAJ4 est placé sur un petit affleurement des terrains d'âge Viséen, le levé du SAJ4 montre clairement un passage des terrains viséens à des terrains d'âge ordovicien. Ce passage permet de déduire que :

- ✓ le Silurien en contact avec la discordance s'arrête à moins de 60 m de profondeur.
- ✓ Le Viséen qui forme le synclinal de la partie NE du domaine, ne constitue à l'Est que le flanc inverse du synclinal, cette donnée est vérifiée par les observations de terrain qui montrent des structures sédimentaires indiquant une série renversée du Viséen.

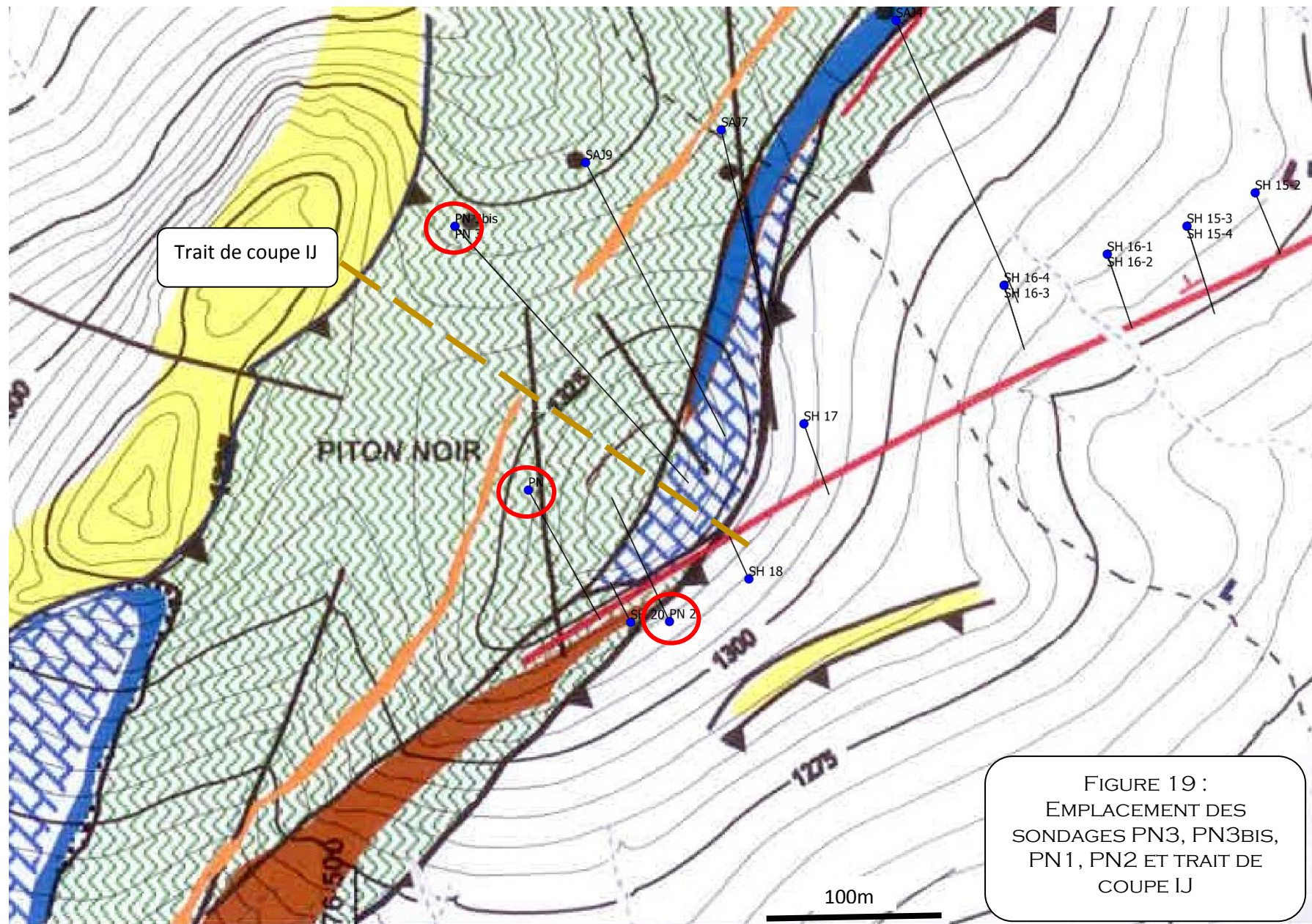
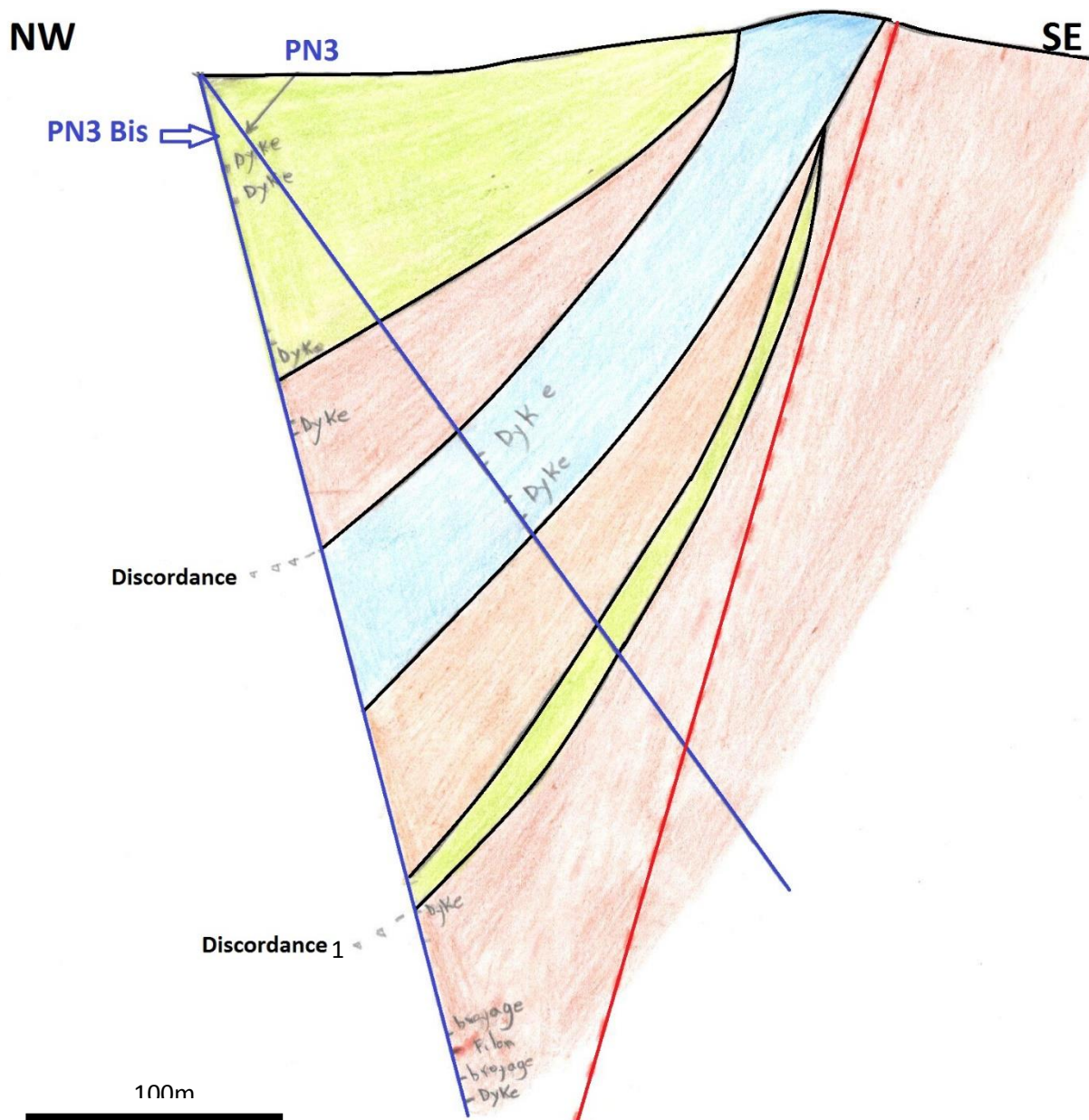


FIGURE 19 :
EMPLACEMENT DES
SONDAGES PN3, PN3BIS,
PN1, PN2 ET TRAIT DE
COUPE IJ

1. LA COUPE DES SONDAGES PN3BIS-PN3 :



Légende:

- Ordovicien
- Silurien
- Dévonien
- Filon de sidi Ahmed

COMMENTAIRE DE LA COUPE PN3BIS-PN3 :

Le sondage PN3bis montre clairement l'existence du Dévonien de plus de 60m d'épaisseur apparente en profondeur, même si son affleurement en surface est très limité, cette coupe confirme également les données du sondage SAJ8.

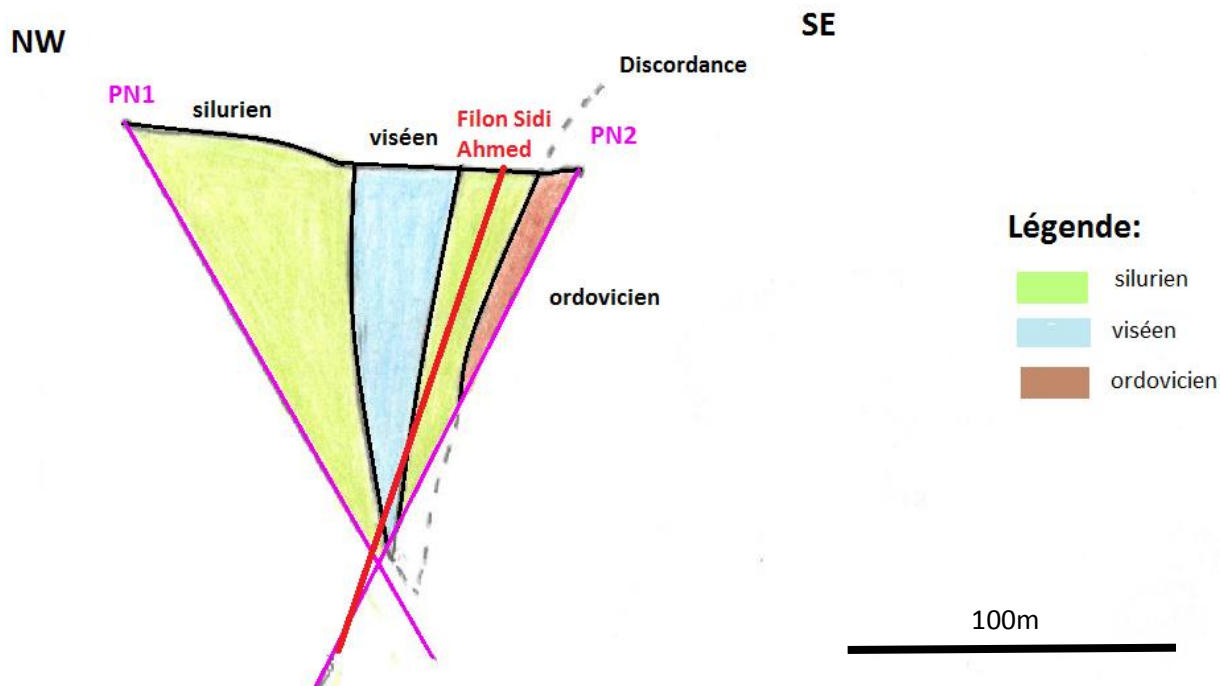
La discordance1, à plus de 40m de profondeur, est marquée par le passage Silurien-Ordovicien. Alors qu'en subsurface la discordance 1 est placée entre l'Ordovicien et Viséen. Ce qui met en évidence la discontinuité remarquable des terrains siluriens, qui caractérisent la zone du contact avec la discordance.

Dans " le Piton Noir " et à 400m de profondeur le filon est encaissé dans des terrains ordoviciens (les alternances schistes et grés).

Cette coupe montre également le Viséen chevauche un autre terrain ordovicien au Nord de la discordance 1.

La coupe PN3bis-PN3 illustre clairement les phénomènes d'écaillage et de chevauchement dans cette zone.

2. LA COUPE DES SONDAGES PN 1-PN2 :



COMMENTAIRE DES SONDAGES PN1-PN2 :

Les sondages PN1 et PN2 donnent une délimitation approximative des terrains siluriens. Ils montrent également que le filon est encaissé dans des siluriens avec une ouverture minimale de la caisse filonienne.

En fin, la coupe indique clairement la fermeture du flanc inverse viséen, annonçant la fin des terrains viséens en profondeur et en surface (voir la carte).

COUPE INTERPRÉTATIVE (IJ):

A partir des données collectées par les sondages il est nécessaire de réaliser une coupe interprétative au niveau du Piton Noir (voir le trait de coupe dans la carte au-dessous).

Selon les données des sondages réalisés au Piton Noir, on peut s'apercevoir que la zone située entre les deux discordances majeures 1 et 2, renferme plusieurs contacts anormaux traduisant des phénomènes d'écaillage et de chevauchement. Donc il s'agit des terrains allochtones sous forme d'écailles et d'olistostromes, en contact anormal avec les terrains ordoviciens.

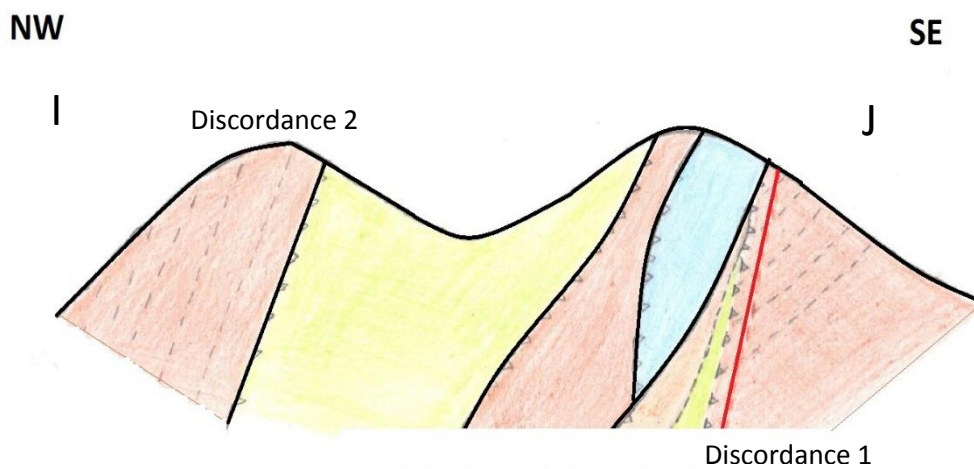
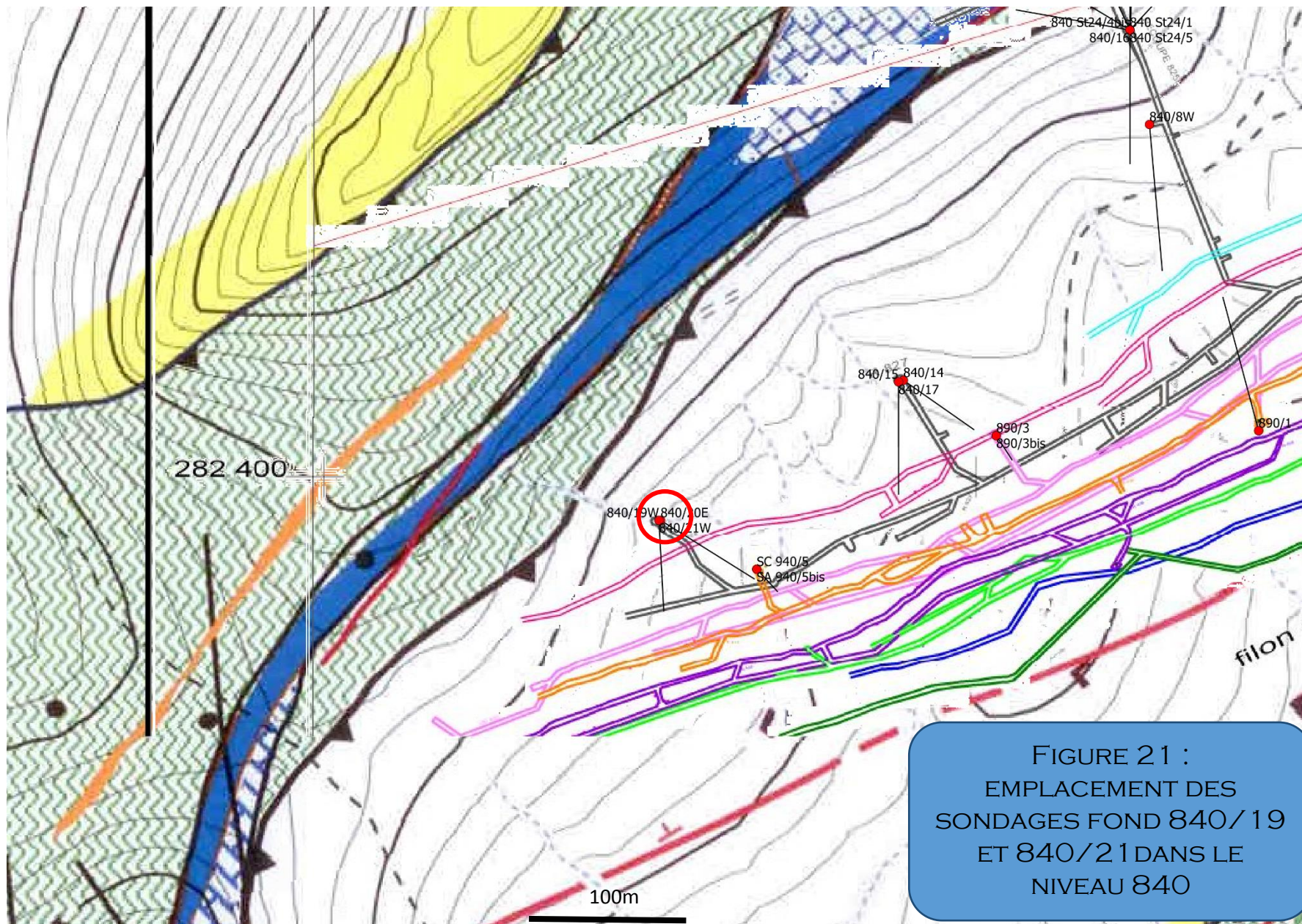


Figure 20 : Coupe schématique du "Piton Noir"

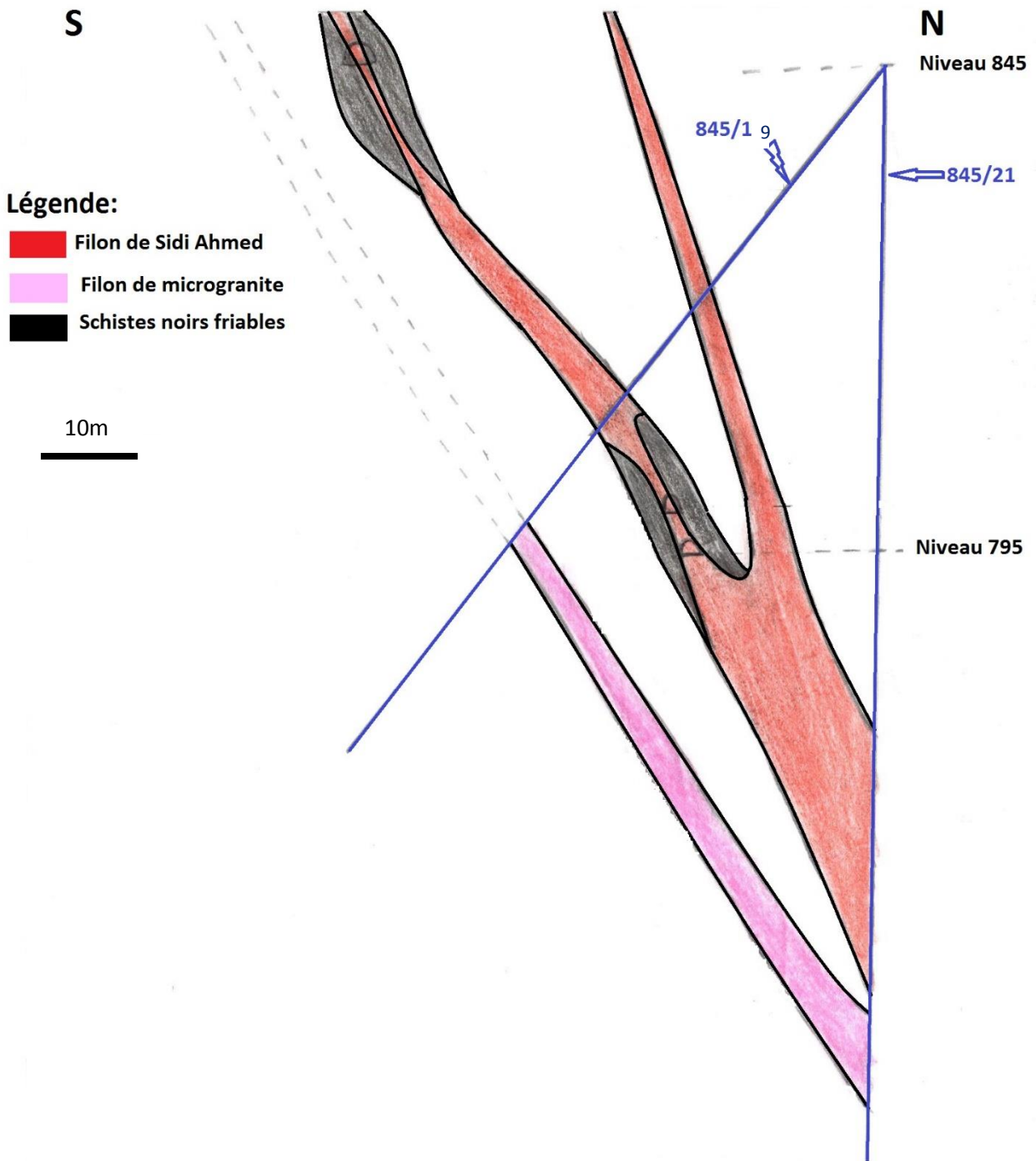
40m

Légende:

- Silurien
- Ordovicien
- Viséen
- Filon de sidi Ahmed



3. COUPE DE SONDAGES FOND 840-19 ET 840-21 :



COMMENTAIRE DE LA COUPE 840-19 ET 840-21 :

Aux niveaux 845 et 795 le filon Sidi Ahmed est encaissé dans des schistes noirs friables qui réduisent considérablement l'épaisseur du filon.

Le sondage 840-19 réalisé entre le niveau 845 et le niveau 795 a recoupé le filon encaissé dans des alternances schistes et grés, ce qui montre clairement que ces schistes noirs présentent un caractère discontinu.

Le sondage 840-21 prouve qu'au-dessous du niveau 795 le filon se trouve encaissé dans des alternances ordoviciennes avec le maximum d'ouverture.

CONCLUSION ET RÉSULTATS DES LEVÉS DES SONDAGES :

- ✓ Les schistes noirs encaissant le filon aux niveaux 840 et 795 présentent une forme discontinue.
- ✓ Etablissement d'une coupe schématique interprétative, qui résume la structure du Piton Noir.
- ✓ Le filon Sidi Ahmed est encore encaissé dans l'Ordovicien jusqu'à 400m de profondeur, au-dessous du Piton Noir.

3. RÉALISATION DU LEVÉ DU FOND :

Ce travail consiste à lever les travers bancs des différents niveaux ainsi que les recoupes accessibles. Les mesures seront reportées sur la carte et sur la coupe interprétative du secteur.

L'objectif consiste à faire la liaison entre les données du terrain, les sondages et les données des travers banc et les recoupes.

Les mesures effectuées montrent une transition très claire des sens des pendages, du NW vers le SE. Ce résultat est parfaitement identique aux résultats de terrain qui indiquent la même chose.

Donc à partir des données collectées sur terrain et les données du fond on peut tracer la structure globale du secteur de travail.

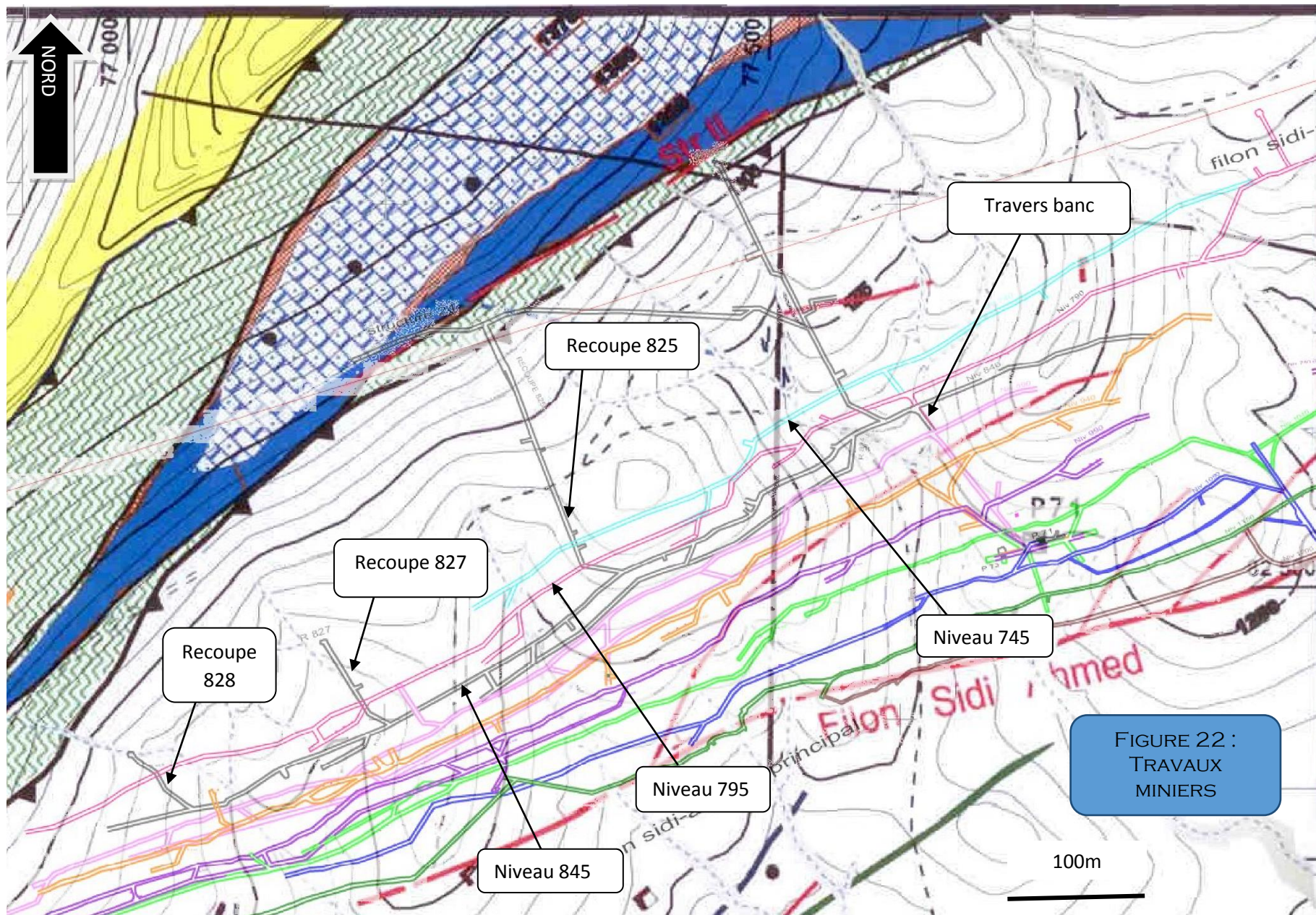
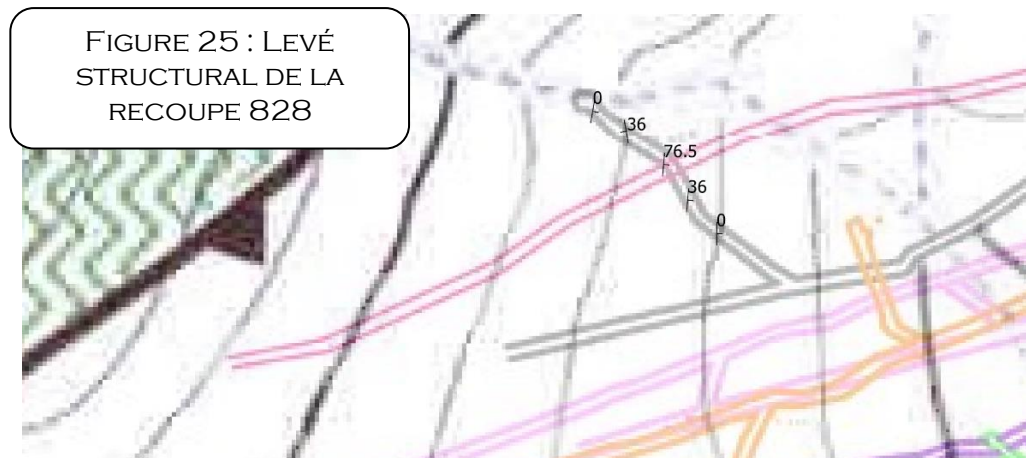
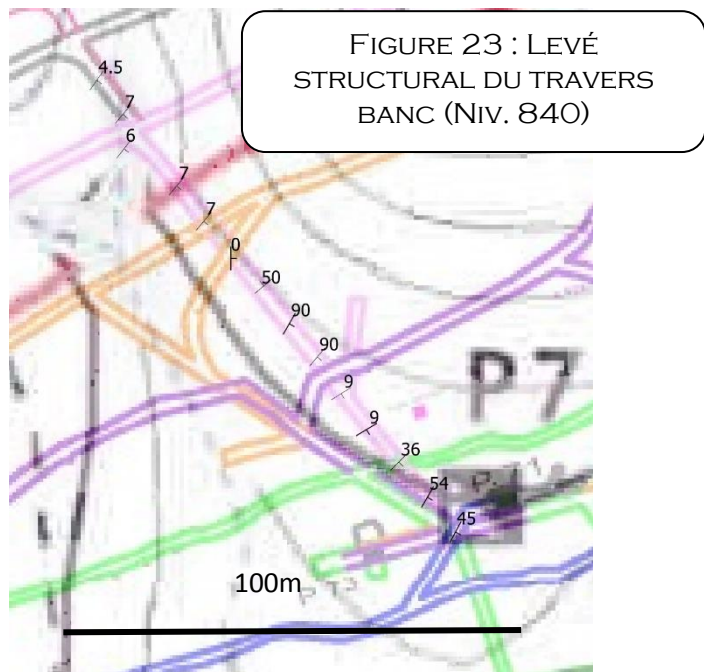


FIGURE 22 :
TRAVAUX
MINIERS



Les levés structuraux réalisés au fond doivent apporter une information concernant l'estimation de la profondeur selon laquelle le filon Sidi Ahmed recoupe la discordance.

Le secteur Sidi Ahmed enregistre plusieurs phases tectoniques de chevauchements et de plissements. La reconstitution de ces événements, selon leur ordre chronologique, est une mission très délicate qui nécessite plus de détails.

Dans notre cas il faut prendre en considération les deux scénarios. Les deux cas possibles sont :

- ✓ Le cas d'un plissement post-charriage
- ✓ Le cas d'un plissement anté-charriage.

L'établissement d'une coupe structurale nécessite les données de terrain et les levés du fond, afin de caractériser l'évolution de la stratification depuis la surface jusqu'en profondeur (niveau 845).

Les deux modèles tectoniques sont établis à partir de la recoupe 828 orientée NW-SE, les données de surface et les sondages SAJ8-840/21-840/19 qui sont les plus proches possibles de la zone de discordance.

Le levé structural de la traverse 828 montre très clairement la transition des sens des pendages du NW vers le SE, ce qui mis en évidence une charnière d'un synclinal.

CAS DE PLISSEMENT ANTÉ-CHARRIAGE :

Dans ce cas le filon est subparallèle à la discordance ci qui implique que la caisse filonienne va rester dans les terrains ordoviciens favorables à l'ouverture du filon, même à grande profondeur.

CAS DE PLISSEMENT POST-CHARRIAGE :

Dans ce cas le filon recoupe le Silurien à des profondeurs moins importantes (870m de profondeur soit à 430m d'altitude), ce qui pose problème au niveau de l'exploitation.

Donc afin d'orienter les travaux il est nécessaire de construire une coupe frontale suivant le plan du filon, sur laquelle on peut tracer exactement la limite Ordovicien-Silurien. La réalisation de cette coupe est basée sur les données des coupes transversales et les impacts des sondages.

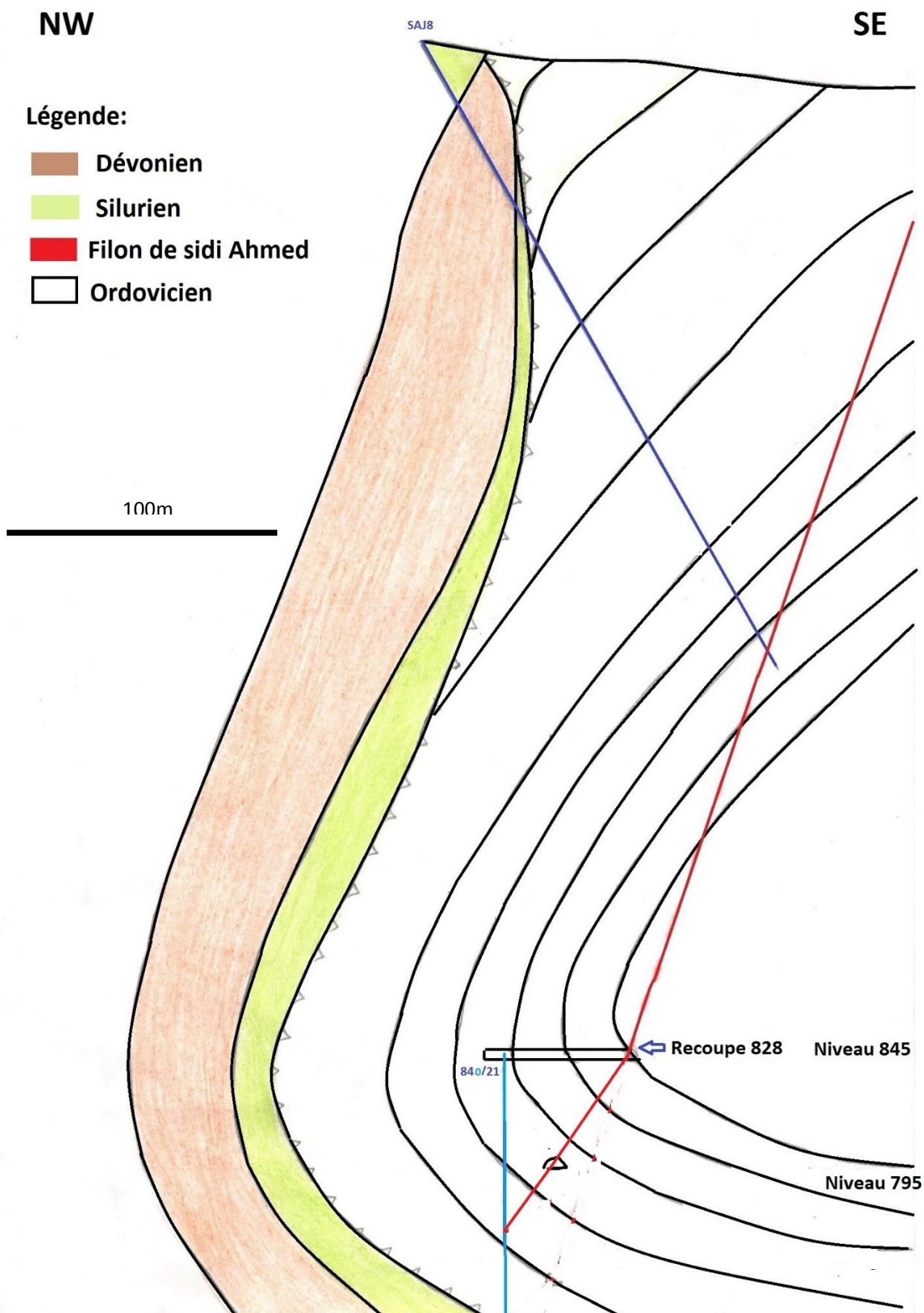


FIGURE 26 : CAS DE PLISSEMENT POST-CHARRIAGE
(COUPE SITUÉE À L'EXTRÉMITÉ OUEST DE SIDI
AHMED)



FIGURE 27 : CAS DE PLISSEMENT ANTÉ-CHARRIAGE (COUPE À L'EXTRÉMITÉ OUEST DE SIDI AHMED)

III. PROPOSITION D'UN MODÈLE GLOBAL ET RÉALISATION DES COUPES SYNTHÉTIQUES :

A partir de ces données, nous pouvons procéder à la réalisation d'une coupe transversale qui met en relief les principales structures du secteur.

Sans oublier d'exploiter ces données pour guider les travaux miniers : la réalisation d'une coupe frontale du filon de Sidi Ahmed permet de visualiser le contact Ordovicien-Silurien, et d'estimer les profondeurs selon lesquelles le filon est encaissé dans les schistes noirs friables du Silurien (voir la coupe structurale du secteur et la coupe frontale du filon).

La corrélation entre les données de terrain, des sondages et du fond, aboutit aux résultats suivants :

- une structure synclinale mise en évidence en se basant sur les levés de surface et les levés du fond. Le plan axial est orienté NE-SW (N60° à N70°, 50°NW, un pitch de 35° vers le NE) montrant un déversement vers le SE.
- Les deux modèles structuraux permettent d'anticiper l'évolution du filon en profondeur, et estimer les zones d'intersection du filon avec la discordance.
- La coupe frontale permet d'identifier les zones favorables à l'ouverture du filon, et de localiser les zones de passage Ordovicien-Silurien.

IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :

Le passage d'un terrain ordovicien à un terrain silurien réduit considérablement la puissance du filon. Donc la délimitation de ce contact est fondamentale pour guider les travaux miniers.

Les travaux réalisés permettent d'établir une coupe structurale du secteur Sidi Ahmed qui met en évidence :

- Une structure synclinale dont le plan axial est orienté NE-SW
- La zone du contact Ordovicien-Silurien

L'orientation des travaux de recherche a nécessité une coupe frontale suivant le plan du filon. En se basant sur les impacts des sondages et les données du fond, nous avons tracé la limite Ordovicien-Silurien, à partir de laquelle on peut identifier les zones favorables à l'ouverture du filon.

Les terrains ordoviciens favorables à l'ouverture du filon sont parfois intercalés par des niveaux de schistes friables. Les sondages jour et fond ont montré que les schistes noirs qui encaissent le filon aux niveaux 845 et 795 ne sont pas continus mais ont une forme lenticulaire.

A ce niveau la réalisation des sondages de reconnaissance est très importante, nous recommandons de réaliser un sondage de reconnaissance placé à la fin de la recoupe 828, avec un pendage horizontal et azimut de 333. Et une recoupe au niveau 745, à partir de laquelle on peut réaliser d'autres sondages de reconnaissance. L'exécution de ces travaux de reconnaissance permettra de délimiter la discordance et préciser la nature d'encaissant au-dessous du niveau 745.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agard J. Balcon J.-M. et Morin Ph.(1958)- Etude géologique et métallogénique de la région minéralisée du Jbel Auouam. Notes et mémoires, Serv. Géol. Maroc, 12, 125p ;

Balouki S. (1995)- Etude des minéralisations hydrothermales aurifères et des fluides associés dans la zone de cisaillement de Tighza. (Jbel Auouam, Maroc Central). Thèse 3ème cycle, Fac. Sci. Univ. Cadi Ayad Marrakech, 193p;

Bennasser M. (1996)- Lithostratigraphie, tectonique hercynienne, paléochamp de contraintes tardi-hercyniennes et relation fracturation-minéralisation de la région de l 'Auouam (Maroc Central oriental), thèse 3eme cycle, fac. Sci. Univ. Med V;i

Cheilletz A. (1984)- Contribution à la gîtologie du district poly-métalliques (W-Mo-Cu-Pb-Zn-Ag) du Djebel Auouam (Maroc Central). Thèse d'Etat, INPL-CRPG, ENSG, Nancy, 250p ;

Faïk F.(1988)- le paléozoïque de la région de M'irt (Est du Maroc Central) : évolution stratigraphique et structurale. Thèse de 3eme cycle. Fac Sci. Univ. Paul Sabatier Toulouse, 233p

RIBEYROLLS (1976), note et mémoire du service géologique du Maroc, n° 261, p. 9-56;

Wadjinny A. (1988)- Le plomb au Maroc : cas de district de Touissit et de jbel Auouam. Chron. Rech. Min. N° 531-532, pp 9-28;