Géologie des gisements ferrifères du Liban

Georges Sabbagh

▶ **To cite this version:**

Georges Sabbagh. Géologie des gisements ferrifères du Liban. Géologie appliquée. Université de Grenoble, 1964. Français. NNT : . tel-00813659

HAL Id: tel-00813659
https://theses.hal.science/tel-00813659

Submitted on 16 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Double
205142
1964
38

N° d'ordre : 457 Double

THESE DE DOCTORAT D'UNIVERSITE

PRESENTEE DEVANT LA FACULTE DES SCIENCES

DE GRENOBLE

par Georges N. SABBAGH

G E O L O G I E
DES GISEMENTS FERRIFERES
DU LIBAN

—

Grenoble, le 26 Oct. 1964

205142
1964
38

T H E S E

présentée devant la Faculté des Sciences de Grenoble
pour obtenir le titre de Docteur de l'Université de Grenoble.

par Georges N. SABBAGH.

GEOLOGIE DES GISEMENTS FERRIFERES DU LIBAN

---

soutenue le octobre 1964 devant la Commission d'examen :

MM :

R. BARBIER, Président
R. MICHEL
J. DEBELMAS
J. SARROT-REYNAULD
} Examinateurs

BIBLIOTHEQUE
GRENOBLE
UNIVERSITAIRE

Je tiens spécialement à dédier ce travail à mon maître, Monsieur le Professeur J.O. HAAS, qui m'a formé au métier de géologue et qui a bien voulu me confier un sujet qui lui tenait à coeur. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude pour la confiance qu'il m'a toujours témoignée.

Je prie Monsieur le Doyen MORET, qui le prmier m'a reçu à Grenoble, en 1960, de recevoir l'expression de ma respectueuse reconnaissance.

J'exprime tous mes remerciements à Monsieur le Professeur R. BARBIER, directeur de l'Institut de Géologie de Grenoble, qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire et parfaire mes connaissances en Géologie appliquée.

Mes remerciements vont également à mes professeurs de la Faculté des Sciences de Grenoble, Messieurs R. MICHEL et J. DEBELMAS auprès desquels j'ai toujours trouvé un accueil bienveillant et des conseils éclairés, ainsi qu'à Monsieur le Professeur P. GIRAUD qui m'a fourni des renseignements d'ordre économique appréciables.

Je n'aurai garde d'oublier Monsieur J. SARROT-REYNAULD, Maître de Conférences, qui a bien voulu accepter la tâche ingrate de diriger ce travail. Ses corrections minutieuses et ses conseils pertinents ont grandement facilité la présentation de cet ouvrage ; qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Je ne saurais oublier les maîtres-assistants et assistants du laboratoire dont j'ai particulièrement apprécié la camaraderie et les encouragements.

J'exprime également ma gratitude au personnel technique du laboratoire qui m'a dégagé du souci de la présentation matérielle de ce travail.

Je ne voudrais pas terminer sans mentionner toutes les personnes qui, au Liban, à des titres divers, ont facilité matériellement mes campagnes de terrain. Qu'elles soient ici remerciées.

S O M M A I R E .

pages

INTRODUCTION

CHAPITRE PRELIMINAIRE - Plan

1.0 Cadre géographique..... 1

2.0 Cadre géologique..... 2

3.0 Historique..... 14

4.0 Généralités : Minerais et Gîtes..... 19

5.0 Classification génétique et Répartition géographique et stratigraphique des gîtes..... 21

Rappel stratigraphique..... 31

PREMIERE PARTIE

Chapitre I : Gîtes magmatiques

Chapitre II : Gîtes secondaires

CHAPITRE I.

Gîtes magmatiques :

1.0 Exemple-type : BALAA n° 1..... 33

2.0 Autres gîtes magmatiques..... 42

4.5.1 Conclusion générale..... 51

CHAPITRE II.

Gîtes secondaires..... 52

1.0 Gîtes métasomatiques en relation avec les accidents tectoniques : exemple-type : JAITA n° 9... 53

2.0 Autres gîtes métasomatiques..... 62

3.0 Conclusion générale..... 69

1.0 Gîtes filoniens : exemple-type : Filon de BZEBDINE n° 15..... 70
2.0 Autres gîtes filoniens..... 74
3.0 Remarque..... 78

1.0 Minéralisations diffuses dans les calcaires jurassiques..... 80

1.0 Gîtes de migration par solutions descendantes :
exemple-type : RAS EL METN W n° 24..... 81
par solutions ascendantes :
exemple-type : DEIR TAMICH..... 84

1.0 Gîtes résiduels : dissolution et concentration... 86

1.0 Gîtes de substitution..... 88
1.2 Exemple-type : Mine de Barti n° 30..... 88

2.1 Autres gîtes de substitution..... 92
2.1.1 EL BAROUK EST n° 28..... 92
3.0 Conclusion générale..... 95

DEUXIEME PARTIE

Gîtes oolithiques - Plan..... 98

CHAPITRE I

1.1 Introduction..... 99
1.2 Description géographique sommaire des bassins.... 100
1.3 Les Minerais..... 102

1.4 Matériaux détritiques..... 106

CHAPITRE II.

Etude des bassins

1.0 Bassin du Liban Nord..... 108
1.1 Introduction..... 108
1.2 Gisement n° V - ER RASSIF..... 108

1.3.0 Autres gisements du même bassin..... 118
1.3.1 Réserves totales..... 118

1.0 Bassin du Liban Central
1.1 Introduction..... 119
1.2 Gisement de DAHR EL BAIDAR n° VII..... 119

1.2.7 Conclusion - Réserves..... 128
1.2.8 Réserves totales..... 129

1.0 Bassin de l'Anti-Liban..... 131
1.1 Introduction..... 131
1.2 Situation géographique du bassin..... 131
1.7 Conclusion - Réserves..... 135

1.0 Genèse des gisements oolithiques..... 136
1.1 Théories génétiques..... 136
1.2 Reconstitution paléogéographique..... 142
1.3 Conclusion..... 143

CHAPITRE III.

1.1 Réserves des pays méditerranéens..... 145

1.2 Enrichissement et possibilités d'exploitation..... 145

1.2.2 Possibilités d'exploitation..... 147

Conclusion générale..... 149

L..Te

LISTE DES ILLUSTRATIONS.

CHAPITRE PRELIMINAIRE

Planche n° 1 Profil stratigraphique moyen du Liban 1 : 20 000

n° 2 Schéma structural 1 : 800 000

n° 3 Répartition géographique des gîtes ferrifères 1 : 500 000

n° 4 Répartition des gîtes ferrifères dans la série stratigraphique du Liban 1 : 5 000

PREMIERE PARTIE : Gîtes magmatiques et gîtes secondaires.

n° 5 Plan géologique du gîte de Balaa 1 : 50 000

n° 6 Gîte de Balaa, éruption sous-marine et coupe stratigraphique 1 : 5 000

n° 7 Croquis d'un échantillon de minerai Gîte de Balaa

n° 8 Plan géologique du gîte d'EZ ZAAROUR 1 : 50 000

n° 9 Coupe stratigraphique du gîte d'EZ-ZAAROUR 1:10 000

n° 10 Croquis d'un bloc de minerai, EZ ZAAROUR

n° 11 Coupe schématique montrant la position stratigraphique du Gîte de BOQÂTA

n° 12 Carte géologique du Gîte de JAÏTA 1 :10 000

n° 13 Coupe de la série stratigraphique de JAITA 1 : 1 000

n° 14 Coupe transversale et coupe longitudinale à travers la région de JAITA 1 : 10 000

n° 15 Tectonogramme de la région de JAITA

Planche n° 16 Croquis ; fragment d'une concrétion de limonite à noyau de marcassite ; JAITA

n° 17 Coupe suivant le plan de la faille F3 Gîte de JAITA 1 : 100

n° 18 Plan géologique du Gîte de BZEBDINE NE 1 : 50 000

n° 19 Coupe stratigraphique du Gîte de BZEBDINE 1 : 5 000

n° 20 Tectonogramme, Gîte de BZEBDINE

n° 21 Coupe à travers la zone minéralisée filon de RAS EL METN W 1 : 5 000

n° 22 Filon de RAS-EL-METN W : photo

n° 23 Minéralisations diffuses dans les calcaires : photo

n° 24 Coupe stratigraphique du gîte de croûtes d'hématite : RAS EL METN W 1 : 100

n° 25 Stéréogramme de la bordure W du promontoire de RAS EL METN

n° 26 Croquis d'une croûte d'hématite à stalactites. Croûtes, RAS EL METN

n° 27 Croûtes d'hématite dans les Grès de Base (DEÏR TAMICHE) coupe stratigraphique 1 : 1 000

n° 28 Mine de BARTI, plan et coupe schématique.

n° 29 Gîte de substitution à l'Est du village d'EL BAROUK, coupe stratigraphique 1 : 1 000

DEUXIEME PARTIE Gisements oolithiques.

n° 30 Minerais des gisements oolithiques

n° 31 Plan d'ensemble du Bassin du Liban Nord 1:50 000

n° 32 Plan géologique du gisement d'ER RASSIF 1:10 000

n° 33 Coupe stratigraphique de la région de FNAÏDEQ 1:500

Planche n° 34 Coupe détaillée au voisinage de la tranchée III, Gisement d'ER RASSIF 1: 100

n° 35 Coupe exemple d'une tranchée de recherche 1: 100

n° 36 Coupe le long du gisement d'ER RASSIF, 1:500 et 1:200

n° 37 3 coupes à travers le gisement d'ER RASSIF 1:5000

n° 38 Carte géologique du gisement de DAHR EL BAÏDAR 1: 50 000

n° 39 Coupe géologique à travers la région de DAHR EL BAIDAR 1: 10 000

n° 40 Coupe géologique le long de la région de DAHR EL BAIDAR 1: 10 000

n° 41 Tableau de comparaison des diverses tranchées exécutées dans la région de DAHR EL BAIDAR, Echelle verticale 1: 50

n° 42 Plan géologique du Bassin de l'Anti-Liban 1:200 000

n° 43 Profil stratigraphique du Bassin de l'Anti-Liban 1: 2 000

n° 44 Gisement de l'Anti-Liban - Tectonogramme de la région

n° 45 Coupes des tranchées de recherche exécutées le long du gisement de l'Anti-Liban 1: 50

n° 46 Les différentes phases de l'orogénèse jurassique. (Stéréogrammes).

n° 47 Tableau de corrélation de différentes coupes stratigraphiques exécutées au Liban, en Palestine et en Egypte 1: 7 500

I N T R O D U C T I O N

L'étude géologique des gîtes ferrifères du Liban, que nous présentons et qui fait l'objet de ce travail de thèse, nous fut confiée par l'Institut de Géologie et de Minéralogie de Grenoble.

Il représente une grande partie de nos travaux de recherche sur les ressources minérales du pays, lesquels ont débuté vers les années 1949-1950. Durant cette période de 14 ans, nos études ont été ralenties ou accélérées en fonction du temps et des conditions matérielles dont nous disposions alors.

Notre tâche principale était, et reste toujours, de mettre à jour un inventaire minéralogique du sous-sol libanais et, en particulier, l'étude des gîtes ferrifères, parmi lesquels, à la suite de ce travail, une partie pourra éventuellement se prêter à une exploitation méthodique et rentable. Dans le chapitre qui traite de réserves de minerais de fer, nous avons donné une étude succincte sur les quantités en réserve dans les pays du bassin méditerranéen producteurs du minerai et du fer. Nous avons encadré le Liban dans cet ensemble géographique auquel il est rattaché.

A part le possible intérêt économique des gîtes ferrifères (en particulier les oolithiques), tous les gîtes que nous avons étudiés offrent au prospecteur un excellent terrain de recherche, d'expérience et d'exploit géologique ; car la dissemblance très intéressante des gîtes secondaires exige beaucoup de temps, d'observation et d'étude, nous dirons même parfois de méditation.

Bien que la bibliographie sur la Géologie du Liban soit assez riche en ouvrages : études détaillées, notes et notices, et bien qu'il y ait plus de 140 années que les premiers géologues ont commencé à étudier la géologie du pays, aucune étude

générale des conditions géologiques sur les ressources minérales du Liban n'avait été faite, plus spécialement sur les couches à oolithes ferrugineuses qui affleurent sur tout le territoire et qui, par conséquent, offrent un excellent horizon repère pour le géologue et le stratigraphe. Cependant, quelques auteurs ont signalé la présence des oolithes, mais d'autres, par manque de temps ou faute d'observation, les ont représentées par une couche de sable très ferrugineux. En ce qui concerne les gîtes secondaires (non oolithiques), à part le gisement de Marjaba qui est anciennement connu et exploité (par les Romains, les Egyptiens et dernièrement par les Libanais) tous les autres gîtes secondaires furent découverts et étudiés durant les 12 dernières années.

Après la deuxième guerre mondiale, au moment où l'exploitation du gisement de Marjaba fut reprise par la "MARJABA MINING C°", les premiers prospecteurs, d'esprit commerçant, ne possédant aucune notion sur les recherches et les exploitations minières, furent attirés par la perspective d'un profit immédiat, sans avoir recours au préalable à l'investissement de grands capitaux, et se précipitèrent sur les demandes de permis qui, à la suite de quelques travaux de recherche étaient en partie transformés en concessions. Ainsi à plusieurs reprises, nous fûmes chargé par les propriétaires de permis, d'étudier presque tous les gîtes libanais. Dans cette étape, les études et les travaux de recherche : tranchées, fouilles et analyses étaient préliminaires. Les travaux complémentaires pour la mise en valeur des gîtes et leur préparation pour une éventuelle exploitation étaient, par rapport aux prospecteurs, sujets à caution. A cet état, nous étions obligé de faire des déplacements, des expertises et des analyses chimiques sommaires ou complètes à notre charge, pour avancer l'étude de certains gîtes.

Dans chaque gîte, plusieurs tranchées et fouilles de recherche ont été exécutées, elles ont été placées suivant l'allure des affleurements dans les gîtes sédimentaires et l'aspect de minéra-

lisation dans les gîtes secondaires. Des prélèvements de plusieurs échantillons de chaque fouille ou tranchée ont été soigneusement faits, ainsi qu'une coupe détaillée portant le numéro de la tranchée et les numéros d'échantillons correspondant aux différentes couches fut dressée. La superficie étudiée ou prospectée serait de l'ordre de 670 à 700 km2 environ. Comme travaux de prospection sur les gîtes mêmes, les ouvrages suivants ont été exécutés :

- 18 tunnels dont 12 à Marjaba ;
- 45 tranchées de recherche ;
- 20 fouilles ;
- 9 puits de faible profondeur 1 à 2,5 m ;
- 15 coupes détaillées de surface.

Tous ces travaux de recherche furent étudiés avec un prélèvement systématique d'échantillons.

Les analyses chimiques ont porté au total sur près de 245 échantillons dont 8 analyses complètes et 237 analyses sommaires. Elles ont été faites aux Laboratoires de l'Institut des Recherches Industrielles à Beyrouth, et c'est un agréable devoir que nous remplissons en exprimant à l'Institut ici, toute notre gratitude. L'étude de 20 échantillons-types aux Rayons X et de 10 différents autres en sections polies a été faite par nous aux Laboratoires de l'Institut de Géologie et de Minéralogie de Grenoble. Pour le levé de la Carte géologique, nous avons adopté l'échelle 1/10 000 d'après un agrandissement du fond topographique 1/50 000 de l'Armée, quadrillage rectangulaire Levant, projection Lambert. A cette occasion, nous rappelons aux lecteurs que les coordonnées que nous utilisons dans ce travail se rapportent à ce quadrillage. Par contre, pour les coupes et profils détaillés des tranchées et puits de recherche, nous avons trouvé plus utile d'adopter l'échelle 1/50 pour présenter le mieux possible le véritable aspect du gîte en profitant de toutes les observations détaillées faites sur ces ouvrages de recherche.

Le présent travail a bénéficié de tous les travaux de prospection qui ont été faits jusqu'à présent, en particulier l'exécution de tranchées et puits permettant, en nombre de points, de résoudre plusieurs problèmes qui nous paraissaient difficiles au début de notre étude.

En entreprenant ce travail, nous signalons que la difficulté que nous affrontions tout d'abord était le groupement des gîtes secondaires semblables et leur classification génétique. Cependant, grâce à une riche et vaste bibliographie qui étudie les différents aspects de notre sujet et que l'Institut de Géologie de Grenoble à mise à notre disposition, ainsi que le matériel de laboratoire qui nous a permis d'étudier méthodiquement nos échantillons, nous avons pu mener cette étude dans les meilleures conditions.

Nous assurons ici notre sincère reconnaissance à l'Institut Dolomieu pour avoir facilité notre tâche par tous les moyens à sa disposition et nous gardons les meilleurs souvenirs de cette collaboration.

Le chapitre préliminaire qui suit sera consacré au cadre géographique et géologique, à l'historique et à un rappel stratigraphique accompagné d'une classification générale des gîtes. Puis on passera à l'étude détaillée des gîtes, qui sera composée de deux parties : la première traitera des gîtes secondaires et la deuxième des gîtes oolithiques. Enfin, en annexe, on traitera des possibilités d'explitation des gîtes oolithiques en signalant les méthodes d'enrichissement dont une pourra être valable pour notre minerai.

Pour éviter les répétitions des titres d'ouvrages utilisés, pour chaque référence nous avons indiqué dans notre texte le nom de l'auteur suivi d'un chiffre correspondant à son numéro d'ordre dans la liste bibliographique, à la fin de cette étude.

Au cours de ce texte qui peut paraître sec, nos talents littéraires assez réduits ne nous permettront pas de captiver le lecteur, mais nous espérons l'intéresser à la réalité et souhaitons que cette modeste étude puisse être utile aux futurs chercheurs.

CHAPITRE PRELIMINAIRE

PLAN

CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE

1.0 Cadre géographique

- 1.1 Orographie - Culture et climat
- 1.2 La zone côtière
- 1.3 Le Mont Liban
- 1.4 La plaine de la Bekaa
- 1.5 L'Anti-Liban
- 1.6 Hydrologie et pluviométrie
  - 1.6.1 Sources karstiques
  - 1.6.2 Sources de failles
  - 1.6.3 Sources dites de "trop-plein"

2.0 Cadre géologique

- 2.1 Stratigraphie
- 2.2 Tectonique
  - 2.2.1 Zone côtière
  - 2.2.2 Mont Liban
  - 2.2.3 Fossé de la Békaa
  - 2.2.4 Le Massif de l'Hermon et de l'Anti-Liban
  - 2.2.5 Conclusion

3.0 Historique.

3.1)
3.2) Général

3.3 Bibliographique.

4.0 Généralités : Minerais et Gîtes.

4.1 Les minerais

4.2 Les gîtes.

5.0 Classification génétique et Répartition géographique et stratigraphique des gîtes.

5.1 Les Gîtes magmatiques

5.1.1 Dans les basaltes du complexe volcanique

5.1.2 Dans le basalte à la base des Grès de Base

5.2 Les Gîtes secondaires.

5.2.1 Gîtes métasomatiques en relation avec les accidents tectoniques. En concentrations irrégulières ou amas dans les calcaires jurassiques.

5.2.2 En filon-faille.

5.2.3 En minéralisations diffuses dans les calcaires jurassiques.

5.2.4 Gîtes de migration, solutions descendantes ou ascendantes.

5.2.5 Gîtes résiduels ; dissolution et concentration.

5.2.6 Gîtes de substitution dans les pisolithes ou dans les calcaires compacts.

5.3 Répartition géographique des Gîtes oolithiques.

5.3.1 Le Bassin du Liban nord

5.3.2 Le Bassin du Liban central

5.3.3 Le Bassin de l'Anti-Liban

5.4 Rappel stratigraphique.

CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE.

1.0. CADRE GEOGRAPHIQUE

1.1. OROGRAPHIE - CULTURE ET CLIMAT.

Le Liban fait partie d'une grande chaîne de montagnes qui longe parallèlement la côte orientale de la Méditerranée. Elle est grossièrement orientée NNE-SSW et s'étend de la Haute Galilée au Sud (en Palestine) pour venir buter contre les monts Taurus, au Nord (en Turquie).

Dans cette chaîne, le Liban occupe une petite superficie et se place entre :

39 gr 00 et 40 gr 65 de longitude E, et
36 gr 70 et 38 gr 60 de latitude N.

Sa forme est allongée, il a 200 km de longueur et une largeur moyenne de 50 km, ce qui fait une superficie de 10 000 km2 environ. Il est limité au Nord et à l'Est par la Syrie, au Sud par la Palestine et à l'Ouest par la Méditerranée. Malgré sa petite superficie, par sa morphologie variée le Liban se divise en quatre zones principales à climats différents. Elles sont orientées NNE-SSW et situées de l'Ouest à l'Est, comme suit :

1 - la zone côtière
2 - le Mont Liban
3 - la plaine de la Bekaa
4 - la chaîne de l'Anti-Liban avec la frontière libano-syrienne sur ses crêtes.

1.2 LA ZONE COTIERE.

Elle s'étend du Nord au Sud, entre la côte et le Mont Liban, bien qu'assez étroite, elle est caractérisée par sa fertilité et ses nombreuses récoltes durant les 12 mois de l'année. Sa situation géographique entre la Méditerranée et le Mont Liban offre un

climat favorable à la culture des plantes méditerranéennes et même subtropicales. La culture des orangers et citronniers est très développée dans sa partie méridionale (Saïda, Tyr) ; dans sa partie centrale les bananiers et les néfliers à Damour et les oliviers à Choueifat. Entre Beyrouth et Jbaïl, on cultive les légumes et les bananes. Plus au Nord, la plaine de Koura qui est un haut plateau très large présente un excellent terrain pour la culture des oliviers. Dans la plaine de Tripoli, ce sont les plantations des orangers et de la canne à sucre qui occupent la plus grande partie de sa superficie. Enfin dans la plaine d'Akkar à l'extrême Nord, où l'altitude du Mont Liban tombe au-dessous de 500 m par cette trouée dite de Homs-Tripoli, le climat désertique venant de l'intérieur du pays envahit la plaine côtière qui devient sèche en été et froide en hiver, favorisant ainsi la culture des céréales.

1.3 Le MONT LIBAN.

C'est une grande chaîne qui s'étend du Sud vers le Nord. Il est tronqué à l'Est de Beyrouth, à l'endroit dit Dahr el Baïdar (1500 m) où passe la grande route de Beyrouth - Damas (capitale de la Syrie). Ce massif prend naissance au Liban Sud, avec 500 m d'altitude qui augmente sensiblement vers le Nord, pour atteindre 2 588 m au sommet de Sannine - puis 2 702 m au Djebel Knaïtri et 3 088 m à Qornet es Saouda, point culminant du Liban. Au delà vers le Nord, la chaîne s'efface brusquement devant le Nahr el Kebir qui forme la frontière naturelle entre le Liban et la Syrie. L'altitude moyenne de cette chaîne est de 2 200 m ; son versant occidental se trouve entaillé par une série de vallées vraisemblablement parallèles et profondes. Son extrémité méridionale se prolonge par une région de hauts plateaux dont le point culminant se trouve à 950 m à Djebel Aamel (Liban-Sud), région renommée par ses grandes plantations de tabac.

En allant de l'Ouest vers l'Est, on quitte la côte pour gagner la montagne ; l'air devient de plus en plus sec, le climat est agréable surtout au printemps et en été. Entre 700 et 1200 m les centres de villégiature parsèment les forêts de pins. Dans cette région, les sources fraîches et abondantes assurent la richesse du pays. Sur les versants abrupts de cette montagne où la culture du terrain est très pénible, on voit de grandes plantations de légumes et d'arbres fruitiers cultivés en terrasses d'aspect typique, soigneusement entretenues.

Plus haut que 1200-1250 m, la végétation disparaît rapidement, les pentes deviennent rocailleuses et les sommets, entre 2 500 et 3 000 m, sont couverts de neige durant l'hiver. Au printemps, l'air s'adoucit, mais pour une saison assez courte avant la sécheresse de l'été, principalement sur les hauts sommets où les bergers gardent leurs troupeaux de chèvres ; ils se procurent l'eau soit par la fusion des neiges, soit par de petites sources à faibles débits.

1.4. La PLAINE de la BEKAA.

La Bekaa est un haut plateau encadré par deux massifs : le Mont Liban à l'Ouest et l'Anti-Liban à l'Est. Il débute au Sud avec une largeur de moins de 1 km et une altitude moyenne de 800 m qui augmentent vers le Nord pour atteindre 1 150 m d'altitude et 15 km de largeur aux environs du col de Baalbeck ; à partir de ce col, on descend insensiblement vers la frontière syrienne au Nord, pour rejoindre la plaine de Homs à la cote moyenne de 500 m.

Le climat de la Bekaa est continental, même parfois très sec en été. Le Mont Liban arrête les précipitations qui alimentent les sources de la bordure occidentale de la plaine dont la culture des céréales est une des grandes ressources. Les pentes douces exposées au Midi entre la plaine et le Mont Liban favorisent la culture des vignes dans la Bekaa centrale.

Une des plus grandes rivières du Liban, le Litani, creuse son lit au milieu de la plaine au Nord de Baalbeck, jusqu'à Marjayoun au Sud, puis entaille à angle droit une gorge profonde à travers le massif du Mont Liban et coule en direction ouest, vers la mer. D'autre part, au Nord du parallèle de Baalbeck, les conditions de climat changent complètement ; il y a moins de précipitations et l'on passe à un climat franchement désertique.

1.5 L'ANTI-LIBAN.

Il forme la partie orientale du pays et se présente en une chaîne d'ossature calcaire de forme assez bombée. La frontière libano-syrienne jalonne les crêtes de l'Anti-Liban qui prend une allure pénéplanée. Malgré des ressemblances en longueur, en largeur et même en altitude moyenne (2 000 m), l'Anti-Liban ne présente pas les mêmes caractères du point de vue relief, ni la même vigueur que le Mont Liban ; d'autre part, sa direction longitudinale est en partie modifiée pour se rapprocher du SW-NE, ce qui élargit la plaine de la Bekaa vers le Nord.

La partie méridionale de l'Anti-Liban est représentée par le Hermon (Jebel ech cheïkh) qui culmine à 2 814 m, dont les sommets restent enneigés jusqu'à la fin du printemps. La source du Jourdain,(Nabaa el Hasbani) profitant du voisinage de ce grand massif calcaire qui l'alimente en eau, permet la culture d'une partie de la vallée dite Ouadi el Hasbani.

Vers le Nord, le plus haut sommet atteint 2 629 m, la morphologie d'ensemble ne présente pas de reliefs vigoureux, cependant de grandes vallées transversales se sont entaillées à travers cette chaîne. Du point de vue climat, l'air devient très sec et les quantités de pluie seront très réduites. L'agriculture est difficile en dehors des cultures désertiques telles que les melons et les pastèques, favorisées sur le versant occidental. Cependant la culture de la vigne devient de plus en plus im-

portante sur le versant occidental. L'Anti-Liban est beaucoup moins peuplé que le Mont Liban, la longue période de sécheresse et le manque de grandes sources rendent les conditions de vie assez difficiles sur ce massif.

A sa terminaison septentrionale, la chaîne s'estompe en se noyant sous la plaine de Homs, en Syrie du Nord.

Ainsi nous avons vu que le Liban est formé de quatre zones longitudinales de caractères différents. En les traversant de l'Ouest à l'Est, nous passons progressivement du climat méditerranéen chaud et humide au climat désertique aride et sec.

D'après les études archéologiques, on a constaté que l'activité de l'homme n'a jamais cessé d'exister sur ce territoire, depuis l'âge préhistorique jusqu'à notre ère. Au cours de sa longue histoire, le Liban a bénéficié de passages de toutes les anciennes civilisations, lesquelles n'ont pas manqué de laisser beaucoup de leurs traces, tant sur le plan social que sur le plan historique.

A partir des Phéniciens premiers navigateurs, les Pharaouns, puis les Grecs et les Romains, avec les ruines de leurs temples et aqueducs.

La structure d'ensemble du pays est caractéristique des pays méditerranéens qui se sont communiqués depuis l'ancienne histoire. La position géographique et les conditions climatologiques favorisent au Liban le tourisme et la villégiature qui représentent une partie appréciable de son revenu national. A côté de sa production agricole, le mouvement de commerce et de transit fait du Liban le trait d'union entre l'Orient et l'Occident et le creuset des deux civilisations, tout en gardant une position intermédiaire.

1.6 HYDROLOGIE et PLUVIOMETRIE.

Connu sous le nom de Château d'eau du Moyen Orient, le Liban reçoit des précipitations abondantes en hiver, des masses d'eau qui enrichissent son réseau hydrographique, une de ses grandes ressources naturelles.

Les plus grandes quantités d'eau que le Liban reçoive se localisent en général sur le Mont Liban, entre le parallèle de Beyrouth au Sud et celui de Tripoli au Nord ; une deuxième zone du Mont Liban entre Beyrouth et la gorge du Litani au Liban Sud; la troisième zone est le Hermon qui représente la partie méridionale de l'Anti-Liban.

La quantité annuelle minima de pluie en ces trois zones est de 1 000 mm.

La quantité annuelle maxima de pluie de ces trois zones est de 1 500 mm.

Ces grandes précipitations sont concentrées sur 4 mois de l'année qui sont : novembre, décembre, janvier et février ; en mars et avril on reçoit quelques averses, le reste de l'année est presque dépourvu de précipitations.

La superficie des calcaires massifs perméables et magasins qui alimentent les sources du territoire libanais est estimée entre 6 900 et 7 000 km2. Elle représente presque les 3/4 de la superficie totale.

Les eaux retenues dans ces massifs karstiques jaillissent par les sources sous trois formes différentes, correspondant à trois zones définies :

1.6.1 Sources karstiques ou vauclusiennes : on en compte entre 10 et 12 principales , elles longent du Nord au Sud le versant occidental du Mont Liban : Qadicha, Adonis et Jaïta en sont des exemples typiques.

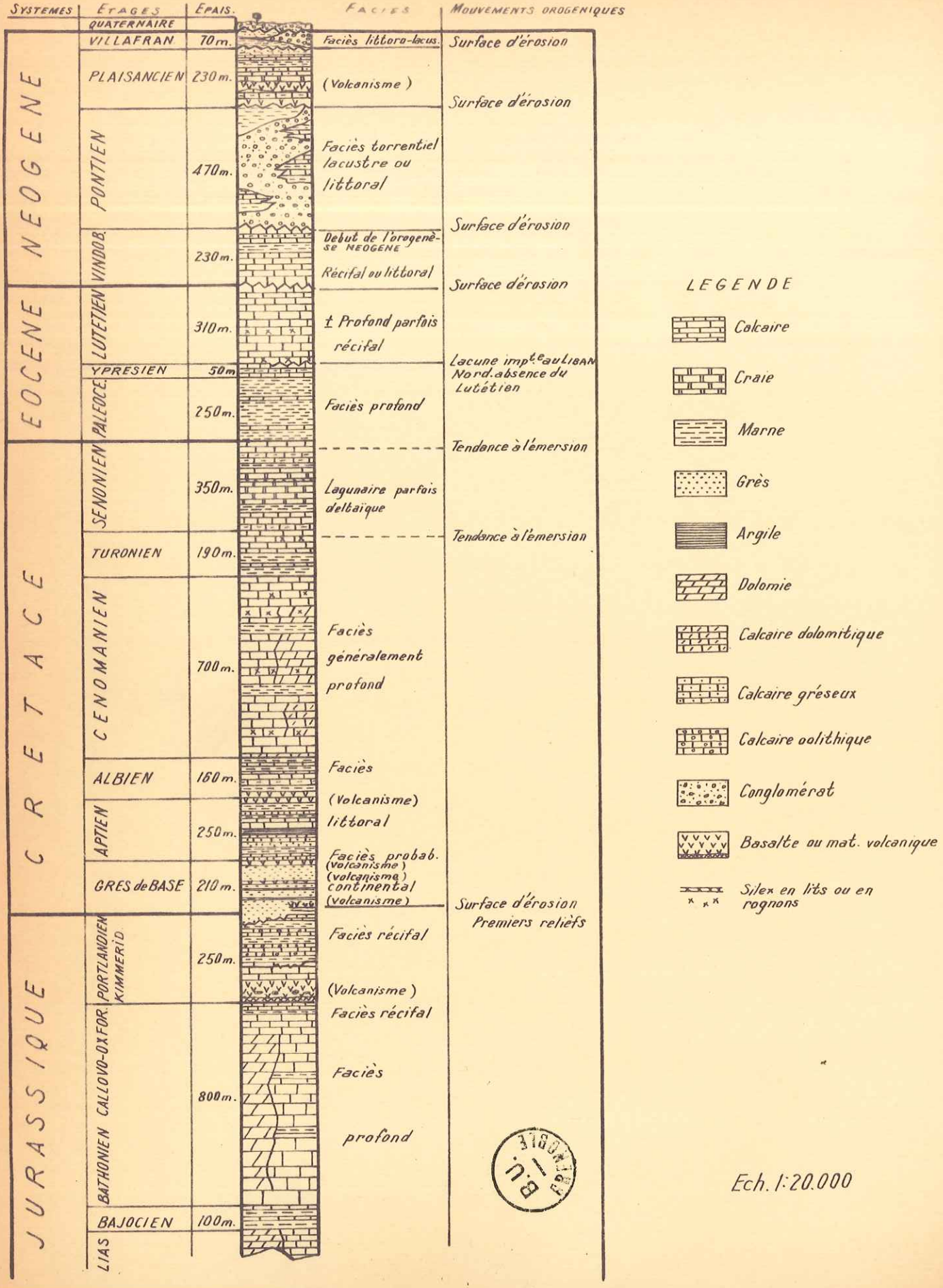
1.6.2 Sources de failles. A part celles de petites failles, neuf sources principales jalonnent le pied oriental du Mont Liban en suivant le tracé de la faille occidentale du fossé (dite faille de Yammouneh). La source de Yammouneh, au village même, donne un exemple de ce type de source.

1.6.3 Sources dites de trop-plein : le domaine des grandes sources de ce type est le pied occidental de l'Anti-Liban ; elles ne sont pas très nombreuses mais leurs débits sont très importants tel celui de Nabaa Anjar qui est un des principaux affleunts du Litani.

D'autres petites sources de nappes ou de failles à débit moyen ou faible, se trouvent disséminées dans tout le pays.

Pl. 1

PROFIL STRATIGRAPHIQUE MOYEN DU LIBAN



Ech. 1:20.000

B.U. BEIROUT

2.0 C A D R E G E O L O G I Q U E.

2.1. STRATIGRAPHIE.

- Dans les deux parties suivantes concernant l'étude des gîtes ferrifères, nous serons amené à étudier en partie la stratigraphie et la tectonique des gîtes. Pour cette raison, nous avons trouvé utile de donner un aperçu stratigraphique et tectonique sur l'ensemble du pays: Ainsi, dans ce qui suit, nous synthétisons les données géologiques pour mettre en relief les traits les plus caractéristiques de la géologie du Liban.

A part les intrusions volcaniques, l'échelle stratigraphique du Liban est constituée entièrement par des formations d'origine marine, dont l'âge varie du Jurassique inférieur (Lias) à l'Actuel. La puissance des formations sédimentaires connues depuis le Jurassique moyen jusqu'à la fin du Tertiaire est de l'ordre de 5 000 m (voir pl. n° 1).

- Il est certain que la puissance totale sera beaucoup plus grande, d'autant plus que dans les couches les plus anciennes reconnues, aucun signe de la proximité du socle cristallin n'a été signalé .

Ceci est dû à la présence d'un fossé libanais qui couvrait en permanence l'ensemble du pays depuis les formations les plus anciennes jusqu'au Miocène..

La série stratigraphique se termine par un épisode orogénique très important : contrairement aux pays voisins, particulièrement à la Syrie, où le Miocène se développe et où les formations sous-jacentes présentent une épaisseur très réduite par rapport au Liban.

2.2. TECTONIQUE.

La genèse et l'évolution de la structure libanaise peuvent être suivies en partie par l'étude stratigraphique.

D'autre part, la morphologie du pays permet le repérage des grandes lignes des axes tectoniques.

Les phénomènes de chevauchement, ainsi que les zones de nappes n'existent pas. Tout au plus, les flexures qui se transforment en failles présentent en général un plan de laminage dans la zone de transition de flexure en faille.

Du point de vue historique, la première phase orogénique, accompagnée d'éruptions volcaniques assez importantes, a eu lieu au Jurassique supérieur (Oxfordien-Kimméridgien) ; elle correspond à la phase Néocimmérienne et a provoqué l'apparition de premiers reliefs et de cassures transversales dans la partie Nord du Pays.

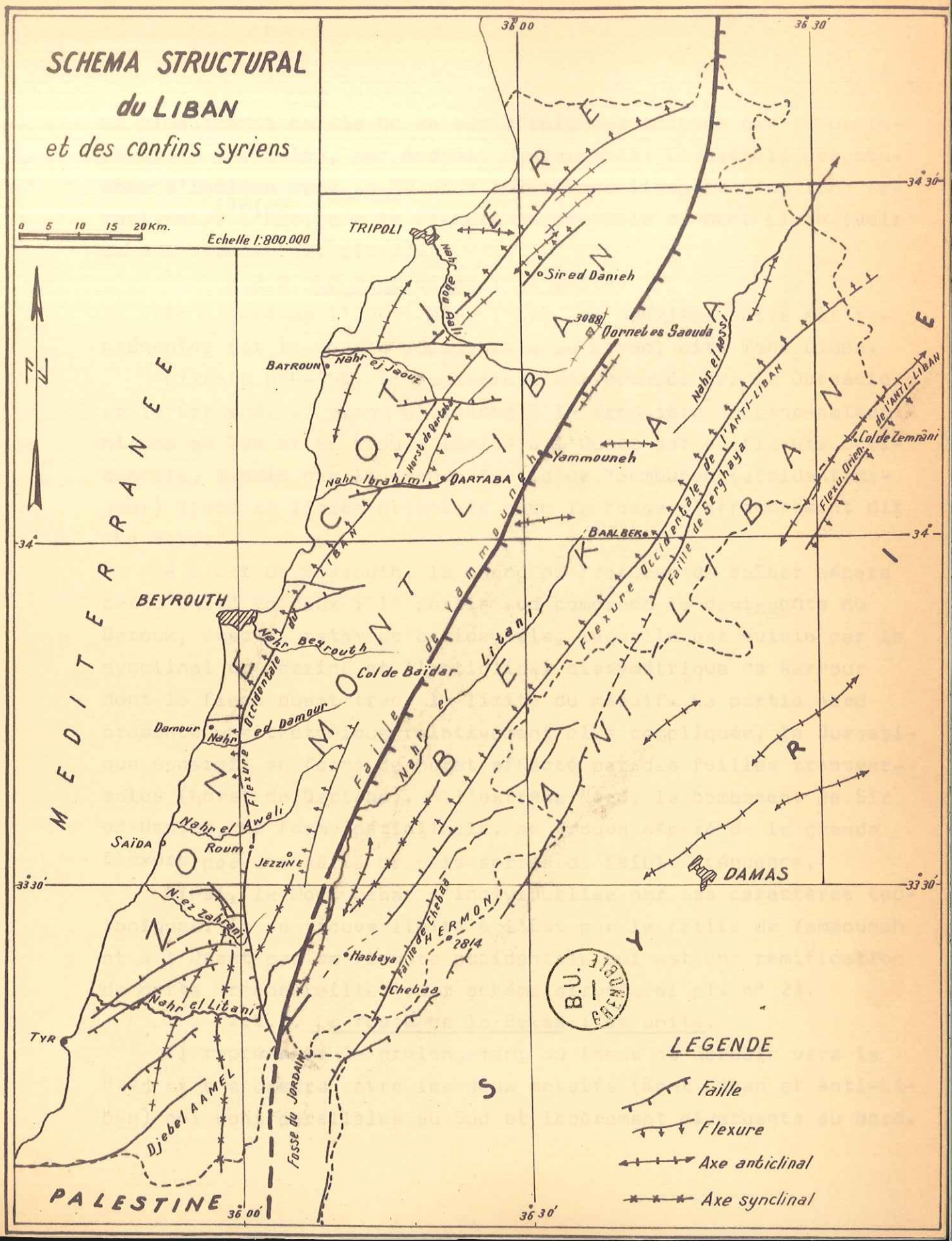
L'ensemble libanais peut être divisé en quatre unités différentes détaillées comme suit :

2.2.1 La Zone côtière : 1ère unité.

Cette unité comporte les hauts plateaux côtiers du Liban Sud et renferme le synclinal éocène de Nabatiyeh et l'anticlinal de Sarba. Elle est entaillée par des vallées jeunes et représente la partie nord de l'unité tabulaire de la Galilée (en Palestine).

Dans sa partie centrale, entre Beyrouth et Jbaïl, elle devient très étroite, puis elle s'élargit vers le Nord et reprend un aspect tabulaire avec quelques plissements, notamment la structure anticlinale de Batroun NNE-SSW et celle de Djebel Terbol E-W à l'Est de Tripoli.

Elle est le domaine des failles secondaires transversales E-W au Nord et des failles obliques SSW-NNE dans sa partie sud.


SCHEMA STRUCTURAL
du LIBAN
et des confins syriens
0 5 10 15 20 Km.
Echelle 1:800.000
N
36° 00
36° 30
34° 30
34°
33° 30
TRIPOLI
Nahr el Kebir
Sir ed Danieh
3088
Qornet es Saouda
BATROUN
Nahr ej jaour
Horst de Dartaba
DARTABA
Nahr Ibrahim
Yammouneh
Nahr el Assi
Faille de l'ANTI-LIBAN
Col de Zemrani
Flexure Orient. de l'ANTI-LIBAN
BAALBEK
BEYROUTH
Nahr Beyrouth
Col de Baïdar
Flexure occidentale de Serghaya
Faille de Serghaya
Damour
Nahr ed Damour
Flexure occidentale du Liban
Faille de Yammouneh
Nahr el Litani
Nahr el Awali
SAÏDA
Roum
JEZZINE
DAMAS
N. ez zahrani
Hasbaya
Faille de Chebaa
HERMON
2814
Chebaa
TYR
Djebel AAMEL
Fosse du JORDAIN
PALESTINE
MEDITERRANEE
ZONE COTIERE
CHAINE DU LIBAN
ZONE MONTAGNEUSE
CHAINE ANTI-LIBAN
SYRIE
LEGENDE
Faille
Flexure
Axe anticlinal
Axe synclinal

B.U. BEYROUTH

La plus grande partie de sa superficie est occupée par le Crétacé et le Tertiaire, par endroit discordants. L'ensemble des couches s'incline vers le NW pour lui donner l'aspect d'un long monoclinal limité à l'Est, par la flexure occidentale du Mont Liban (voir schéma structural, pl. 2).

2.2.2 Le Mont Liban : 2e unité.

En allant de l'Ouest vers l'Est, la deuxième unité est représentée par la chaîne occidentale du Liban, dite Mont Liban.

Orienté NNE-SSW, sa superficie est occupée par le Jurassique et le Crétacé. Il prend naissance à la frontière libano-palestinienne au Sud et se trouve limité à l'Ouest par sa flexure occidentale, tandis que la grande faille de Yammouneh (accident majeur) trace sa limite orientale avec le fossé d'effondrement dit "La Bekaa".

A l'Est de Beyrouth, le champ de fratures de Baïdar sépare cette unité en deux : la partie sud comprend la demi-voûte du Barouk, avec sa retombée occidentale, laquelle est suivie par le synclinal de Jezzine et l'anticlinal dissymétrique de Aazzour dont le flanc ouest trace la limite du massif. La partie nord présente une tectonique relativement plus compliquée, le Jurassique apparaît en forme de horst affecté par des failles transversales (horst de Qartaba). A l'extrême Nord, le bombement de Sir ed Danieh, de forme périclinale, se trouve séparé de la grande flexure par une série de plis serrés de faible fréquence.

Ainsi, le Mont Liban s'individualise par ses caractères tectoniques. Il se trouve limité à l'Est par la faille de Yammouneh et à l'Ouest par sa flexure occidentale qui est une ramification de cette grande faille (voir schéma structural pl. n° 2).

2.2.3. Le fossé de la Bekaa : 3e unité.

Il représente le prolongement du fossé de Jordain vers le Nord et s'encastre entre les deux massifs (Mont Liban et Anti-Liban) qui sont parallèles au Sud et légèrement divergents au Nord.

La grande faille de Yammouneh ou bordière occidentale trace sa limite W tandis que la faille de Hasbaya, avec la flexure occidentale de l'Anti-Liban, tracent sa limite E.

Les alluvions, avec le Miocène et le Pliocène lacustres, couvrent la majeure partie, le Crétacé et le Nummulitique affleurent sur les piedmonts des deux massifs et dans la partie méridionale du fossé.

Au Sud, on trouve quelques plis dissymétriques, notamment l'anticlinal de Sohmor et le synclinal de Libbaya, dont les axes sont parallèles aux grandes lignes tectoniques. Ceci est dû, probablement, au coincement de la Bekaa entre les deux massifs ; nous rappelons que le rejet de la grande faille, dans cette région, est de 2 000 m environ.

Au Nord, on trouve deux directions tectoniques différentes, d'une part des petits plis au voisinage et parallèles à la grande faille, d'autre part et plus spécialement dans la partie occidentale, des plis E-W rappelant la direction des accidents secondaires dans la zone côtière qui représente la première unité.

Dans sa partie sud, la Bekaa prend l'aspect d'un fossé d'effondrement classique (graben) séparant deux horsts jumeaux.

Par contre, au Nord, là où l'effet de la grande faille diminue et où les couches, à l'Est de cette faille, plongent normalement vers le fossé, la Bekaa prend l'aspect d'un large synclinal à bords légèrement divergents vers le Nord. Ce haut plateau joint ainsi les caractères d'un fossé d'effondrement au Sud à ceux d'un large synclinal au Nord.

2.2.4 Le massif de l'Hermon et de l'Anti-Liban : 4e unité.

De style tectonique plus compliqué que les trois premières, cette unité est représentée au Sud par le massif de l'Hermon, d'ossature jurassique. Dans son ensemble, il forme une grande voûte

orientée SW-NE (direction libanaise), le dernier témoin de cette voûte vers le Nord est le bombement jurassique de l'Anti-Liban, affecté par une série de failles au Nord de Zebdani (en Syrie). Au delà, et vers le Nord, le noyau jurassique s'ennoie sous la couverture crétacée de l'Anti-Liban, qui prend la forme d'un anticlinarium dissymétrique, dont le flanc raide est représenté par la retombée orientale du pli de Zemrani. Particulièrement, c'est la faille orientale de l'Hermon qui accroît la complexité de cette unité, après avoir longé la bordure E du massif, elle coupe obliquement à travers l'Anti-Liban méridional, pour rejoindre la faille de Serghaya au Nord, où elle inverse son rejet. La faille de Chebaa représente le prolongement N de la grande bordière orientale du fossé, parallèlement à la bordière occidentale, elle coupe le long de l'Hermon jusqu'à la frontière libano-syrienne, où elle rejoint la faille de Serghaya par une mosaïque de petites failles.

Cette unité complexe qui représente l'arrière du pays se trouve limitée d'une part à l'Ouest, par la faille de Hasbaya et la flexure occidentale de l'Anti-Liban, d'autre part par la faille orientale de l'Hermon et la flexure orientale du Djebel Zemrani, au Nord. (Voir schéma structural, pl. n° 2).

2.2.5 Conclusion.

Il résulte de ce que nous venons d'exposer, que le style tectonique du pays est représenté par deux directions différentes.

La première est celle des accidents majeurs orientés NNE-SSW, lesquels comportent la flexure occidentale du Liban, la faille de Yammouney, la flexure occidentale de l'Anti-Liban, la faille de Chebaa, la faille orientale de l'Hermon et la flexure orientale de Zemrani.

La deuxième direction représente les accidents secondaires orientés E-W au Nord et SW-NE dans la partie sud de la première

unité que nous avons distinguée. Ils sont de moindre importance et recoupent obliquement les accidents principaux ; leur domaine principal est la zone côtière (schéma structural pl. n° 2).

En examinant les divers éléments tectoniques qui ont collaboré à la formation de ces quatre unités, nous pouvons penser qu'au début, l'ensemble des quatre unités fut soumis à un mouvement de compression tangentielle qui était à l'origine de l'exhaussement du Liban, la Bekaa et l'Anti-Liban, en forme d'une grande voûte comme première phase, celle-ci suivie d'une phase de détente a provoqué l'effondrement de la clef de voûte représentée par le fossé actuel de la Bekaa et, encastrée de part et d'autre par le Mont Liban et l'Anti-Liban.

Les dépôts discordants du Miocène lacustre, dans les anciennes dépressions et du Miocène marin dans les parties basses du littoral, suggèrent que la phase orogénique est antémiocène ; elle paraît être de tendance alpine du point de vue âge, mais elle fait partie de la grande cassure africaine qui affecte la bordure occidentale du Moyen-Orient.

Cependant, l'ensemble du complexe libanais fut repris plus tard par un mouvement de réajustement de faible fréquence. Le Miocène, affecté par ce mouvement, émerge à quelques centaines de mètres de la côte actuelle.

Après cet aperçu géologique, nous nous attacherons aux problèmes des gîtes ferrifères en commençant par l'Historique.

3.0 HISTORIQUE

3.1. Si nous jetons un regard rétrospectif sur l'histoire s.s:, nous trouvons que, bien que le fer continue à conserver sa place comme métal principal dans l'industrie moderne, il a été autrefois considéré comme métal précieux. Les excavations archéologiques d'Ugarit "Reine de Ninive" entreprises à Ras Schamra, en Syrie du Nord, ont découvert des briques en argile cuite, sur lesquelles des écriteaux qui datent du XIVe siècle avant J.-C. indiquent le cours des métaux à cette époque.

D'après G. SAADÉ [3 2], page 64 "Au XIVe siècle a. J-C, le fer est encore considéré comme métal précieux. En ce temps-là, pour obtenir 12 cicles (120 grammes environ) de fer, il fallait donner 23 cicles d'argent ou

Fe		Ag
12 cicles	=	23 cicles
120 cicles	=	230 cicles
1 kg	=	1,92 kg.

Par contre, à Babylone (en Mésopotamie) au temps de Hamourabi (1792-1750 a. J-C.) à l'âge du bronze moyen, on prenait le cuivre comme base et le cours était comme suit :

Cu = 1
Fe = 15
Ag = 120, c'est-à-dire 8 fois le fer
Au = 720

3.2 La présence d'abondantes scories largement réparties sur le territoire libanais, et plus particulièrement sur le Mont Liban, témoigne d'une très ancienne exploitation de gîtes ferrifères, qui remonte probablement aux temps préhistoriques.

A cette époque, les petites quantités de minerai satisfaisaient aux besoins d'exploitants, et l'industrie sidérurgique se limitait alors à l'échelle artisanale pour la fabrication d'outils d'agriculture ou d'armes de chasse. Les anciens fondeurs traitaient le minerai d'une façon primitive dans de petits fourneaux à base de charbon de bois comme combustible, ce qui a contribué en grande partie au déboisement du pays. L'incompétence de ces anciens sidérurgistes et leur manque d'expérience, montrent que la fusion du minerai était incomplète ou mal conditionnée, d'où l'on trouve actuellement dans les scories de ces anciennes fonderies de 57 à 60 % de fer.

A cette occasion, il nous paraît intéressant et documentaire d'émettre cette notion historique sur la fusion de minerai de fer. D'après le Dr KHON [19] 1929, p. 283 dans son étude sur le haut-fourneau : "L'invention (du haut-fourneau) semble être faite dans la région de l'Alsace méridionale (Haut-Rhin) au voisinage de la ville actuelle de Mulhouse. Du moins les pièces les plus anciennes connues de fer fondu datent de 1490 environ, et proviennent de ladite région".

Au Liban, nous n'avons pas trouvé de traces indiquant la forme d'anciens fours de fusion. Par conséquent, durant les travaux de recherche qui ont été faits en 1954 sur le gîte de Aïn Aar, on a découvert les vestiges d'une ancienne exploitation minière ; il s'agit d'une descenderie que les anciens mineurs empruntaient pour l'évacuation du minerai et l'accès à la mine, semblable à celles que l'on a découvert en Afrique Centrale, et qui datent

du temps préhistorique. Cependant, le cubage du vide ainsi que la profondeur de la descenderie indiquent qu'une quantité très limitée fut jadis exploitée. D'après les observations faites au cours de notre étude, il nous semble que depuis longtemps cette mine fut abandonnée. Pour le gisement de Marjaba, considéré comme le plus important des gîtes secondaires, les indications d'anciennes exploitations manquent à l'heure actuelle, à cause de changements perpétuels d'exploitants et, par conséquent, de leur mode d'exploitation. Cependant, ce gisement fut vraisemblablement exploité au temps préhistorique, au Ier siècle avant J-C, par les Romains. Longtemps plus tard, au milieu du XIXe siècle, l'exploitation de la mine fut reprise par les Egyptiens au temps d'Ibrahim Pacha. Enfin, récemment, après la deuxième guerre mondiale, vers les années 1947-48, la MARJABA MINING C° a repris l'exploitation du gisement. On manque toutefois de critères historiques précis prouvant qu'au XIe et XIIe siècle ce gisement fournissait en fer l'aciérie de Damas qui fabriquait les célèbres lames de sabres, forgées. A l'heure actuelle, nous ignorons l'existence d'une étude systématique sur les réserves probables du gisement. Néanmoins, vu l'importance de ce travail, on pourrait penser qu'une telle étude avait été faite sans être rendue officielle. Au cours des dix dernières années, des essais d'exploitation ont été faits sur d'autres gîtes secondaires comme Jaïta, Aïn Aar, Barouk et l'Est de Kefraya ; leurs résultats furent défectueux, faute de quantité et d'homogénéité du minerai. Sur les gîtes oolithiques, le seul essai entrepris en 1955 sur le gismement de Dahr el Baïdar indique le manque total de technicité et l'ignorance absolue des dirigeants sur les modes d'exploitation de tels gisements. Ils ont essayé d'exploiter les croûtes ferrugineuses qui sont généralement de teneur capricieuse, en les séparant mécaniquement des oolithes au moyen d'un tamis cylindrique rotatif pour les récupérer en éliminant ainsi les oolithes qui représentent la concentration la

plus riche en fer. Cet essai fut suivi de la fermeture de la mine.

Après cet aperçu rapide sur l'exploitation des gîtes, nous passons aux documents bibliographiques.

Dans les ouvrages et études sur la géologie du Liban, nous avons trouvé sur notre sujet quelques rares et brèves indications sans étude détaillée ni recherche systématique.

3.3. : Révérend Père P. ZUMOFFEN [38], 1926, La "Géologie du Liban", en page 29 on trouve : "A l'Ouest de Kaferhouneh, une couche jurassique renferme des dépôts de minerai de fer que les habitants des villages ont jadis exploité pour le compte de l'Emir Bechir. On y voit encore les puits à moitié comblés et complètement abandonnés depuis longtemps." Nous pensons qu'il s'agit de notre couche à oolithes ferrugineuses de l'Aptien et pas dans le Jurassique.

F. HEYBROEK [18], 1942, dans sa thèse "La Géologie d'une partie du Liban Sud", p. 344, signale la présence d'oolithes ferrugineuses en indiquant : "marnes à oolithes ferrugineuses du sommet des couches à Orbitolines (Aptien supérieur) au NE d'El Jaayel (couche 2, coupe Kferniss, Albien-Cénomanien).

En 1952, [22] pour participer au XIXe Congrès géologique international qui a eu lieu à Alger, "Symposium sur les gisements de fer du monde", la direction des Travaux Publics publie une "note rudimentaire sur les indices de minerai de fer du Liban" que nous reproduisons à la fin de cet historique.

Enfin, L. DUBERTRET étudie depuis une trentaine d'années le territoire libanais ; ses travaux représentent une grande partie sur la connaissance actuelle de la géologie du pays(*), il

(*) Voir liste bibliographique de notre Mémoire de D.E.S., 21 juin 1961.

indique dans de nombreuses coupes et études stratigraphiques, la présence d'une couche d'oolithes ferrugineuses dans l'Aptien.

Comme nous l'avons signalé, la valeur de ce métal variait en fonction du temps et du pays, et sans que cette variation ne soit à l'échelle des métaux précieux comme il le fut dans les temps préhistoriques; elle subsiste toujours, mais à l'échelle de l'économie mondiale, et le fer continue à jouer son rôle principal dans le domaine industriel, pour la création de grandes industries et le développement des pays.

A L'OCCASION DU XIXe CONGRES GEOLOGIQUE INTERNATIONAL
Symposium sur le fer - ALGER 1952

L I B A N

NOTE SUR LES INDICES DE MINERAI DE FER DU LIBAN

par la Direction des Travaux Publics.

Le Liban ne possède pas de mines de fer en exploitation, mais il existe des concentrations ferrugineuses dans les couches néritiques du sommet du Jurassique et de la base du Crétacé, dont certaines sont assez riches pour avoir été l'objet d'exploitations rudimentaires.

Ces concentrations ferrugineuses paraissent être en relation avec le volcanisme basaltique qui a éclaté vers le Lusitanien et a persisté jusqu'à la grande transgression crétacée, c'est-à-dire jusqu'à la fin de l'Aptien.

Ce volcanisme a eu son développement dans la moitié nord du Liban, tectoniquement le plus haut. Il y eut deux paroxysmes, l'un vers le Lusitanien, l'autre dans l'Aptien supérieur. Des régions entières ont alors été recouvertes de basaltes, scories, cinérites, qui se trouvent aujourd'hui interstratifiés dans les sédiments néritiques. Dans le voisinage, le fer se trouve sous forme de rognons, nodules, oolithes d'hématite, en général capricieusement distribués.

Cependant on reconnaît, à travers toute l'étendue du Liban et jusque dans l'Anti-Liban et la Judée, un niveau de grès à oolithes ferrugineuses situé au sommet de l'Aptien, sous les couches calcaires et marneuses de l'Albien. Le niveau serait en relation avec le paroxysme volcanique aptien supérieur. Il est assez caractéristique pour servir de repère stratigraphique.

4.0. GENERALITES : MINERAIS ET GITES.

4.1 Les Minerais.

Avant d'entreprendre l'étude détaillée des gîtes, nous avons trouvé utile de donner quelques notions générales. Il a été démontré que le fer joue un rôle assez important dans la construction de l'écorce et y est assez répandu. D'après E. RAGUIN [28] "il arrive 4e avec 5 % après l'oxygène, le silicium et l'aluminium". En minerai, il se rencontre sous plusieurs formes dont les principales sont :

La Magnétite qui contient le pourcentage le plus élevé en fer, 72,3 % ;

Les Hématites qui contiennent jusqu'à 70 % de fer et 30 % d'oxygène.

Elles comprennent :

L'oligiste ou Hématite rouge

La limonite ou Hématite brune, concrétionnée ou amorphe (Goethite).

La Sidérose ou carbonate de fer

La Martite qui est une pseudomorphose de magnétite ou d'oligiste.

D'autres minéraux accessoires se rencontrent dans les gîtes sédimentaires, tels que la chlorite, la chamosite, la turingite et la bavalite. On trouve aussi des grenats accompagnant la magnétite et l'oligiste.

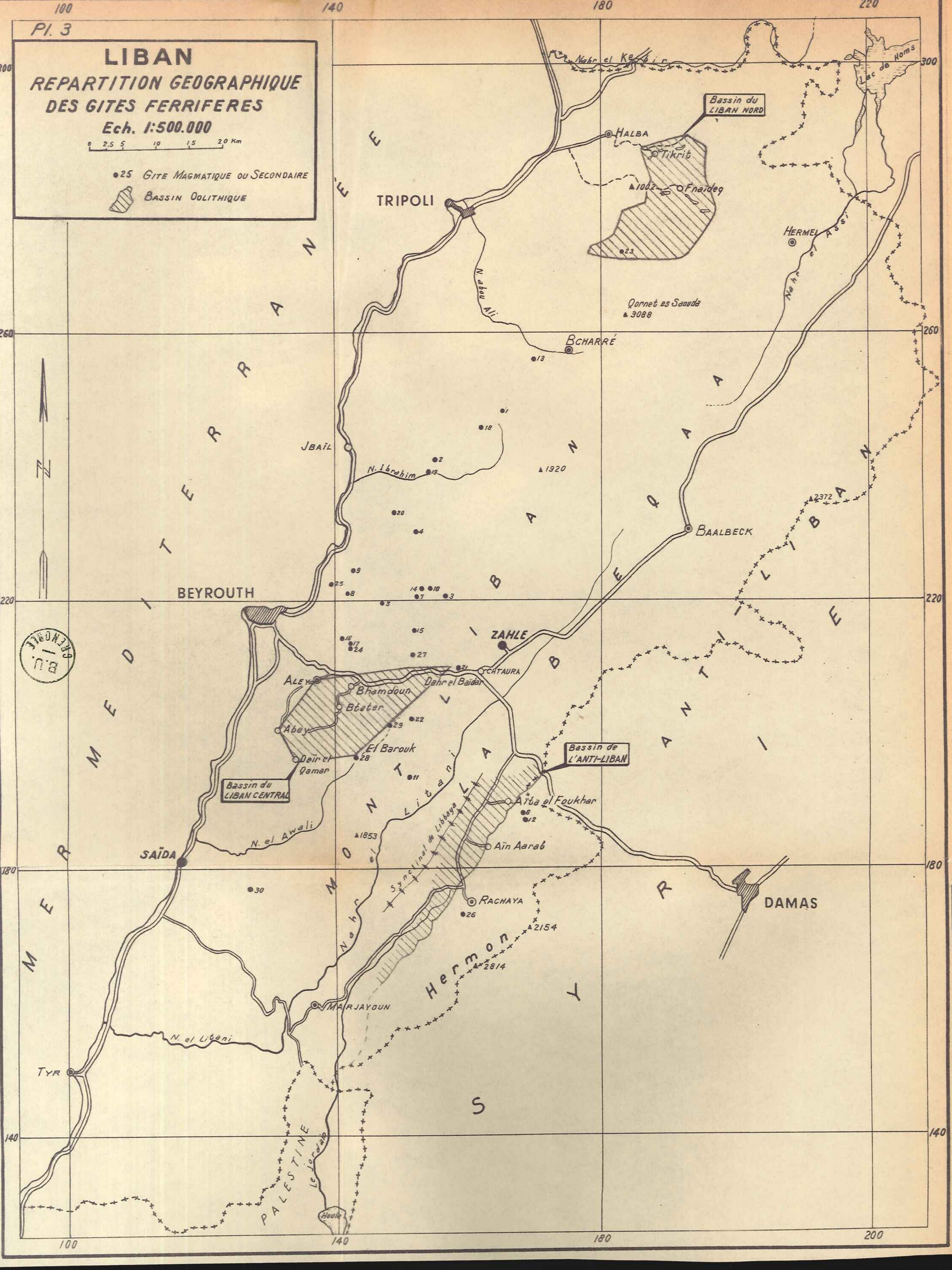
4.2 Les Gîtes.

En examinant leur position stratigraphique, on remarque qu'en général tous les gîtes importants non oolithiques se localisent dans le Primaire, le Cristallin, ou dans les roches vertes, comme les gîtes d'autres métaux tels que l'or, le chrome, le nickel et l'argent. Ils se présentent sous forme de gîtes métamorphiques dans les vieux boucliers ou dans le Mésozoïque par régénération d'anciens gîtes.

Ce genre de minéralisation se manifestait à chaque ancien

orogénèse, par plutonisme orogénique, ou par effet tectonique syncontemporain. Ils se présentent soit en filons verticaux ou horizontaux, soit en grandes concentrations exploitables ou en minéralisations diffuses dans la roche encaissante. Ils sont moins fréquents dans les séries supérieures où, d'habitude, ils ne présentent qu'un intérêt scientifique (théorique) et, dans ce cas, leur intérêt pratique est très limité.

Pour les gîtes oolithiques, le problème est différent, ils sont en relation avec les orogenèses qui sont à l'origine de la dissolution du fer finement réparti dans les roches continentales, de son transport et de son dépôt dans les anciens fossés ou géosynclinaux. Ils se présentent en forme de couches à oolithes ferrugineuses, intercalées dans les séries stratigraphiques.



Pl. 3
LIBAN
REPARTITION GEOGRAPHIQUE
DES GITES FERRIFERES
Ech. 1:500.000
0 2.5 5 10 15 20 Km
●25 Gite Magmatique ou Secondaire
Bassin Oolithique
100
140
180
220
200
300
260
220
180
140
N
MER MEDITERRANÉE
MONT LIBAN
BEQAA
ANTI LIBAN
SYRIE
PALESTINE
Nahr el Kebir
Lac de Homs
Bassin du LIBAN NORD
Halba
Tikrit
▲1002
Fnaideq
●23
Tripoli
Hermel
Nahr el Assi
N. abou Ali
Qornet es Saouda
▲3088
Bcharré
●13
●1
●18
Jbaïl
●2
N. Ibrahim
●19
▲1920
▲2372
●20
●4
Baalbeck
●9
●25
●8
14● ●10
●7
●3
●5
Beyrouth
●15
●16
●17
●24
●27
Zahle
●21
Chtaura
Aley
Bhamdoun
Dahr el Baïdar
Btater
●22
●29
Abey
El Barouk
●28
Deïr el Qamar
Bassin du LIBAN CENTRAL
●11
Bassin de L'ANTI-LIBAN
Aïta el Foukhar
●6
●12
N. el Awali
▲1853
Nahr el Litani
Synclinal de Libbaya
Aïn Aarab
Saïda
●30
Rachaya
●26
Damas
▲2154
Hermon
▲2814
Marjayoun
N. el Litani
Tyr
Le Jourdain
Houle

5.0. CLASSIFICATION GENETIQUE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET STRATIGRAPHIQUE DES GITES.

Introduction.

Pour faciliter notre travail et celui des lecteurs dans les parties qui suivent, nous avons procédé à une classification systématique de tous les gîtes que nous avons étudiés. Les numéros d'ordre des gîtes qui se trouvent dans le texte et qui ont été reportés sur le plan de répartition 1/500 000, pl. n° 3, ont respecté la classification suivante :

1° Les gîtes magmatiques, liés aux basaltes

2° Les gîtes secondaires, dans le Jurassique et le Crétacé

3° Les gîtes oolithiques, dans l'Aptien.

Pour la répartition stratigraphique, nous avons donné, à la fin de cette classification, une coupe stratigraphique complète avec la position stratigraphique des gîtes (pl. n° 4). Sur cette coupe, les gîtes sont représentés par leurs numéros d'ordre, correspondant aux numéros de classification et à ceux du plan géographique (pl. n° 3, intercalée au début du texte).

Partant de la classification tripartite que nous venons de citer plus haut, nous détaillons comme suit :

5.1 LES GITES MAGMATIQUES.

5.1.1 - Dans les basaltes du complexe volcanique :

N° des Gîtes

1 BALAA

Dans le basalte du Complexe volcanique (Jurassique supérieur) à 500 m au NE de Balaa, feuille 1/50 000 QARTABA = x = 165,03 ; y = 248,60.

2 AALMATE

En blocs de limonite jaune rougeâtre, à morceaux d'hématite dans le basalte du Complexe volcanique à l'Ouest et dans le village même de Aalmate, feuille 1/50 000 QARTABA : x = 154,95 ; y = 241,32.

5.1.2 - Dans les basaltes à la base des Grès de Base :

3 EZ ZAAROUR

En blocs dans une couche de basalte altéré post-jurassique, région de Ez-Zaarour Nord, lieu-dit Memboukh, à 2,8 km au Sud de Beskinta ; feuille 1/50 000 ZAHLE : x = 156,50 ; y = 220,50. (Travaux de recherche).

4 BOKATA ENE

Couche de 6 à 12 cm de minerai de fer compact à la base des Grès de base, au-dessus d'une couche d'argile grise; feuille 1/50 000 QARTABA : x = 152,15 ; y = 230,12.

5 ED DOUAR

Deux couches de minerai de fer de 20 à 30 cm d'épaisseur dans une matière basaltique à la base des Grès de base. Feuille 1/50 000 BEYROUTH ; x = 147,00 ; y= 219,02.

6 AÏTA EL FOUKHAR SE

Filon-couche de 10 cm d'épaisseur dans la matière volcanique près des pisolites, à la base des Grès de base reposant sur la falaise de Bikfaya, Jurassique supérieur Feuille 1/50 000 RACHAYA-NORD : x = 168,05 ; y = 188,10.

5.2 LES GITES SECONDAIRES.

5.2.1. Gîtes métasomatiques en relation avec les accidents tectoniques.

1. En concentrations irrégulières ou amas dans les calcaires jurassiques.

7 Mine de MARJABA

Minéralisation en grands amas, en blocs ou en filons dans les calcaires supérieurs du Jurassique (Oxford.sup.) Feuille 1/50 000 ZAHLE : x = 152,40 ; y = 220,50. Exploité depuis la Préhistoire.

8 AÏN-AAR

Minéralisation diffuse, en amas ou en petits filons dans les calcaires du Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 BEYROUTH ; x = 141,80 ; y = 221,10. Essai d'exploitation.

9 JAÏTA NORD

Minéralisation en blocs ou en petits amas, diffuse dans les calcaires du Jurassique supérieur (falaise de Bikfaya). Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 142,84; y= 224,43. Recherche et essai d'exploitation.

10 MINE M. AARISS

Minéralisation diffuse en petits blocs dans les calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur (Oxford. sup.). Feuille 1/50 000 ZAHLE : x = 154,25 ; y = 221,80. Travaux de recherche.

11 KEFRAYA NE

Minéralisations entre les cassures de la grande faille occidentale de la Bekaa surtout ocre et limonite, en amas ou en petits filonnets remplissant les cassures. Limonite à noyau de pyrite. Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 RACHAYA-NORD : x = 150,95 ; y =193,70. Essai d'exploitation.

12 AÏTA EL-FOUKHAR SE.

Minéralisation en petits amas dans les calcaires de la falaise de Bikfaya, Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 RACHAYA-NORD : x = 168,40 ; y = 187,30. Essai d'exploitation.

13 HASROUN (BEÏT FADEL NW).

Minéralisation diffuse dans les calcaires jurassiques limonite et ocre. Feuille 1/50 000 QARTABA : x = 170,25; y = 236,00. Ancien essai d'exploitation.

5.2.2. En filon-faille.

14 BTAGHRIN E

Remplissage de limonite et d'ocre jaune très riche en cristaux de calcite entre les deux parois d'une faille en forme de filon Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 ZAHLÉ : x = 152,80 ; y = 221,40. Essai d'exploitation.

15 BZEBDINE NE

Remplissage en forme de filon entre les deux parois d'une faille transversale à Nahr Roumaïl, dans les calcaires pseudomorphosés d'hématite d'après les cristaux de pyrite. Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 151,90 ; y = 215,23. (Travaux de recherche).

16 QARTADA

Filon de limonite dans la faille entre Jurassique supérieur et Grès de base ; forme typiquement filonienne. Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 141,00 ; y =214,32. Travaux de recherche.

17 RAS EL METN W.

Filon d'hématite à haut pourcentage de silice dans une faille entre la falaise de Bikfaya et les Grès de base. Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 142,40 ; y = 213,15. Essai d'exploitation.

5.2.3 Minéralisations diffuses dans les calcaires jurassiques.

18 JEBEL JAJ

Minéralisations en forme de blocs et d'amas dans les calcaires du Jurassique supérieur en relation avec une petite cheminée volcanique. Feuille 1/50 000 QARTABA : x = 161,90 ; y = 245,70. Travaux de recherche.

19 AALMAT SUD.

Minéralisation diffuse dans les calcaires du Jurassique supérieur en relation avec la coulée basaltique du Complexe volcanique. Feuille 1/50 000 QARTABA : x = 153,90 ; y = 238,70.

20 JEBEL EL HADID

Dans les calcaires du Jurassique supérieur, minéralisation diffuse ou en petits amas. Feuille 1/50 000 JBAÏL: x = 148,90 ; y = 233,15.

21 BOUAREJ

Minéralisations diffuses en pseudomorphoses dans les calcaires du Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 ZAHLE : x = 158,50 ; y = 209,50.

22 JEBEL EL BAROUK

Minéralisation diffuse en petits blocs ou rognons d'hématite dans les calcaires du Jurassique supérieur. Feuille 1/50 000 JEZZINE : x = 151,50 ; y = 202,20.

23 DAHR ED DILL.

Minéralisation diffuse dans les calcaires du Jurassique supérieur répartie en amas de 10 à 30 cm de diamètre dans la région NE de Sir-ed Danié. Feuille 1/50 000 SIRED DANIE : x = 183,00 ; y = 271,80.

5.2.4 Gîtes de migration.

Solutions descendantes ou ascendantes.

24 Descendante : RAS EL METN W

Minerai de fer en croûte à la base des Grès de base et au-dessus d'une couche d'argile grise au toit des calcaires jaunes supérieurs (Jurassique terminal). Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 142,40 ; y = 212,80. Essai d'exploitation.

25 Ascendante : DEÏR TAMICH.

Partout dans le Grès de base. Exemple : couche de croûtes de limonite au voisinage de Deïr Tamich. Feuille de BEYROUTH 1/50 000 : x = 139,50 ; y = 222,53.

5.2.5 Gîtes résiduels.

Dissolution et concentration.

26 BEKKIFA

Grande concentration d'ocre jaune dans les calcaires du Jurassique supérieur provenant de la décomposition du minerai de fer préexistant. Feuille 1/50 000 HERMON : x = 156,80 ; y = 172,65.

27 FALOUGHA.

Ocre rouge dans les Grès de base provenant de la dissolution des croûtes de minerai de fer dans cette formation. Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 151,50 ; y =211,70.

5.2.6 Gîtes de substitution.
Dans les pisolithes ou dans le calcaire compact.

28 Village EL BAROUK E
Couche de minerai de fer compact très dur, parsemée de pisolithes à la base de l'Aptien inférieur et au-dessus des Grès de base. Feuille 1/50 000 JEZZINE : x = 146,05 ; y = 196,65. Travaux de recherche.

29 BMEHRAY
Couche de pisolithes et petites concentrations de limonite, ocreuse au toit du Jurassique supérieur ou base du Crétacé. Feuille 1/50 000 BEYROUTH : x = 148,15 ; y = 202,25.

30 MINE DE BARTI
Trois couches superposées d'hématite compacte dure dans le Cénomanien supérieur. Feuille 1/50 000 SAIDA : x = 127,20 ; y = 176,81. Anciens travaux de recherche ou d'exploitation.

Nous rappelons que les gîtes magmatiques et les gîtes d'origine métasomatique types 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 se localisent dans les calcaires du Jurassique supérieur ; les autres se trouvent répartis entre le toit du Jurassique et la base du Crétacé, à l'exception de celui de BARTI, n° 30, au Liban Sud, qui se trouve dans le Cénomanien supérieur.

Après cette classification que nous venons de présenter, nous passons à la répartition géographique des gîtes oolithiques. Afin d'éviter la confusion possible entre secondaire et oolithique et pour faciliter la distinction entre les deux types, nous avons adopté les chiffres romains pour numéroter les gîtes oolithiques d'après l'ordre suivant :

5.3 REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES GITES OOLITHIQUES.

Les gîtes oolithiques sont répartis au Liban sur trois différents bassins :

5.3.1 Le Bassin du Liban Nord qui comprend les localités suivantes :

I. Ech Chaqdouf
II. Tikrit
III. Hrar
IV. Ez Zaaroura
V. Fnaïdeq SE- Er Rassif
VI. El Barbriss.

5.3.2. Le Bassin du Liban Central qui comprend plusieurs plages ; son ensemble prend la forme d'un polygone qui se limite comme suit :

VII. Dahr el Baïdar
VIII. Bahmdoun
IX. Bkhrouchtay
X. Aaley
XI. Abey
XII. Deïr el Qamar
XIII El Barouk
XIV. Btater, qui se place au milieu de ce polygone (pl. n° 3).

5.3.3.

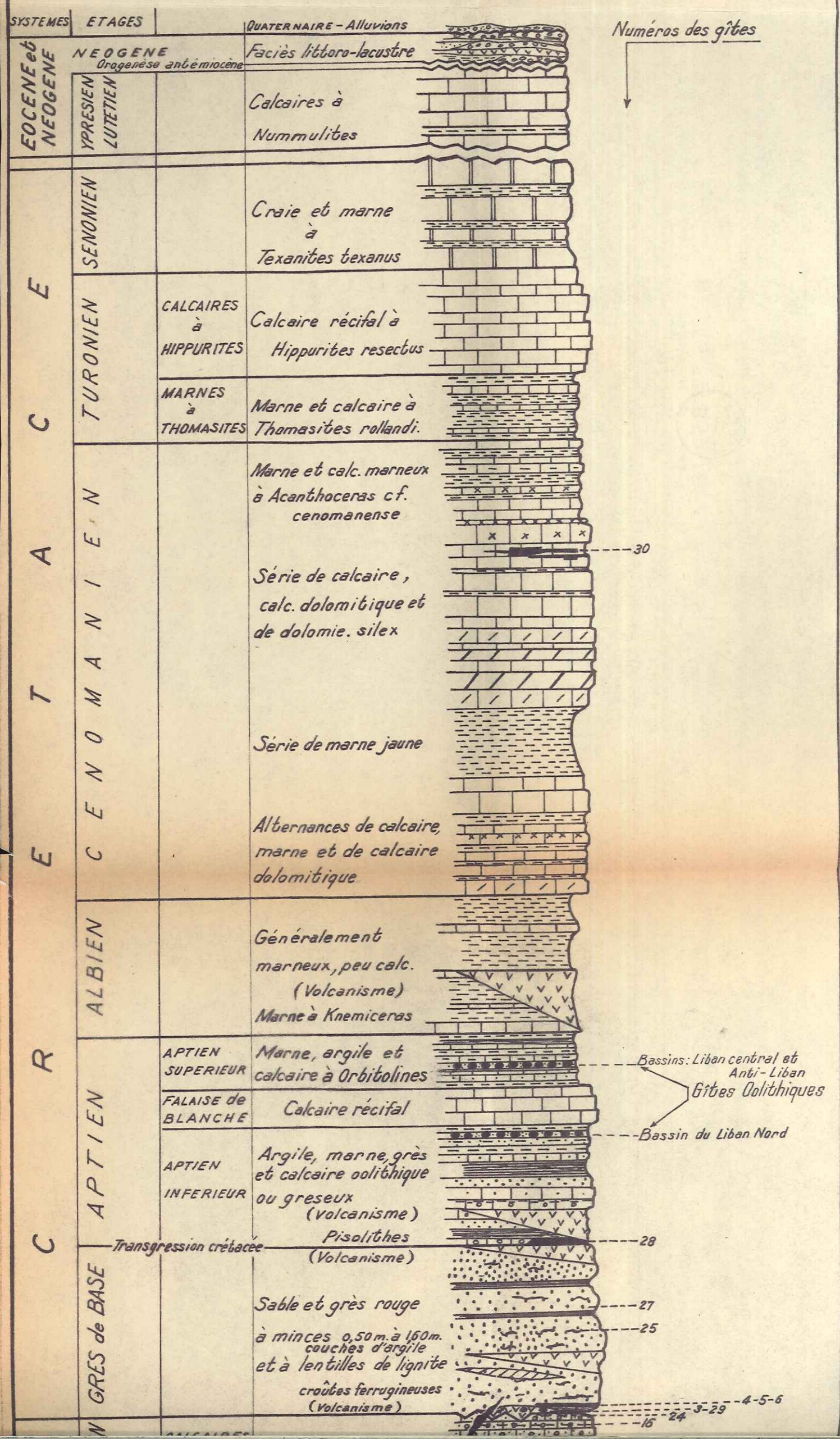
Le Bassin d'Anti-Liban : il s'étend sur les piedmonts occidentaux de l'Hermon ; au long de sa bordure orientale s'alignent du Sud au Nord les villages suivants :

XV. Dahr el Ahmar
XVI. Kafer Danis
XVII Aïn Aarab
XVIII Mdoukha Est
XIX Aïta el Foukhar Est.

CRETACE	SENONIEN		Craie et marne à *Texanites texanus*	
	TURONIEN	CALCAIRES à HIPPURITES	Calcaire récifal à *Hippurites resectus*	
		MARNES à THOMASITES	Marne et calcaire à *Thomasites rollandi.*	
	CENOMANIEN		Marne et calc. marneux à *Acanthoceras cf. cenomanense*	
			Série de calcaire, calc. dolomitique et de dolomie. silex	30
			Série de marne jaune	
			Alternances de calcaire, marne et de calcaire dolomitique	
	ALBIEN		Généralement marneux, peu calc. (Volcanisme) Marne à Knemiceras	
	APTIEN	APTIEN SUPERIEUR	Marne, argile et calcaire à Orbitolines	Bassins: Liban central et Anti-Liban — Gîtes Oolithiques
		FALAISE de BLANCHE	Calcaire récifal	
		APTIEN INFERIEUR	Argile, marne, grès et calcaire oolithique ou greseux (Volcanisme)	Bassin du Liban Nord
		Transgression crétacée	Pisolithes (Volcanisme)	28
	GRES de BASE		Sable et grès rouge à minces 0,50 m. à 1,60 m. couches d'argile et à lentilles de lignite croûtes ferrugineuses (Volcanisme)	27 — 25 — 4-5-6 — 3-29 — 24 — 16
JURASSIQUE SUPERIEUR	KIMMERIDGIEN - PORTLANDIEN	CALCAIRES JAUNES SUPERIEURS	Calcaire greseux oolithique, marne et calc. à 2 couches d'argile chocolat	
		Orogenese jurassique		
		FALAISE de BIKFAYA	Calc. récifal, silex et coraux dolomitique	9-12-17
		COMPLEXE VOLCANIQUE	Marne grise, cinérites et tufs Intercala. de bancs calc. Basalte rouge altéré à pillow lava Basalte noir dur	1-2
	CALLOVO-OXFORDIEN	CALCAIRES JAUNES INFE.	Marne et calc. jaune à patine rousse alternants	
			Calcaires et Dolomies massifs	18-19-20-21-22-23 — 7-8-10-11-13-26 — 14-15

REPARTITION DES GITES FERRIFERES DANS LA SERIE STRATIGRAPHIQUE DU LIBAN

Echelle vert. 1:5.000



RAPPEL STRATIGRAPHIQUE.

5.4 Notons qu'au point de vue stratigraphique, seul le bassin du Liban Nord est situé dans l'Aptien inférieur, les deux autres bassins, Liban Central et Anti-Liban se trouvent dans l'Aptien supérieur. Nous reviendrons en détail sur ce problème stratigraphique dans la deuxième partie de ce travail, en étudiant la genèse et la formation des gîtes oolithiques en relation avec l'orogenèse jurassique.

Avec cette énumération rapide et systématique, nous avons donné une idée générale sur la répartition géographique et stratigraphique des gîtes ferrifères au Liban. Nous passons ensuite à la première partie de notre travail, elle comprendra plusieurs études de différents types de gîtes magmatiques et secondaires.

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I : GITES MAGMATIQUES

CHAPITRE II : GITES SECONDAIRES

CHAPITRE I.

GITES MAGMATIQUES.

GENERALITES.

Sous le titre de Gîtes Magmatiques nous avons groupé tous ceux qui sont en relation directe avec les éruptions volcaniques.

Quelques-uns sont situés dans les basaltes du Complexe volcanique (Jurassique supérieur). D'autres se trouvent à la base du Crétacé.

Bien que les deux catégories aient une même origine, leurs situations stratigraphiques montrent qu'elles appartiennent à deux épisodes volcaniques différents. La mobilisation de solutions minéralisatrices,qui sont à l'origine de ces gîtes, est en relation avec le basalte roche encaissante du minerai. Dans les études qui suivent, nous allons essayer d'expliquer la genèse de chacune des catégories en commençant par Balaa comme exemple-type n° 1.

1.0 Exemple-Type : BALAA N° 1.

1.1. INTRODUCTION.

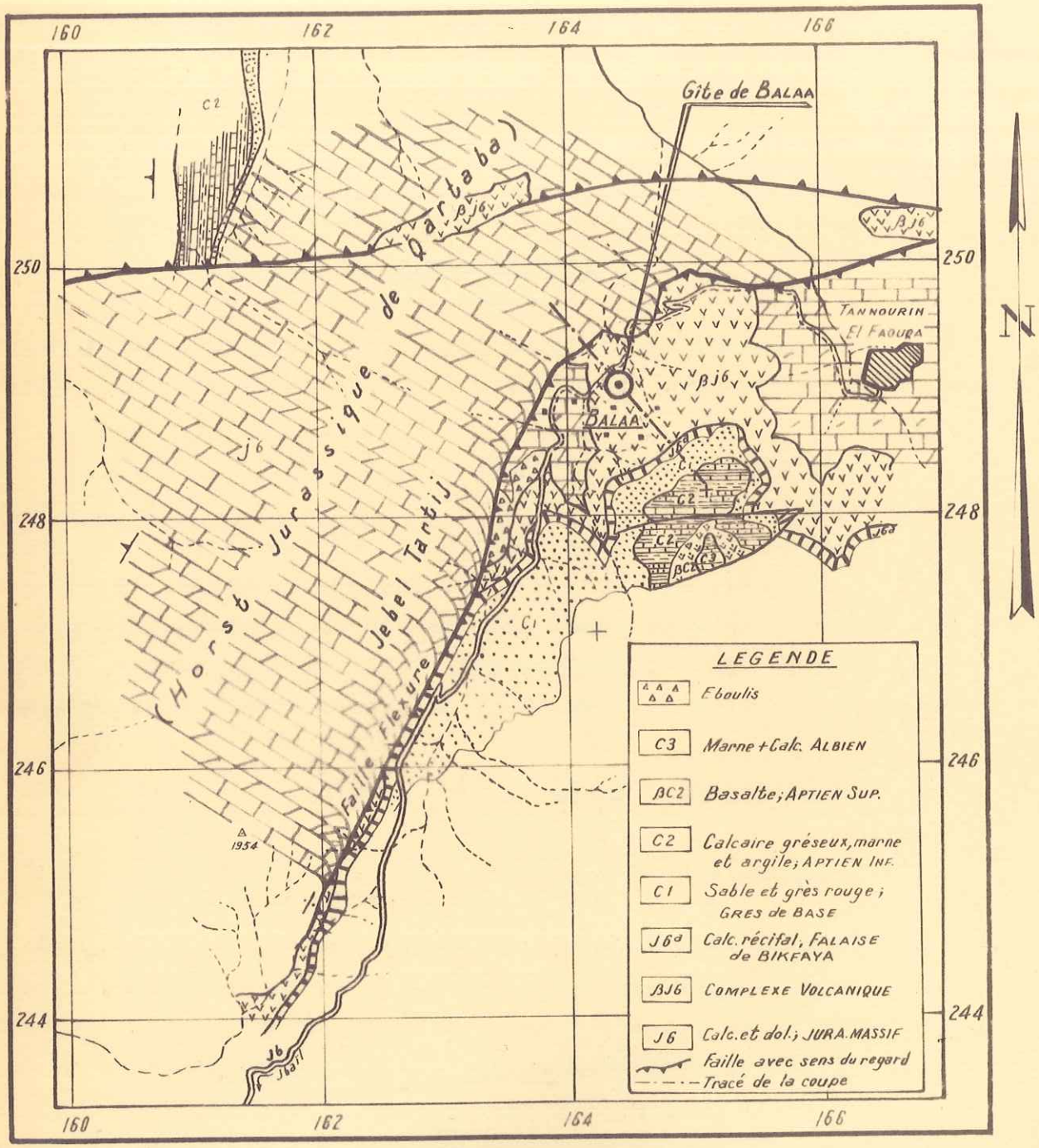
Ce gîte se trouve entre 1450 et 1500 m d'altitude, et à 500 m au NE du village de Balaa sur la route de Tannourin au Liban Nord. Il se place à l'Est du flanc oriental du horst jurassique de Qartaba, c'est-à-dire sur la lèvre inférieure de la grande faille-flexure longitudinale limitant la bordure SE du massif. La région est topographiquement accidentée par un réseau de val-

Pl. 5

Plan Geologique Du Gite De BALAA Et De Ses Environs

Liban Nord

Ech. 1:50.000



Extrait de la carte géologique 1:50.000 QARTABA

B.U. GRENOBLE

lées récentes, conséquence d'une forte érosion à travers la série basaltique altérée (pl. n° 5).

- Si l'on se repère sur le plan général de répartition des gîtes (pl. 3), le gîte de Balaa porte le numéro 1, il est situé sur la feuille 1/50 000 Qartaba avec les coordonnées suivantes : x = 164,28 ; y = 249,00.

- L'étude de ce gîte est principalement d'intérêt scientifique. Dans le chapitre préliminaire, nous avons vu que les minerais de fer, au Liban, se divisent en plusieurs catégories, et nous avons classé tous les gîtes étudiés dans leurs catégories correspondantes. Le minerai de Balaa représente l'exemple-type de gîtes magmatiques en tant que genèse et mise en place ; c'est pourquoi nous le présentons comme exemple-type et nous en donnons par la suite une étude détaillée.

1.2. GEOLOGIE.

Avant d'entreprendre l'analyse de la genèse et la mise en place de ce type de minerai, il nous paraît important, sinon indispensable, d'étudier la géologie et, plus particulièrement, la stratigraphie de la région, comme nous le ferons ultérieurement pour tous les types des autres catégories. Cette étude géologique, que nous estimons nécessaire, nous permettra, ou tout au moins nous aidera à comprendre la paragenèse de chaque type de gîtes.

A la fin du Jurassique, une crise orogénique assez importante a eu lieu. Le mouvement d'émersion a débuté au Nord du pays pour se terminer, mais de moindre importance, au Sud. Cette émersion est due à une poussée d'origine profonde plutôt qu'à une simple régression. Elle a été précédée par un mouvement d'exhaussement qui a créé un réseau de grandes failles ou fractures af-

Pl. 6

ERUPTIONS SOUS-MARINES DU JURASSIQUE SUPERIEUR au LIBAN Nord

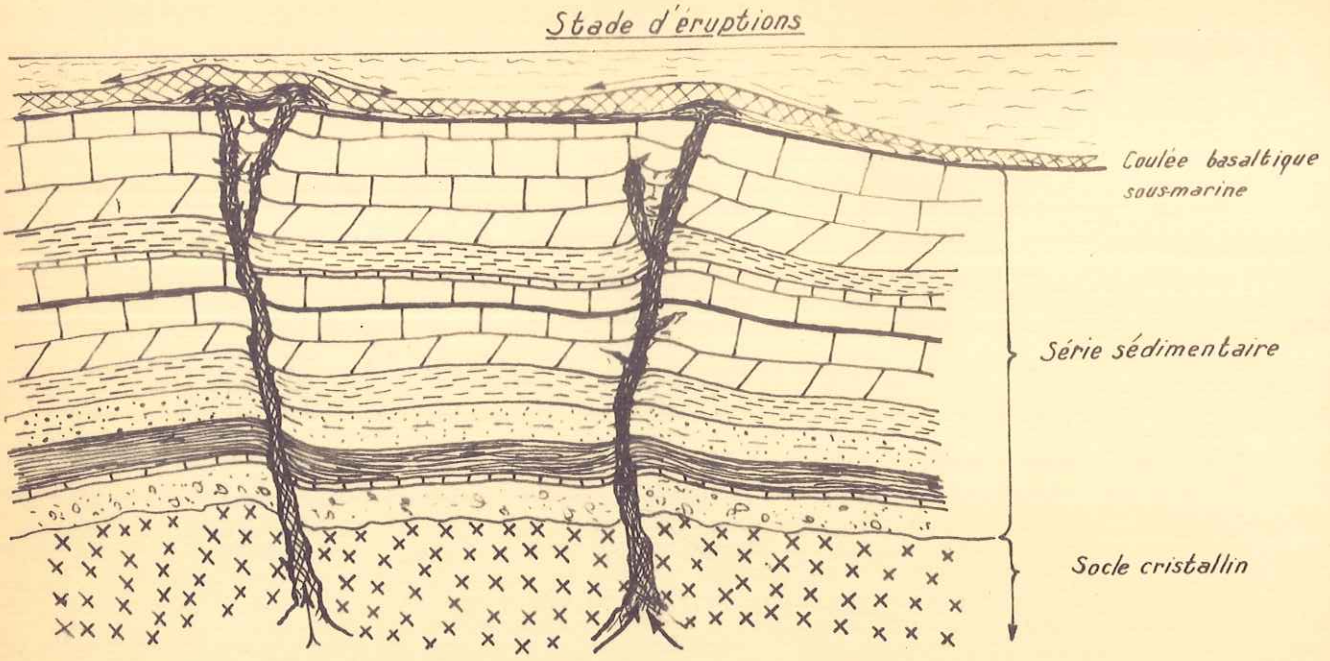


Fig. 1 - Coupe croquis expliquant le mécanisme de la phase volcanique

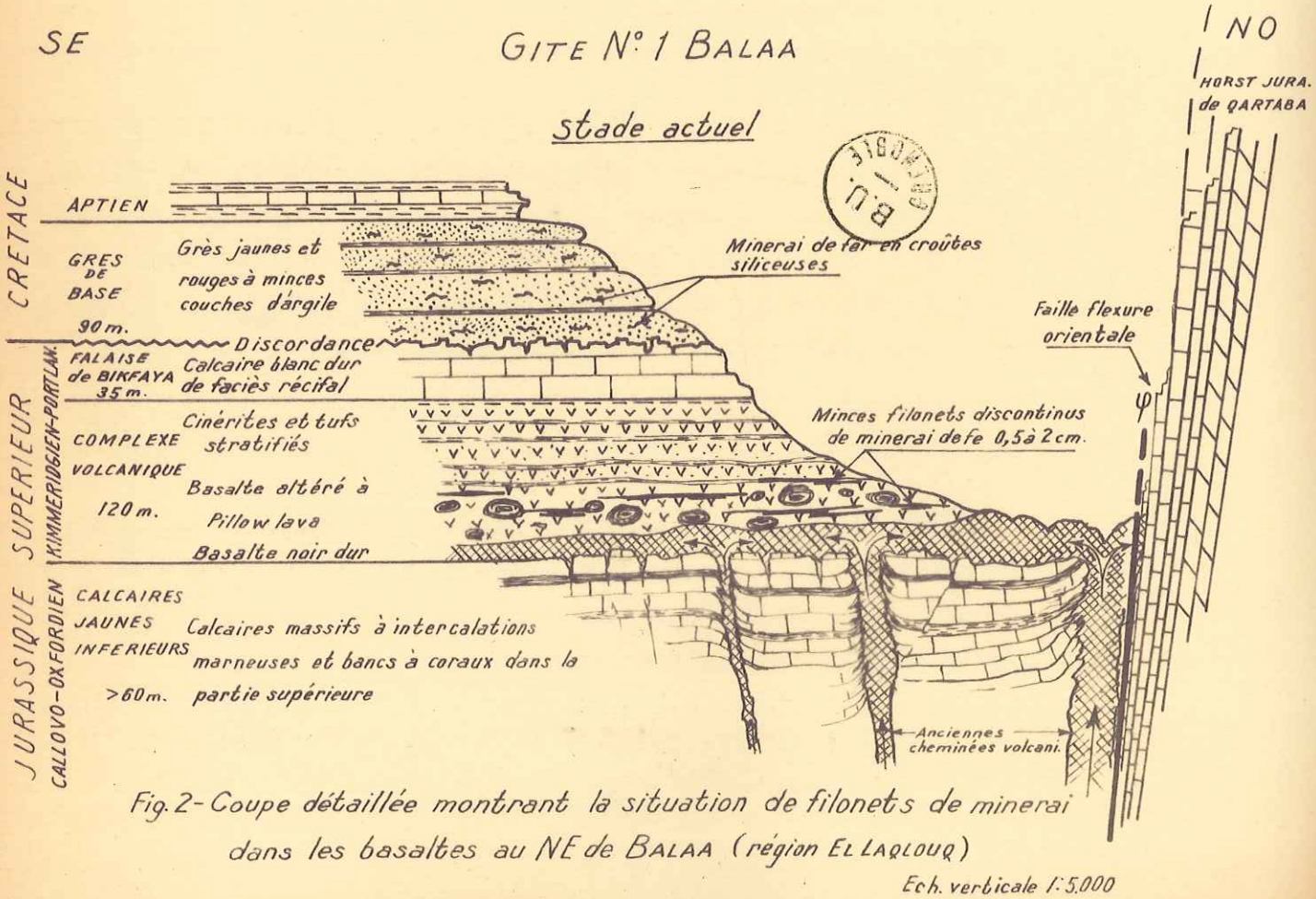


Fig. 2 - Coupe détaillée montrant la situation de filonets de minerai dans les basaltes au NE de BALAA (région EL LAQLOUQ)

Ech. verticale 1:5.000

fectant le socle et la série sédimentaire sus-jacente, surtout dans la partie septentrionale du Liban. Sur ces profondes fractures, des phénomènes de volcanisme intense se sont produits dans plusieurs localités, se servant des grandes cassures comme voies de communication vers le toit des sédiments (pl. N° 6, fig. 1). Le volcan d'Antoura, qui se trouve aussi sur une de ces grandes failles, à 25 km à l'Est de Beyrouth, représente le dernier témoin vers le Sud.

Ces éruptions sur les grandes failles ont donné naissance à des coulées basaltiques sous-marines (pl. N° 6, fig. 1), dont l'étendue couvre presque la totalité du pays. Leurs dépôts à faciès caractéristique est facilement reconnaissable dans la stratigraphie libanaise ; ils sont connus sous le nom de Complexe Volcanique et représentent le Kimméridgien et une partie du Portlandien dans le Jurassique supérieur. C'est dans ce Complexe que se localise notre minerai en question.

Afin de pouvoir placer le Complexe Volcanique dans l'échelle stratigraphique, nous donnons la section détaillée (pl. n° 6, fig. 2) levée au NE de Balaa et à l'E de la flexure orientale du Jurassique. Elle passe à travers la zone minéralisée, à l'endroit où les anciennes éruptions ont eu lieu.

Partant des termes inférieurs pour aller vers les termes supérieurs, on rencontre les formations suivantes :

Jurassique supérieur.

(1) Oxfordien supérieur : 60 m.

- alternances de marnes et de calcaire jaune à auréoles bleues, dans la partie supérieure, banc de calcaire à coraux ;

(2) Kimméridgien : "Complexe Volcanique" 120 m.

- a) basalte dur, noir, en orgues, à section hexagonale ;
- b) basalte rouge, altéré, à pillow-lava, contenant de

minces filonets d'hématite, ensemble à stratification vaguement horizontale ;

c - cinérite, cendre et tufs friables de couleur rouge et jaune verdâtre, en stratification horizontale.

(3) Portlandien : >40 m.

Falaise calcaire en bancs épais à silex en rognons ou en minces couches, banc à coraux dans la partie supérieure.

Orogenèse jurassique, ancienne surface d'érosion (discordance).

Crétacé

(4) Grès de Base : 90 m

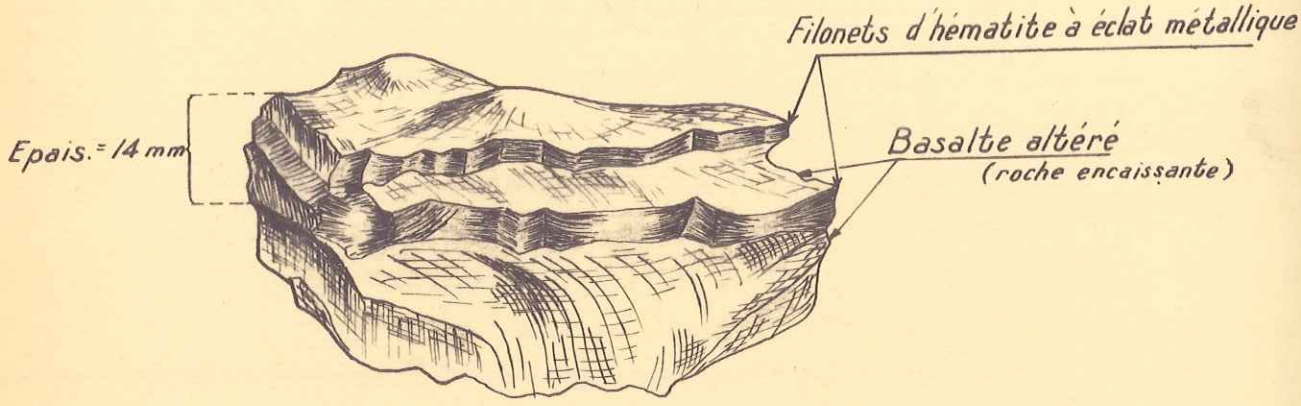
Grès jaune et rouge, à croûtes d'hématite ; ils sont entrecoupés de minces couches d'argile. L'absence de la faune marine et la structure entrecroisée de ces grès suggèrent un faciès continental ou sublittoral (pl. n° 6, fig. 2).

Il est possible, quoique moins probable, que les termes supérieurs du Jurassique : alternance de marnes et de calcaires jaunes oolithiques, se soient déposés dans cette région, mais malheureusement la forte érosion qui a précédé le dépôt des Grès de base ne laisse aucune indication en faveur de cette hypothèse.

Cette coupe montre par ailleurs que, malgré l'exhaussement contemporain aux activités volcaniques, celles-ci n'étaient pas accompagnées d'un mouvement d'émersion partielle ou totale. Or, les éruptions et les coulées étaient sous-marines, la formation du pillow-lava et la stratification horizontale des cinérites et tufs semblent étayer cette hypothèse. D'autre part, au toit des basaltes, la sédimentation continue régulièrement sans rupture ni discordance stratigraphique ; la falaise de Bikfaya à faciès récifal surmonte la série basaltique en concordance normale. C'est seulement vers le sommet de cette falaise que l'orogenèse jurassique se laisse observer par le dépôt des grès de base sur une ancienne surface d'érosion (pl. 6, fig. 2).

Pl. 7

Gite de Balaa - Liban Nord



Croqis d'un échantillon de minerai dans le basalte de Balaa

(Grand. nat.)

B.U. BEYROUTH

TECTONIQUE

La zone étudiée est située à l'Est de la faille-flexure orientale du horst jurassique de Qartaba, représentant ainsi la lèvre inférieure de cette flexure. Elle se place sur la bordure occidentale du petit fossé d'effondrement qui s'encastre entre le massif jurassique à l'Ouest et la série crétacée à l'Est.

Malgré que le cadre général soit d'une tectonique assez complexe, la région étudiée paraît être tranquille avec une superposition subhorizontale de différents étages stratigraphiques, particulièrement dans la région renfermant les plages basaltiques du Complexe Volcanique (pl. n° 5). Cependant, plus au SE, une petite faille de faible rejet (20 à 50 m) affecte le Crétacé inférieur en décrochant verticalement les différents étages de la série. Ceci nous montre que le gîte de Balaa, ainsi que la série basaltique renfermant le minerai, ne présentent pas de problèmes tectoniques (pl. n° 5).

1.3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DU MINERAI.

Ce type de minerai de fer, que nous rattachons à la série des gîtes magmatiques, s'est formé sur place dans les coulées basaltiques, c'est-à-dire sans avoir recours d'une phase migratrice à une phase résiduelle, comme c'est le cas d'autres gîtes que nous étudierons plus loin.

A l'heure actuelle, aucun gîte de ce type ne peut être considéré commercialement important, à cause de sa répartition diffuse dans la roche encaissante. Il se présente en minces filonets horizontaux de 0,5 cm à 2 cm d'épaisseur dans le basalte partiellement altéré du Complexe Volcanique (pl. n° 5, fig. 2 et pl. n° 7).

C'est un minerai compact, dont la dureté atteint environ 5,5, de couleur brun-grisâtre foncé à l'état naturel, il présente un reflet métallique peu luisant sur les faces de clivage ; après broyage, il donne une poudre d'hématite rouge qui ne présente aucune réaction en présence de l'aimant; elle est infusible au chalumeau; chauffée sous la flamme réductrice, cette poudre rouge se transforme en magnétite et agit fortement sur l'aiguille aimantée (essais faits au laboratoire sur l'échantillon de Balaa).

Comme l'étude en section polie n'a pas montré de caractères métallographiques différentiels entre oligiste et hématite, nous nous sommes basé sur l'étude radiocristallographique faite sur le même échantillon qui a révélé la présence de 3 traits caractéristiques d'hématite et 5 autres secondaires ; de même on remarque la présence de goethite avec l'hématite sur deux des trois traits caractéristiques (3,66 et 2,69).

L'interprétation du diagramme des rayons X jointe aux propriétés physiques et aux analyses chimiques nous permettent d'identifier ce minerai comme mélange d'hématite et d'oligiste.

La gangue proprment dite ne diffère pas de la couche renfermant le minerai, elle est constituée par une matière rouge friable, d'origine volcanique, à haute teneur en fer. Nous donnons plus bas une analyse chimique de cette roche.

D'après leur teneur en fer, ces filonets peuvent être classés parmi les minerais riches ; les résultats d'analyses chimiques faites sur le minerai et la roche encaissante ont donné les pourcentages suivants :

	Filon de minerai %	Roche encaissante (matière basaltique altérée). %	
Fe2O3	82,5	52,3	
Al2O3	3,5	6,0	
SiO2	9,5	32,2	
Fe	57,7	36,61	
Ti	traces	traces	essais qualitatifs.
Cu	absent	absent	
Zn	absent	absent	
Mn	absent	absent	

1.4. GENESE.

La genèse et la mise en place de ce minerai se traduisent par son origine ainsi que par celle de la roche encaissante, l'origine de cette dernière qui est volcanique ne diffère pas de celle du minerai proprement dit. Or, dans ce cas, le basalte qui, au moment des éruptions a offert le moyen de transport aux solutions minéralisatrices, forme actuellement la roche encaissante du minerai. D'après son origine, il peut être rattaché aux minerais de la zone profonde parmi lesquels l'hématite rouge souvent titanifère se classe au premier rang.

L'hématite brune qui est un minerai d'oxydation superficielle présente les mêmes caractéristiques chimiques que l'hématite rouge, bien que cette dernière soit moins facilement attaquable par les acides.

Donc, à part la présence du titane, caractère différentiel de l'hématite rouge, la différence entre les deux hématites est purement physique. En ce qui concerne le minerai de Balaa, nous l'avons identifié comme hématite rouge dans le paragraphe précé-

dent réservé à l'étude des propriétés physiques et chimiques du minerai.

Nous allons essayer d'expliquer sa genèse en nous basant sur la théorie suivante : E. RAGUIN[28], page 428, en parlant des paragénèses des minéraux de fer, dit : "A chaud et en profondeur, le fer entre dans toutes les familles de solutions sodiques et silicatées constituant les minéraux des magmas. S'il est en excès, il s'unit à l'oxygène pour donner magnétite, ilménite, oligiste. A travers les fissures, il se déplace dans les fumerolles volcaniques qui le déposent à l'état d'oligiste", ou hématite rouge. Cette théorie correspond à la formation de ce minerai pour les raisons suivantes :

1° - En examinant les résultats d'analyses chimiques du minerai et de la roche encaissante (basalte), nous voyons que le milieu dans lequel notre minerai s'est formé était surchargé de solution ferrique et, le basalte même contient jusqu'à 36 % de Fe, preuve que le fer se trouvait en excès dans les solutions constituant les minéraux du magma.

2° - Le minerai se trouve dans les basaltes au voisinage de l'ancien volcan, c'est-à-dire dans la zone où les fumerolles volcaniques pouvaient déposer le fer à l'état d'hématite rouge. Exemple-type confirmant la théorie de E. RAGUIN que nous venons de citer plus haut.

3° - Son origine qui le classe parmi les minerais de la zone profonde.

C'est ainsi que nous pensons pouvoir expliquer la genèse et la mise en place du minerai de fer dans le basalte de Balaa ; en appliquant la théorie de RAGUIN sur nos études de gisement et sur les analyses et essais faits au laboratoire sur différents échantillons.

Notons que, dans tous les résultats d'analyses, on remarque que le soufre est présent en traces ou totalement absent.

1.5. CONCLUSION

Dans cette étude, le fait intéressant à relever est l'origine profonde du minerai, sa formation primaire dans un milieu riche en solutions ferriques, et sa mise en place dans le basalte qui contient un grand pourcentage de fer. D'autre part, cette étude montre que les éruptions volcaniques peuvent être à l'origine des gîtes parfois intéressants et exploitables.

Pour le gîte de Balaa, si l'épaisseur des filonets contenant 57 % de Fe était assez grande, l'exploitation serait incontestablement intéressante, mais, malheureusement, elle est trop petite et surtout variable. Ceci d'un côté ; d'un autre côté, la répartition du minerai dans le basalte est très irrégulière pour une exploitation à grande échelle. Sans entrer en détail dans l'étude des teneurs qui sont en fonction des installations sidérurgiques consommateurs des minerais, il est toujours souhaitable que la teneur en silice ne dépasse pas les 4 % avec 48 à 66 % de fer. Pour notre minerai, on pourrait peut-être penser à l'exploiter avec la roche encaissante (le basalte) ; cette dernière contient jusqu'à 36 % de Fe, pourcentage qui n'est pas très élevé mais non négligeable, seulement l'inconvénient est qu'elle est très siliceuse ; elle contient jusqu'à 32 % de SiO_2, pourcentage actuellement inacceptable pour le traitement des minerais de fer.

En effet, si nous tenons compte de cette idée, le mélange minerai + basalte baissera la teneur en Fe et haussera sensiblement le pourcentage en SiO_2 et les moyennes des teneurs seront les suivantes :

	%		%
Fe	46,5	au lieu de	57,7
SiO2	20,3	au lieu de	9,5

Ceci est encore acceptable quand le minerai riche représente les 50 % du mélange, ce qui n'est pas le cas pour Balaa. Les filonets riches se trouvent pauvrement répartis dans la grande masse basaltique.

Or, à l'heure actuelle, ce gîte est inexploitable, mais si on essayait d'estimer les quantités en réserve probables dans le Complexe Volcanique, on aurait, entre Balaa et Tannourin el Faouqua de 2,5 à 3 millions de tonnes de fer métal.

Ces quantités seront peut-être plus tard commercialement exploitables par les moyens que le développement de l'industrie sidérurgique trouvera convenables à leur traitement.

1.5.1. Avant de terminer notre conclusion, il serait convenable d'attirer l'attention sur les faits suivants :

En tant que genèse, l'origine de ce minerai peut être considérée comme la même que celle des autres localisés dans le basalte. D'autre part, on peut penser que ce basalte ferrifère peut offrir occasionnellement des solutions minéralisatrices aux gîtes secondaires localisés dans les calcaires du Jurassique supérieur. Nous essayerons d'expliquer cette hypothèse dans la partie suivante, réservée à l'étude des gîtes métasomatiques.

2.0. AUTRES GISEMENTS DANS LE COMPLEXE VOLCANIQUE.

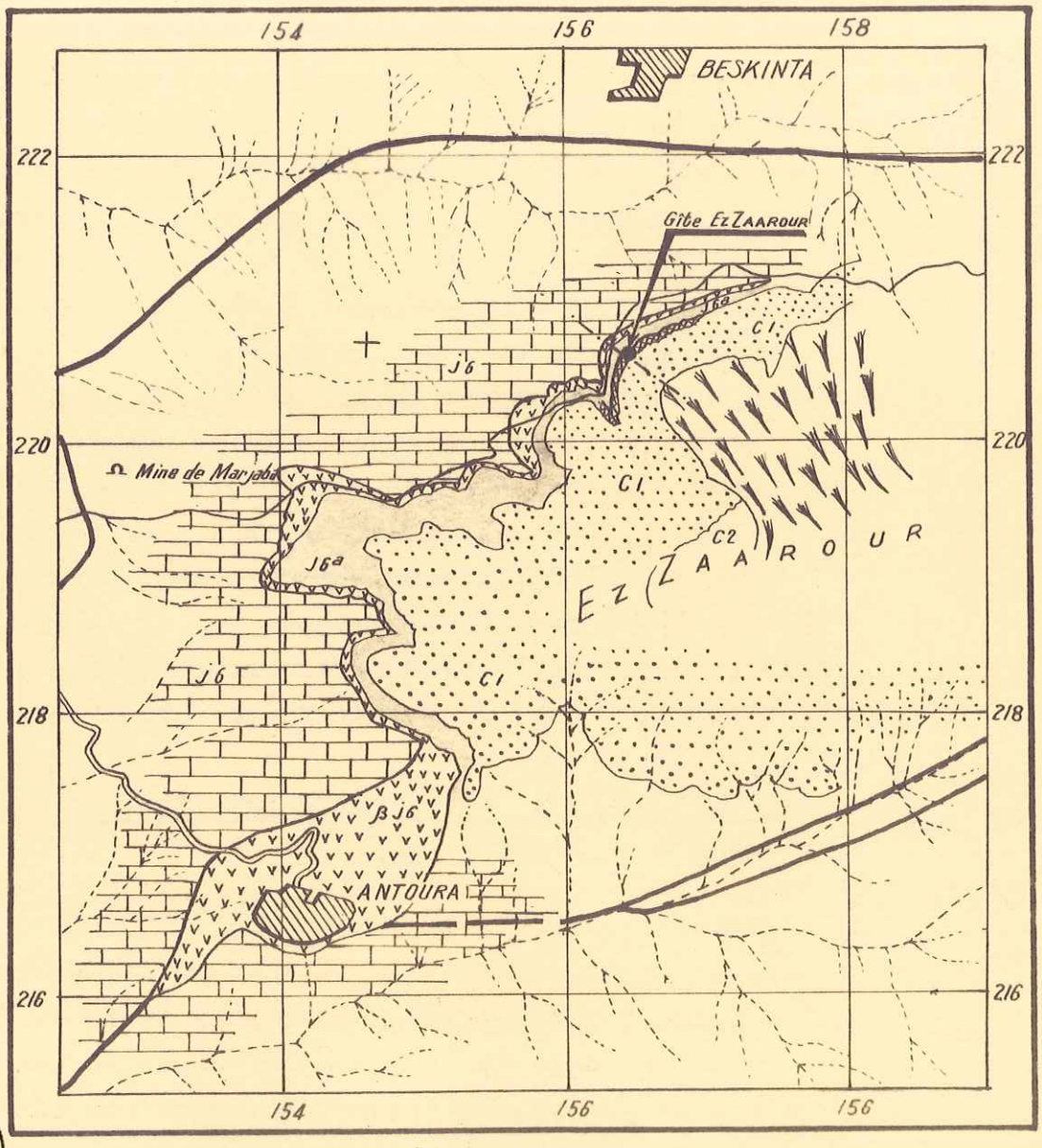
2.1. TANNOURIN EL FAOUQUA EST.

Celui-ci représente la suite du gîte de Balaa vers le NE. Il présente les mêmes caractéristiques que le précédent. Au point de vue origine, genèse et mise en place, nous n'avons rien à ajouter à celles déjà citées pour Balaa. Cependant le pourcentage en fer dans le minerai proprement dit peut baisser, ce qui paraît normal puisqu'on s'éloigne du centre d'éruption.

Plan Geologique Du Gite EZ ZAAROUR Et De Ses Environs

Liban central

Ech. 1:50.000



B.U. BEYROUTH

LEGENDE

- Glissements de terrains
- Basalte à minerai de fer
- βJ6 COMPLEXE VOLCANIQUE
- C2 Marne+Calc. APTIEN
- J6a Calc. récifal FALAISE de BIKFAYA (PORTLANDIEN)
- C1 GRES de BASE
- J6 Calc. massif-LUSITANIEN

2.2. AALMATE n° 2.

Bien qu'il se trouve dans le Complexe Volcanique, l'aspect de ce gîte est légèrement différent de celui des deux précédents. La roche encaissante est une matière basaltique très semblable à celle de Balaa et de Tannourin, par contre le minerai se présente sous forme de blocs ou amas dans le basalte altéré. Cette formation suggère une concentration des solutions ferriques au sein de la roche encaissante, elle montre en outre que le minerai qui est une hématiqte brune s'est formé postérieurement à l'arrivée de la coulée basaltique. C'ette formation est très fréquente dans les basaltes qui se déposent loin de leurs centres d'éruption.

Dans cette région, on trouve des concentrations en forme de croûtes à ciment ocreux ; celles-ci proviennent d'une dissolution secondaire rappelant un phénomène de latérisation tardive.

3.0. AILLEURS DANS LES BASALTES, A LA BASE DES GRES DE BASE. EZ ZAAROUR N° 3.

3.1. INTRODUCTION

A cause de sa haute teneur en fer, le gîte d'Ez Zaarour mérite une étude spéciale.

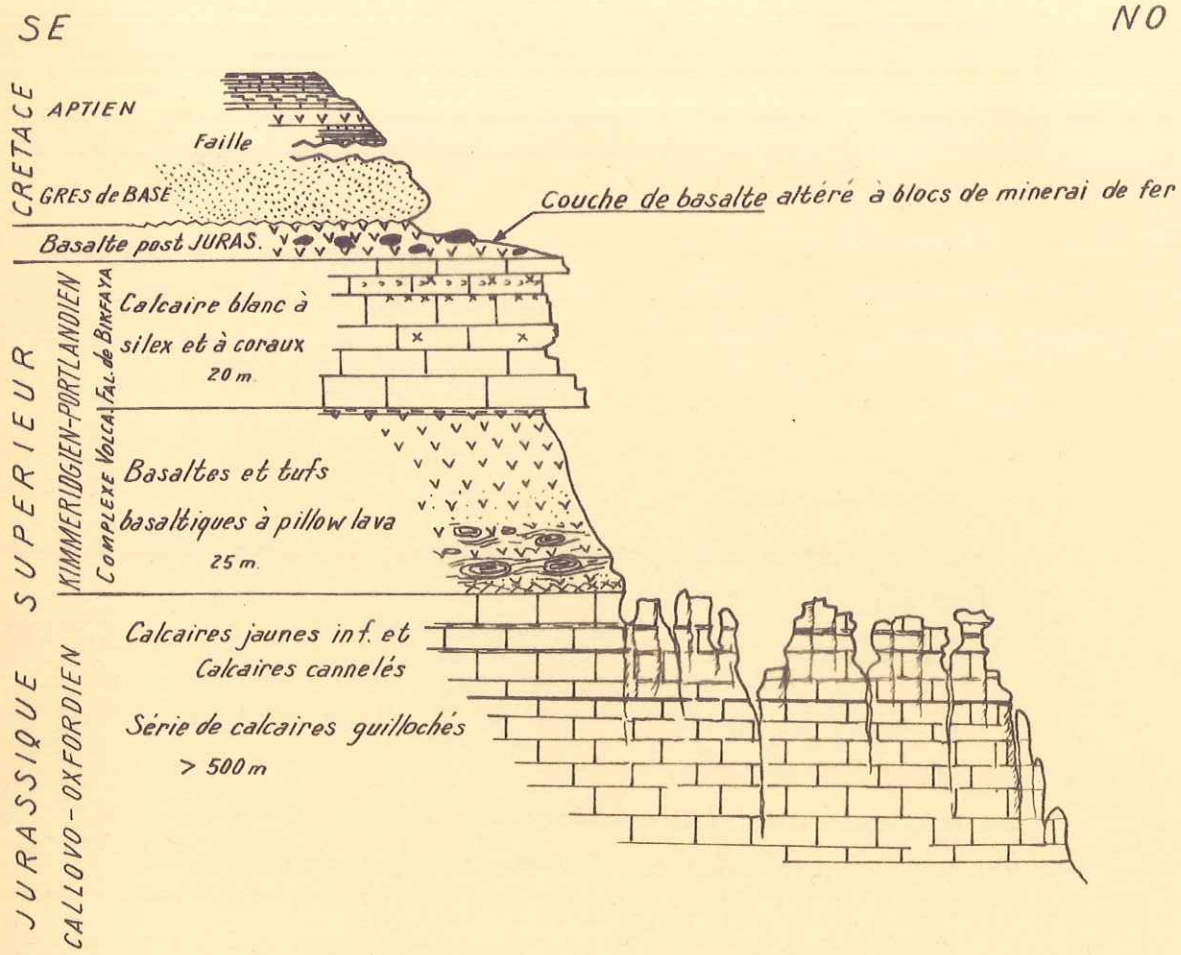
La couche minéralisée affleure sur la bordure WNW du Djebel Ez Zaarour, versant est de Ouadi ech Chakroub, au Sud de Beskinta. Elle est située sur la partie ouest de la feuille 1/50 000 de Zahlé. Son altitude varie entre 1570 et 1580 m. Les coordonnées indiquant le centre du gîte sont les suivantes :

x = 156,40 ; y = 220,70 ; (pl. n° 8) Plan géologique.

3.2. GEOLOGIE : Stratigraphie.

Le minerai se trouve dans une couche de basalte altéré entre les calcaires du Jurassique supérieur (Falaise de Bikfaya) et la base du Crétacé. Pour illustrer cette étude, nous donnons une section stratigraphique à travers la région du gîte. Partant des

GITE N°3 EZ ZAAROUR



Coupe à travèrs le gîte de EZ ZAAROUR

Ech. 1:10.000

BU GRENOBLE

termes inférieurs pour aller vers les supérieurs, nous aurons les successions suivantes :

>500 m

(1) Série des calcaires canelés du Jurassique massif ; Oxfordien sup.

± 25 m environ

(2) Basaltes et tufs basaltiques : Complexe Volcanique du Jurassique supérieur ; sans minerai de fer. Kimméridgien

20 m

(3) Série de calcaire blanc en bancs épais à silex en rognons et en minces lits ; Falaise de Bikfaya ; Portlandien.

4 à 6 m :

(4) Basalte décomposé à blocs de minerai de fer.

7 à 8 m

(5) Grès rouge à stratification entrecroisée ; faciès continental ; base du Crétacé.

---------- Faille ----------

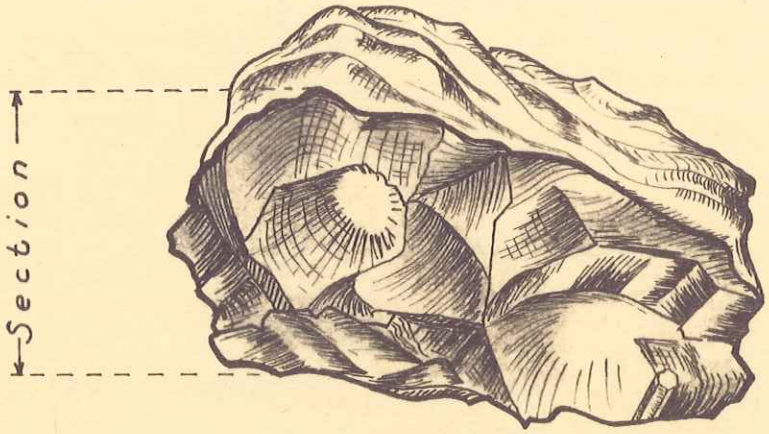
Suit l'Aptien avec une couche de basalte dans minerai de fer (pl. 9).

Tectonique

Du point de vue tectonique, à part la grande faille transversale Marjaba-Beskinta et la faille d'Antoura sur laquelle se place l'ancien volcan, la région paraît être tranquille. Elle se présentesous la forme tabulaire avec une légère inclinaison vers l'Ouest. Les sous-étages se superposent normalement à l'exception de la limite Grès de Base - Aptien où une faille de faible rejet tranche entre les deux étages (pl. 9).

Pl. 10

Gite Ez Zaarour



Croquis d'un petit bloc de minerai de fer

Grand. nat.

BU GRENOBLE

3.3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES - ANALYSES.

Le minerai se trouve dans la couche de basalte altéré en forme de blocs, dont certains ont plus de 50 cm de diamètre.

C'est une hématite compacte, dure, de couleur brun foncé. Les blocs les plus riches en Fe sont de couleur presque noire à la coupure fraîche, ceci peut se traduire par la présence d'oxyde de manganèse en faible quantité. Ils se cassent difficilement sans présenter un système de clivage défini ; parfois on trouve, parmi les grands blocs, de petites concentrations de forme rognonneuse (planche n° 10). Ces propriétés rappellent, sans toutefois les confirmer, celles de l'hématite brune classée parmi les minerais d'oxydation superficielle. En tenant compte des résultats d'analyses chimiques faites sur plusieurs échantillons, celui de Ez Zaaeour se classe parmi les minerais de fer riches et de première qualité : nous donnons par la suite les résultats d'analyses chimiques des 4 différents échantillons :

N° d'Ech.on	PF %	Insoluble + SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	Fe %
5	6,24	2,76	-	91,00	63,7
4	3,88	4,92	1,00	90,2	63,14
1	4,00	10,28	0,5	81,2	56,84
3	6,6	11,2	0,004	78,00	54,6

Ces résultats donnent une idée de la richesse du minerai. L'échantillon n° 3, pris comme base minimum avec son pourcentage de 54,6 % de Fe, peut se classer parmi les minerais de première catégorie. D'autre part, on constate que les pourcentages en Fe et insoluble sont inversement proportionnels, c'est la SiO2 qui hausse de teneur puisque l'Al2O3 ne dépasse guère 1 %. Ceci peut s'expliquer par un manque originel d'alumine dans un milieu siliceux où le minerai a pu se former.

En section polie, la prédominance de la limonite est assez marquée ; on constate aussi quelques concentrations de goethite qui, elles-mêmes, sont en voie de limonitisation. Le quartz est presque rare ou absent.

3.4. Genèse

Le minerai d'Ez Zaarour représente le typse d'hématite brune ou limonite, produit d'oxydation superficielle. Néanmoins, dans l'échantillon n° 4, on constate la présence d'une texture fibreuse à l'intérieur et une surface noire brillante, à éclat métallique rappelant l'oligiste. Bien que ce dernier se présente en petite quantité, le minerai serait une combinaison d'hématite brune ot d'oligiste.

Son origine est incontestablement attribuée au basalte qui le renferme ; il ressemble de près au gîte de Aalmate (n° 2) traité plus haut, et représente le type de minerais qui se sont formés au sein du magma, loin du centre d'éruption. La formation de ce minerai peut être expliquée par deux épisodes successifs qui se sont déroulés dans l'ordre suivant :

1° - circulation et concentration de solutions sulfureuses en forme d'amas (blocs) de sulfure de fer dans le basalte ;

2° - oxydation d'amas au sein de basalte par phénomène externe, d'où épigénisation de la pyrite en hématite brune ou limonite, qui est un produit d'oxydation superficielle.

Ceci se rapporte à la deuxième phase d'éruption locale du volcan d'Antoura, dont le centre se trouve à 4 km au SW du gîte. Ce volcan, qui est d'une grande importance, est à l'origine des solutions minéralisatrices en même temps que des basaltes renfermant le minerai.

3.5. CONCLUSION

L'étude d'Ez Zaarour montre que le Complexe Volcanique ne contient plus le gîte principal, comme c'était le cas dans la région de Balaa au Liban Nord. Elle montre en outre que le volcan d'Antoura avait, mais à intervalle de temps, deux activités volcaniques, dont la première donnant naissance au Complexe Volcanique est la plus importante.

La deuxième, locale et d'extension limitée, a fourni la couche de basalte contenant le minerai d'Ez Zaarour à la base des Grès de Base.

La répartition irrégulière de minerai en blocs ou en amas dans la couche des basaltes altérés rend les quantités en réserve difficilement estimables. Pour se former une idée approximative de ces quantités, on aurait recours à des travaux de recherche que nous estimons très onéreux. Cependant, on pourrait essayer l'exploitation du minerai et la continuer tant qu'on la trouvera rentable, ce qui aidera par la suite à l'estimation des quantités en réserve, au fur et à mesure que les travaux d'exploitation et de recherche se poursuivent.

L'étude de Balaa et d'Ez Zaarour nous suggère "qu'ils sont les conséquences d'un phénomène subvolcanique, magmatico-plutonique correspondant" [H. SCHNEIDERHOHN (32)].

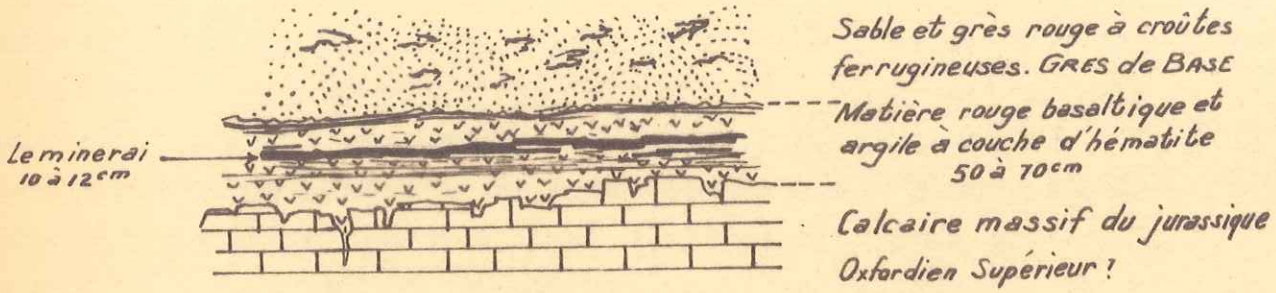
4.0. EN MINCES COUCHES COMPACTES DANS LES BASALTES, A LA BASE DES GRES DE BASE.

4.1. Exemple-type : BOQATÂ ENE N° 4.

Bien qu'ils se trouvent dans une matière basaltique entre le Jurassique et les grès de base (même situation stratigraphique que celle de Ez Zaarour n° 3), les gîtes de Boqâta n° 4, Ed Douar

Pl. 11

GITE N°4 BOQÂTA ENE



Coupe schématique montrant la position stratigraphique du gîte

BIBLIOTECA B.U.

n° 5 et Aïta el Foukhar n° 6 présentent des dissemblances par rapport à Ez Zaarour au point de vue allure et mise en place du minerai.

4.2. GEOLOGIE.

Cependant, du côté géologique, tous les gîtes se placent dans un même horizon stratigraphique. La coupe schématique du gîte de Boqâta (pl. N° 11) donne une idée de son allure et de sa position stratigraphique. Dans cette coupe, on rencontre de bas en haut les couches suivantes :

1 - couche d'argile basaltique rouge de 50 à 70 cm à filonet de minerai de fer de 8 à 10 cm d'épaisseur ;

2 - grès rouges continentaux à croûtes ferrugineuses (Grès de Base).

4.3. PROPRIETES PHYSIQUES. ANALYSES.

C'est un minerai de fer compact très dur, de couleur brun foncé, à éclat semi-métallique ou mat. Il se dégage en morceaux anguleux d'aspect cubique, à arêtes tranchantes; finement écrasé il donne une poudre rouge rappelant la poudre d'hématite.

En section polie on constate la présence de rares grains de quartz enrobés de goethite en voie de limonitisation. Sur cette section qui présente un bon poli, on remarque une faible anisotropie dans les tons gris bleuté et jaunâtre.

L'étude radiocristallographique du même échantillon a révélé la présence de l'hématite et de la goethite.

L'étude du même échantillon de Boqâta aux Rayons X a révélé la présence des minéraux suivants, cités par ordre d'importance :

- 3 traits caractéristiques d'hématite et 5 autres secondaires ;
- 2 traits caractéristiques de goethite et 2 autres secondaires ;
- 2 traits caractérisant la malachite et 3 autres secondaires.

Sur le diagramme, on remarquera l'absence totale du pic caractéristique du quartz et la prédominance de l'hématite. L'origine de la malachite peut être attribuée aux basaltes encaissants qui contiennent du cuivre en très faible pourcentage ou en traces.

ANALYSES CHIMIQUES DE TROIS GITES

Localités	Humidité %	H2O crist. %	P.F. %	ins. %	Fe2O3 %	Fe	Epaisseur cm.
BOQATA	0,5	0,5	4,1	5	88,1	61,6	10
ED DOUAR	-	-	7,48	21,12	71,4	49,98	20-25
AITA el FOUKHAR SE	-	-	9,7	2,0	84,0	58,8	10

Les résultats d'étude aux Rayons X, ainsi que l'étude métallographique et les analyses chimiques ont montré que le minerai est constitué essentiellement par de l'hématite avec un faible pourcentage de goethite.

4.4. GENESE ET MISE EN PLACE.

Dans les gîtes n° 4,5 et 6, au lieu d'avoir des concentrations d'hématite en blocs disséminés dans la couche basaltique (cas de Ez Zarour), nous avons une couche de minerai compact plus ou moins continue de 6 à 12 m d'épaisseur, au-dessus d'un banc d'argile gris ou rouge parfaitement imperméable, à la base des grès de base.

La situation stratigraphique semblable de ces trois gisements nous laisse penser que les solutions minéralisatrices chargées de fer (surtout sous forme de sulfures) ont été arrêtées lors de leur circulation per descensum par la couche d'argile qui a ainsi joué le rôle d'écran, et se sont alors déposées pour donner naissance, après oxydation, au gîte actuel d'hématite.

La parfaite imperméabilité du mur exclut l'idée d'un phénomène d'ascendance de solutions minéralisatrices ; nous pensons que l'origine de celles-ci doit être recherchée dans les basaltes encaissants par circulation latérale, plutôt qu'en dessous où les couches ne présentent aucune source de minéralisation.

4.5 CONCLUSION.

La situation stratigraphique de ces gîtes, semblable à celle de Ez Zaarour, suggère que leurs origines sont communes, cependant en raison de sa proximité du volcan, le gîte de Ez Zaarour semble être plus riche en qualité et en quantité que Boqâta et les autres gîtes de son type.

Du point de vue réserves, ces gîtes ne présentent aucun intérêt commercial à cause de leur faible étendue ainsi que de leur épaisseur très réduite. Nous les avons étudiés par intérêt scientifique, pour montrer la présence de différents types de minerai de fer d'origine magmatique.

4.5.1. CONCLUSION GENERALE

Comme nous l'avons vu en étudiant les différents types, tous les gîtes magmatiques ou basaltiques contiennent un minerai riche en fer à faible teneur de silice, mais malheureusement leurs réserves sont très limitées pour être classées parmi les grands gisements exploitables.

Cependant, au cas où une méthode pratique d'enrichissement de minerais siliceux serait applicable, le gîte de Balaa mérite une pensée pour l'exploitation du minerai proprement dit avec le basalte siliceux qui est de teneur assez élevée en fer : 30 à 36 % (voir étude sur Balaa).

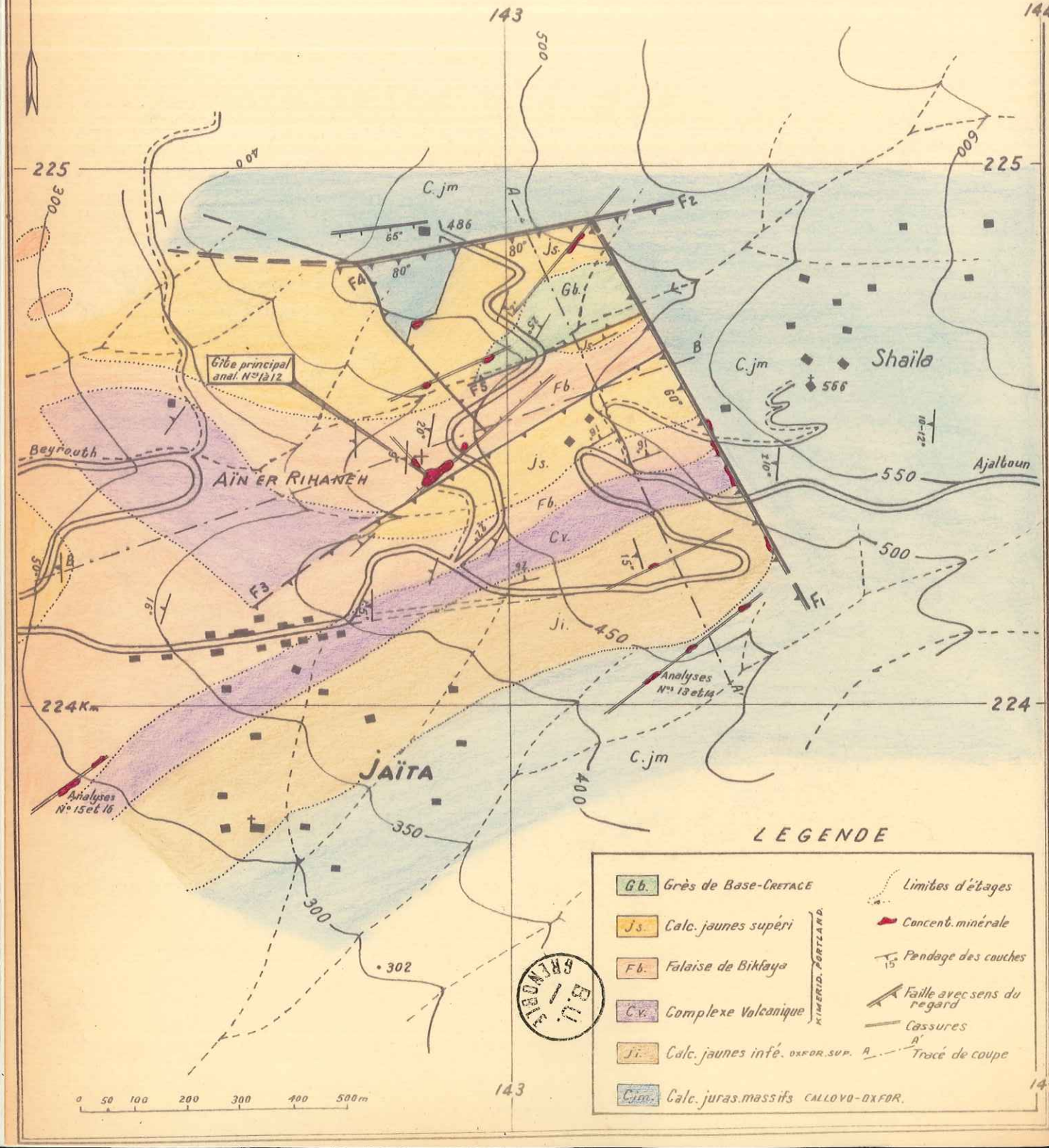
CHAPITRE II.

GITES SECONDAIRES

Pl. 12

CARTE GEOLOGIQUE DU GITE DE JAÏTA ET DE SES ENVIRONS

Echelle 1:10.000



1.0. GITES METASOMATIQUES EN RELATION AVEC LES ACCIDENTS TECTONIQUES.

Généralités.

Cette catégorie englobe tous les gîtes dont l'origine est due à la mobilisation de solutions minéralisatrices en provenance de gîtes primaires.

La formation de ces gîtes est en relation avec plusieurs phénomènes qui ont agi différemment suivant leurs mécanismes et modes de minéralisation. En ce qui concerne nos gîtes, nous avons les principaux types suivants :

métasomatiques
filoniens
diffus
migratoires
résiduels
gîtes de substitution.

Pour illustrer cette classification, nous donnons un exemple-type pour chaque mode de minéralisation en commençant par JAITA comme exemple de gîtes métasomatiques.

Exemple-Type Jaïta n° 9.

1.1. INTRODUCTION

Le centre du gîte où les travaux de recherche ont eu lieu se trouve sur la bordure nord du village de Jaïta. Il se place entre 400 et 500 m d'altitude environ, sur le versant occidental du Liban. La région est entaillée par des vallées transversales et parallèles grossièrement orientées E-W. Sur la feuille 1/50 000 de Beyrouth, le centre du gîte se fixe par les coordonnées suivantes : x = 142,84 ; y = 224,43 (pl. n° 12).

Ce type de gîte est très répandu dans la partie centrale du Mont Liban ; pour notre étude, nous avons choisi celui de Jaïta, car il caractérise cette catégorie par sa stratigraphie et sa tectonique d'une part, d'autre part lors de sa découverte aucun travail de recherche préalable n'avait été fait. Ceci nous a permis d'étudier le gîte dans son état intact et de diriger les travaux de prospection pour l'étude de sa genèse.

Cependant, à la fin de l'étude de Jaïta, nous donnerons un aperçu des autres gîtes semblables, plus particulièrement du gisement de MARJABA n° 7, qui fut exploité depuis les temps préhistoriques.

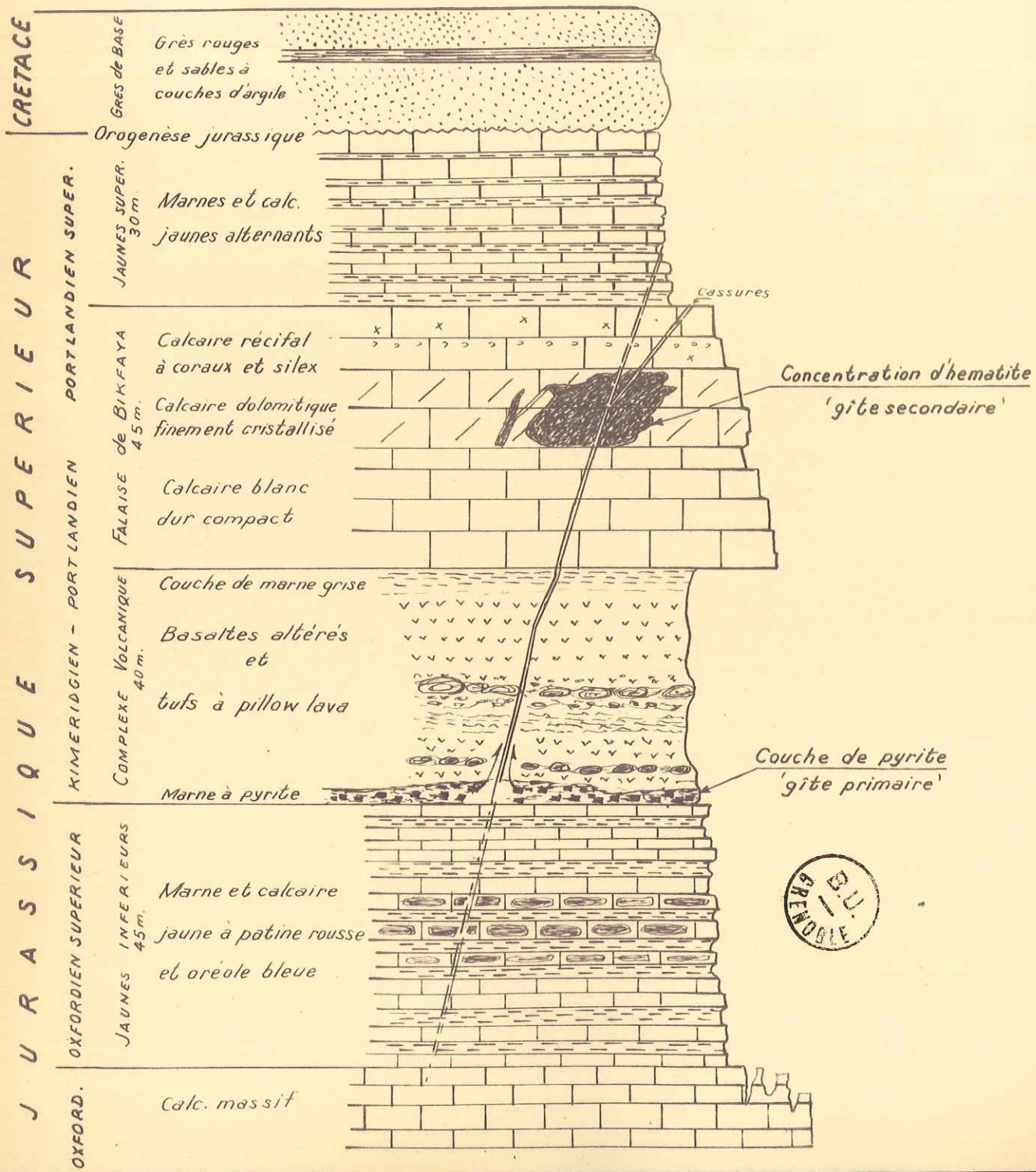
1.2.1 GEOLOGIE : Stratigraphie.

Le gîte ferrifère de Jaïta se localise dans une assise de calcaire dolomitique, dans la partie moyenne de la Falaise de Bikfaya, terme supérieur du Jurassique correspondant au Portlandien supérieur. L'ensemble de la Falaise dont la puissance varie entre 45 et 50 m, est constitué par de gros bancs de calcaire dolomitique et de calcaire à coraux et à rognons de silex, notamment dans sa partie supérieure. Elle est de faciès récifal, faisant ressorts dans la topographie et rappelant la barre tithonique des chaînes subalpines . Elle surmonte le complexe volcanique et représente l'avant-dernier terme du Jurassique supérieur, lequel serait suivi d'un mouvement d'émersion de tout l'ensemble du pays. Pour placer la Falaise dans l'échelle stratigraphique, nous donnons la coupe suivante;en allant des termes inférieurs vers les termes supérieurs, on rencontre :

Pl. 13

Coupe De La Serie Stratigraphique De Jaïta

Ech. 1:1000



B.U. GRENOBLE

Jurassique supérieur

(1) Bathonien Callovo-Oxfordien : 700 m de calcaire blanc massif.

Jurassique supérieur

(2) Oxfordien supérieur

a) Calcaires massifs (cannelés) à faune oxfordienne.. 45-50 m

b) Alternances de marnes et de calcaires jaunes parfois oolithiques, à auréoles bleues. Faune oxfordienne :

Hemipedina cf. tuberculata Wright ;
Rhynchonella azairi Stef. (non Cot.) ;
Cardium septiferum Buv.

Cette série "b" est connue sous le nom de "calcaires jaunes inférieurs".

(3) Kimméridgien-Portlandien

Complexe Volcanique : max. 40 m.

Couche d'argile vert-grisâtre très pyriteuse : 2 à 2,5 m.
source de minéralisation.

Basalte altéré à pillow-lava..... 20 m

Tufs et argile rouge chocolat..... 12 à 15 m

A la base, faune kimméridgienne :

Protocardia pesolina Cont. ;
Ceromya excentrica ;

Plus haut, faune portlandienne supérieure :

Ostrea cf. expansa Sow. ;
Lima astartina Thurm.

Au sommet, faune portlandienne supérieure :

Pseudocidaris thurmanni
Clitopygus peroni Etal.

(4) Portlandien supérieur.

a) Falaise calcaire et dolomitique à silex..... 45-50 m ;
connue sous le nom de Falaise de Bikfaya. Domaine de minéralisations principales.

Phyllobrissus thevenini Etal. (pl. n° 13).

b) Alternances de calcaire oolithique ocre et de marnes ;
maximum 30 m.
correspondant aux calcaires jaunes supérieurs connus sous le nom de "Calcaires de Salima". Faune portland. sup.

Clitopygus haimei (Wright) de Lor.

O. matronensis.

(5) Suivent au-dessus : les Grès de Base.

"La faune caractéristique est interprétée d'après notre travail de diplôme, G. SABBAGH [33] p. 23-24".

De cette coupe stratigraphique, nous retenons deux faits très importants : 1° - la présence d'une couche d'argile très pyriteuse à la base du Complexe Volcanique ;

2° - L'imprégnation et la localisation du minerai dans la partie dolomitique de la Falaise de Bikfaya.

Nous nous bornons à les signaler, quitte à y revenir plus tard, dans l'étude de la genèse.

1.2.2 TECTONIQUE

La zone étudiée se trouve dans une région tabulaire légèrement inclinée vers l'Ouest et placée directement à l'Est de la flexure occidentale du Liban ; elle est limitée par les deux parallèles 224 et 225 (pl. n° 12). Dans cette région, la végétation dense et la culture en terrasses rendent les observations difficiles par endroits, surtout quand on procède à une tectonique de détail.

Pl. 14

GITE DE JAÏTA N°9

DEUX COUPES A TRAVERS LA ZONE MINERALISEE

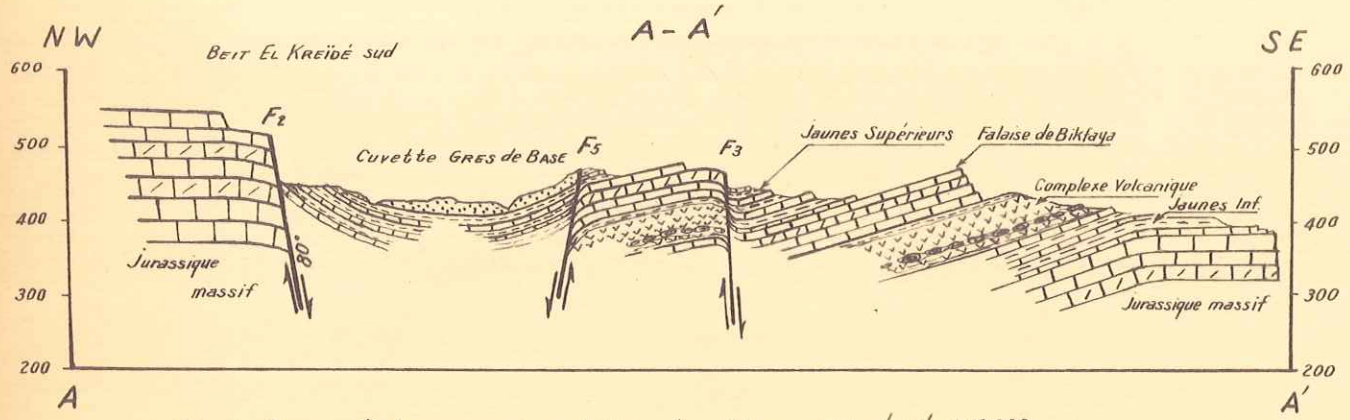
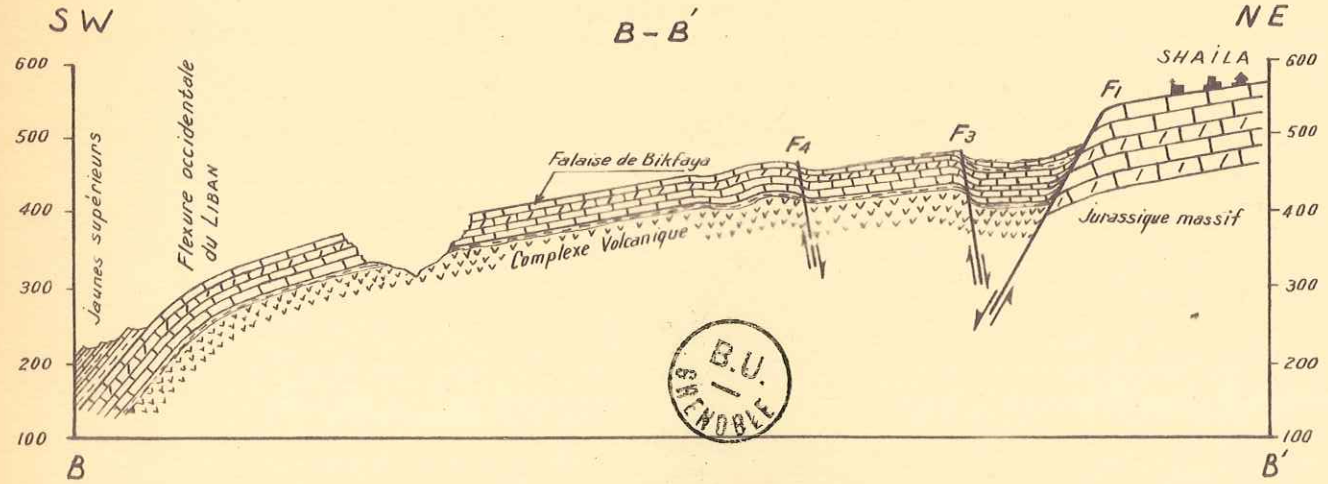


Fig. 1: Coupe à travers la région du gîte Ech. haut. 1:10.000 long. 1:5.000



B.U. GRENOBLE

Fig. 2: Coupe longitudinale à travers la région du gîte Ech. 1:10.000

Cependant, au cours de nos travaux, nous avons pu repérer deux différents systèmes de failles et quelques cassures résultantes, qui furent jadis le domaine d'une minéralisation massive ou diffuse.

Dans la première direction on trouve les failles F1 et F4 orientées SE-NW, parallèles et espacées de 400 m, elles coupent transversalement la direction d'inclinaison de couches. Dans la deuxième direction, on retrouve les failles F2, F3 et F5 orientées ENE-WSW, lesquelles croisent avec une légère oblicité les premières. Nous les avons numérotées respectivement par ordre d'importance. Pour les cassures, elles ont presque toutes une direction commune et définie, NW-SE, et coupent parfois en cisaillement à travers les failles principales (pl. n° 12).

En étudiant les effets de ces failles, on constate que F1 et F2, dont les rejets varient entre 170 et 200 m, sont antérieures aux autres, leurs plans sont redressés entre 60° et 80° et suggèrent la présence d'une tectonique cassante à travers le massif rigide des calcaires jurassiques. Avec leur regards respectivement W et S, elles délimitent la zone minéralisée qui, par la suite, fut disloquée par F3, F4 et F5, lesquelles sont de moindre importance (voir pl. n° 14 et 15).

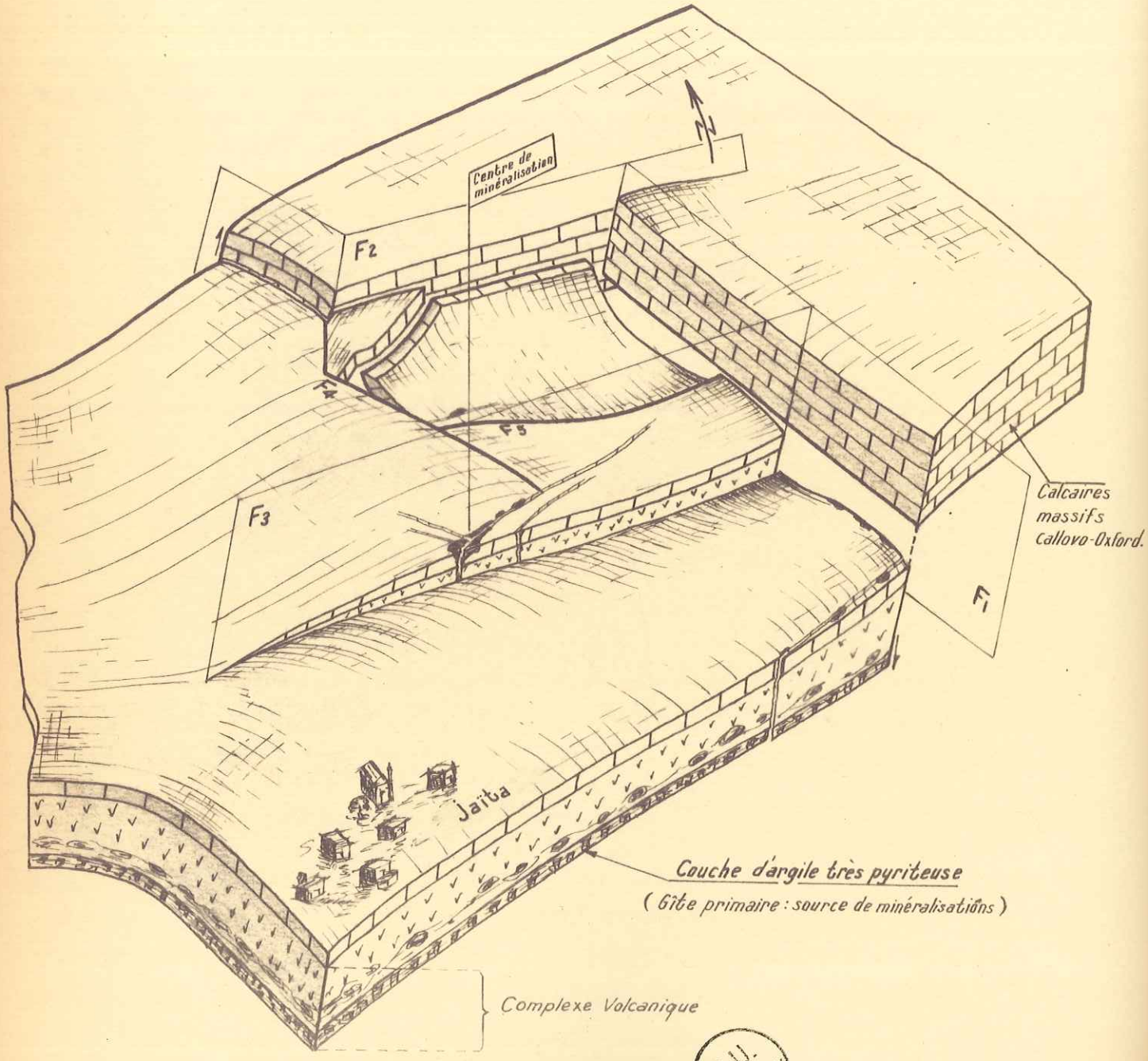
Les cassures représentent le domaine principal de concentrations minérales, bien qu'elles n'affectent pas les blocs disloqués sur de grandes distances, leurs tracés sont facilement reconnaissables par l'alignement de faibles minéralisations à la surface.

1.2.3. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES. ANALYSES.

Le minerai de Jaïta se présente en amas ou en concentrations irrégulières, d'aspect compact ; sa couleur brune rappelle la limonite ou hématite brune, produit d'oxydation superficielle. Par endroit, on trouve des concentrations d'ocre et de limonite

Pl. 15

TECTONOGRAMME DE LA REGION DE JAÏTA



B.U. GRENOBLE

mal consolidées. De même, à 550 m à l'WSW du centre de minéralisations, nous avons trouvé dans un banc calcaire une concrétion de limonite à noyau de marcassite (pl. n° 16).A partir du centre et vers l'extérieur, la minéralisation diminue progressivement, la gangue est constituée par une dolomie brune, minéralisée, qui devient stérile plus loin. Parmi les blocs durs, on constate la formation secondaire d'ocre compacte à veines de calcite ; cette ocre représente par endroit la gangue en séparant le minerai compact de la roche stérile.

Suivant l'aspect des concentrations minérales, nous avons procédé à un échantillonnage réparti sur les différents lieux du gîte ; les analyses chimiques ont donné les résultats suivants (voir tableau page suivante).

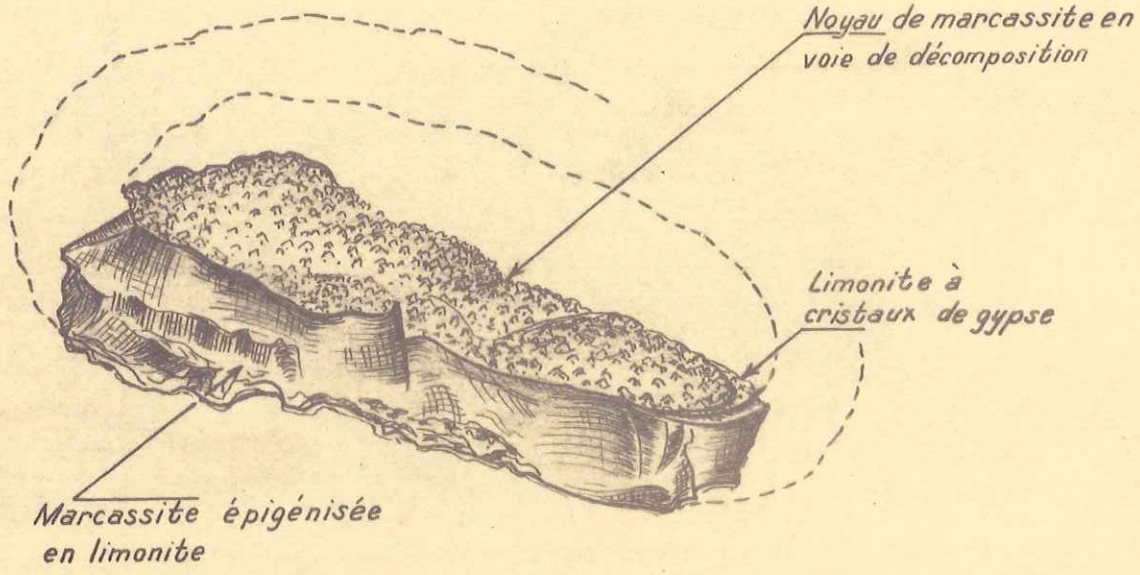
Les douze premiers échantillons proviennent du gîte principal centre de minéralisation, les quatre derniers furent prélevés sur les deux emplacements à minéralisations diffuses, dans les cassures au voisinage du gîte (pl. 12).

Bien que les résultats des deux échantillons 7 et 12 montrent une différence assez grande, la moyenne des teneurs indique que le minerai est de bonne qualité. Le soufre rencontré dans l'analyse n° 9 suggère qu'à l'origine le gîte était constitué par des sulfures de fer, lesquels se sont épigénisés en limonite par la suite. D'autre part, la présence de carbonate de calcium peut s'expliquer par la dissolution partielle de la roche encaissante, lors de la mise en place des solutions minéralisatrices légèrement acidulées.

L'étude métallographique d'un échantillon-type en section polie a montré la présence de cristaux blancs, légèrement jaunâtres, à réflexion intense en lumière naturelle. En lumière polarisée, ces cristaux se trouvent englobés d'une pâte de goethite en voie de limonitisation ; ils sont mâclés en lamelles fines et larges et montrent une forte anisotropie dans les tons bleus et gris violacé.

Pl. 16

Gite de Jaïta



Fragment d'une concrétion de limonite à noyau de marcassite

B.U. GRENOBLE

ANALYSES CHIMIQUES.

Lieu N° d'analyse.	% P.F.	% ins.	% SiO2	% Fe2O3	% Fe	% Al2O3	% CO3Ca	% S	/t Au-Ag
Tunnel III- 0	9,6	3,2	-	57,23	40,6				
Tranchée 1- 1	7,0	1,88	-	56,8	39,76				
" 2	9,2	17,00	-	58,92	41,24				
" 3	9,10	1,08	-	58,4	40,88				
" 4	9,7	4,04	-	68,8	48,16				
" 5	9	6,4	-	46	32,2				
Tranchée 2- 6	10	15,44	-	53,4	37,38				
" 7	8,7	16,28	-	39,0	27,3				
Puits IV - 8	15,10	-	2,40	84,30	59,00	0,70			
" - 9	13,60	-	8,4	54,05	37,83	-	-	7,60	absent
" 10	24,20	-	1,90	57,50	40,25	3,50	21,85		
" 11	15,0	17,9	-	57,00	39,9	-	±7,0		
" 12	11,5	0,72	-	87,0	60,9	-			
Jaïta NE 13	11,20	0,004	-	56,40	39,48	-	30,35		
" 14	16,1	1,0	-	80,4	56,28	-	2,5		
Jaïta W 15	14,5	2,98	-	64,00	44,8	-	14,28		
" 16	13,42	3,32	-	79,80	55,86	-	-		

Ces observations nous permettent de déterminer nos cristaux comme la Marcassite, dont les propriétés sont conformes à celles que nous venons de décrire.

L'étude radiocristallographique de l'échantillon (n° 0) prélevé du tunnel n° III a montré la présence de :

- 3 raies caractéristiques de la Goethite et 7 autres secondaires ;
- 1 raie caractéristique très prononcé de la calcite et 5 autres secondaires.

On remarque l'absence de raie caractéristique de l'hématite et du quartz. Il est vraisemblable que la limonite représente une grande partie du minerai, bien qu'elle ne soit pas détectable aux

Rayons X, sa présence avec la goethite fut confirmée par l'étude métallographique.

Les résultats d'analyses chimiques et l'étude métallographique jointe aux résultats d'étude aux Rayons X montrent que le minerai est constitué par un mélange de goethite et de limonite, avec des cristaux de marcassite comme minéral originel.

1.2.4. GENESE

Sans entrer trop en détail dans la tectonique qui, dans son ensemble, ne présente pas un style compliqué, il serait nécessaire d'évoquer, à cette occasion, une remarque qui découle de nos observations sur l'âge des failles transversales, car c'est à elles que s'attribue la genèse des gîtes métasomatiques, en tant que mobilisation et précipitation sélective des solutions.

Ces failles E-W qui ont été considérées pendant longtemps comme secondaires, sont en réalité secondaires du point de vue rejet, mais primaires au point de vue âge par rapport aux grands accidents longitudinaux NNE-SSW.

Ces failles transversales jalonnées d'anciennes cheminées volcaniques appartiennent à un style tectonique légèrement antérieur à l'orogénèse jurassique. A cette époque, un phénomène d'éruption volcanique sous-marine se déclencha sur ces cicatrices. Durant la deuxième phase orogénique antémiocène, responsable de grands accidents longitudinaux et de la morphologie actuelle du pays, les failles transversales qui furent décalquées sur les couches de couverture ont offert la voie de communication aux solutions minéralisatrices qui sont à l'origine de nos gîtes métasomatiques et filoniens.

Si nous tenons compte de cette observation, de l'étude stratigraphique du gîte et des résultats d'analyses physico-chimiques d'échantillons étudiés, nous pensons pouvoir expliquer la genèse de notre gîte de la façon suivante :

Pl. 17

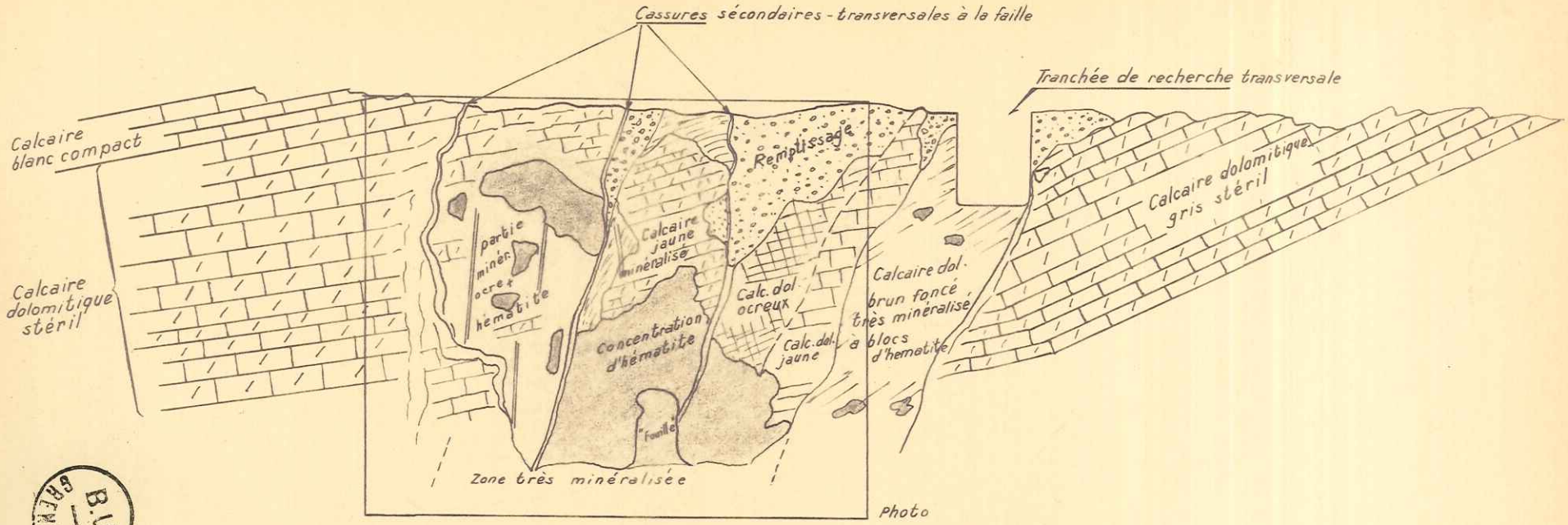
GITE DE JAÏTA N° 9

Coupe suivant le plan de la faille F_3 et à travèrs les cassures secondaires

Ech. 1:100

WNW

ESE



B.U. GRENOBLE

Pendant la grande orogénèse antémiocène, les failles transversales furent reprises par le mouvement. Sur ces grandes cassures, des phénomènes pyrométasomatiques prirent alors naissance. Par la suite, la pyrite qui se trouvait à la base du Complexe Volcanique (pl. 13) et qui s'est mise en solution, fut transportée vers les couches supérieures où elle se déposa sous forme de marcassite dans la partie dolomitique de la Falaise de Bikfaya (pl. 17),milieu propice aux imprégnations et concentrations. Ceci représente le premier épisode. Le deuxième est représenté par l'épigénisation de la marcassite en goethite, laquelle partiellement transformée en limonite, minerai du gîte actuel. Ainsi, le gîte de Jaïta s'est formé en plusieurs phases qui se sont déroulées dans l'ordre suivant :

1° - transport de solutions sulfureuses et mise en place sous forme de marcassite ;
2° - épigénisation de la marcassite en goethite ;
3° - transformation partielle de la goethite en limonite ;
4° - secondaire : formation de l'ocre par dissolution de la limonite

Au point de vue genèse, la théorie de ce gîte-type s'applique à tous ceux de la même catégorie, ainsi qu'à tous les gîtes filoniens qui se placent dans les calcaires supérieurs du Jurassique.

1.2.5. CONCLUSION.

Cette étude a démontré le mécanisme des gîtes métasomatiques qui se manifeste par la mise en solution des gîtes primaires, le transport vers les zones plus élevées, puis le dépôt loin du lieu d'origine.

Dans cette catégorie, la question de réserves présente un problème assez délicat, car les formes très irrégulières de concen-

trations minérales rendent l'estimation des quantités très difficile. Cependant, aux endroits où quelques travaux de recherche ont eu lieu, les parties découvertes ne suggèrent pas la présence de grandes quantités rémunératrices pour une exploitation à grande échelle. On peut toutefois estimer qu'en l'état actuel du gîte, les quantités visibles sont de l'ordre de 1500 à 2 000 tonnes. Nous pensons que ceci est dû aux quantités limitées mises en solution dans le gîte primaire, lors de la paragénèse, autrement dit, la partie affectée par la mise en solution dans le gîte primaire s'étend sur une zone très restreinte, ce qui limite les volumes des gîtes secondaires par la suite.

2.0 AUTRES GITES METASOMATIQUES.

Avant de passer aux gîtes filoniens, nous donnons un aperçu rapide sur d'autres gîtes principaux de la même catégorie, particulièrement les trois suivants :

Marjaba n° 7 - Aïn Aar n° 8 - Kefraya NE n° 11.

2.1 MARJABA N° 7.

Comme nous l'avons déjà signalé dans l'historique, Marjaba fit, depuis les temps préhistoriques, le sujet de plusieurs exploitations successives. Les concentrations minérales qui se localisent dans le Jurassique supérieur se présentent sous forme d'amas irrégulièrement répartis dans le massif calcaire.

Le minerai de ce gîte est constitué essentiellement d'hématite, de sidérose et d'ocre qui est un produit de dissolution. Comme à Jaïta, on trouve des cristaux de pyrite épigénisés en hématite dans les calcaires stériles, au voisinage de grandes concentrations minérales.

Lors de notre visite de cette mine, nous avons constaté la présence de grandes quantités d'ocre jadis minées et stockées non loin des entrées des galeries. Bien que l'état actuel de nos connaissances ne nous permette pas de trancher sur ce problème de détail, nous pensons qu'il s'agissait d'une question de traitement du minerai ; les premiers exploitants trouvaient probablement plus facile de transporter et de traiter le minerai compact que l'ocre tendre, poudreuse. Cette ocre est actuellement exploitée et traitée dans un petit fourneau dans la banlieue de Beyrouth pour la fabrication de la fonte.

Nous donnons ci-dessous les résultats d'analyses d'échantillons prélevés de différentes localités du gisement :

Lieu N° d'anal.	% P.F.	% ins.	% Fe2O3	% Fe	% CO3Ca	Al2O3	g/t Au ou Ag
Galerie III 1	14,4	0,28	57,6	40,32	17,0	-	
" IV 2	12,78	0,8	75,2	52,64	-	-	
" VII 3	15	0,05	73,0	51,1	6,4	traces	
Fouille Y1 (ocre jaune) 4	-	0,4	85,0	59,5	-	-	
Fouille Y2 (ocre + limonite 5	% H2O 14,1	0,001	84,00	58,8	-	-	- 1,5

Une coupellation d'un échantillon de minerai compact pris sur le tas de stockage a montré la présence de 8 grammes d'or à la tonne. D'autre part, la présence de Zn fut constatée par l'analyse d'un morceau de scorie recueilli sur un ancien lieu de fusion au voisinage du gisement.

2.1.1 GENESE

Au point de vue paragenèse, l'origine de ces minéralisations ne diffère pas de celle de Jaïta ; le Complexe Volcanique est présent à Marjaba même. Cependant, dans ce gisement nous avons

affaire à des solutions descendantes, car les calcaires minéralisés se placent sous la série basaltique du Complexe. En ce qui concerne le mécanisme de minéralisation, l'importance de la grande faille Beskinta-Marjaba qui a contribué à la fracturation de la zone minéralisée ne manque pas d'attrait. Ainsi on constate la présence de grandes masses de minerai en amas et de minéralisations de formes filoniennes. C'est moins la nature chimique que la nature physique des calcaires qui est à l'origine des formes des gisements. L'attaque chimique des solutions minéralisatrices a suivi d'abord des cassures, en donnant naissance à des filons ; puis ensuite a dissous les calcaires les plus perméables. C'est pourquoi l'on constate que certaines assises de calcaire dense, compact et imperméable sont restées stériles.

2.2 AIN AAR Nº 8.

Découvert au cours de l'année 1955, ce gîte représente un autre exemple-type de cette catégorie. La présence des tas de scories ainsi que la découverte des vestiges d'un ancien four de fusion indiquent que le gîte fit jadis l'objet d'une exploitation. Lors de notre première visite, nous avons constaté la présence de morceaux de minerai dont les diamètres ne dépassent guère 20 cm Les calcaires jurassiques représentant la roche encaissante ne sont visibles qu'occasionnellement, car toute la région a été transformée en terrasses.

2.2.1 TRAVAUX DE PROSPECTION, MINERAI ET ANALYSES.

Cinq tranchées de recherche et trois tunnels furent exécutés dans différents lieux du gîte. Ceci a permis de constater que les minéralisations se présentent sous forme d'amas et de filons irréguliers dans les calcaires encaissants.

D'autre part, le minerai qui est un mélange d'hématite et de limonite contient un haut pourcentage de calcite, particulièrement dans les zones qui sont en contact avec le calcaire ; par endroits on le trouve mélangé avec de l'ocre jaune friable, représentant ainsi la gangue de filons ou d'amas.

Cette situation, qui a rendu les teneurs capricieuses, a compliqué par la suite la détermination d'une teneur moyenne pour les quantités visibles. Ci-dessous, nous donnons une série d'analyses exécutées sur les échantillons prélevés sur différents lieux du gîte :

	%	
Fe_2O_3	82,14	Fe = 57,50 %
FeO.....	-	
MnO.....	-	
SiO_2.....	2,24	
Al_2O_3.....	0,44	
TiO_2.....	0,06	
V_2O_5.....	traces	
P_2O_5.....	0,06	
As_2O_3.....	traces	
SO_2.....	0,16	
PbO.....	-	
CuO.....	0,006	
ZnO.....	1,32	
CaO.....	0,76	
MgO.....	0,17	
$K_2O + Na_2O$.....	-	
CO_2.....	1,75	
C.....	0,20	
H_2O.....	10,70	

ANALYSES SOMMAIRES.

Lieu	N° d'analyse	% P.F	% SiO2	% Fe2O3	% Fe	% ZnO	% Au
Tunnel III	1	17,40	6,95	67,70	47,39	-	>1 g/t
"	2	16,4	2,8	79,8	55,86	-	-
"	3	17,0	3,2	58,0	39,2	-	-
Tranchée 1	4	20,0	5,0	61,05	42,74	-	1 g/t
"	5	20,5	2,8	56,0	39,2	-	-
Tranchée 2	6	17,0	0,4	58,0	40,6	-	-

2.2.2 CONCLUSION

Les travaux de recherche exécutés sur ce gîte ont démontré qu'il appartient à la catégorie des gîtes métasomatiques, dans l'échelle stratigraphique il se place dans l'étage géologique de Marjaba.

En tenant compte des divers résultats d'analyses, on constate que les teneurs en fer varient entre 35 et 58 %. En éliminant les minerais argileux, on arrive à des variations entre 37 et 58 %. Cependant on pourrait avoir des stocks marchands de 50 % Fe, en triant les minerais compacts à calcite avec les minerais compacts d'ocre jaune ; le reste pourrait avoir une teneur moyenne de 42 % Fe. En ce qui concerne les quantités, à l'état actuel du gîte, les réverves visibles sont de l'ordre de 15 000 tonnes. Suivant les résultats de recherches, les réserves probables seront le multiple de ce chiffre.

2.3 KEFRAYA NE n° 11.

Bien qu'il soit de la même catégorie, sa situation géographique diffère de celle des autres gîtes. Il se place dans les calcaires du Jurassique supérieur situés sur la lèvre inférieure

de la grande faille occidentale de la Bekaa, au pied du Jebel el Barouk, contrairement aux autres qui sont généralement localisés sur les failles secondaires (transversales), dans la partie centrale du Mont Liban.

2.3.1 GEOLOGIE

La série du Crétacé inférieur qui représente la partie effondrée affleure à l'Est de la faille, tandis que les calcaires jurassiques minéralisés affleurent à l'Ouest. Les travaux de recherche ont démontré que la bordure E de la faille occidentale (accident majeur) sépare les calcaires jurassiques minéralisés du Crétacé inférieur stérile ; elle trace en même temps la limite E du gîte. Ainsi, on trouve des concentrations minérales de formes irrégulières ou parfois filoniennes, irrégulièrement réparties dans les calcaires fortement tectonisés sous l'effet de la faille.

2.3.2 MINERAI.

Le minerai est constitué par de l'hématite dure et compacte, par endroit, sous l'effet d'un phénomène de dissolution secondaire, cette hématite devenue spongieuse a donné naissance à des concentrations d'ocre jaune tendre remplissant les cavités des calcaires.

Sur les tas de minerai stocké au voisinage du gisement, on trouve des concrétions de limonite à noyau de marcassite. Au voisinage des grandes cassures, on rencontre de grands blocs de brèches calcaires fortement minéralisées.

Nous donnons plus bas les résultats d'une analyse complète exécutée sur un échantillon moyen pris sur les tas de stockage.

L'échantillon a été prélevé par le Professeur FILLION à partir de différents lots se trouvant sur le carreau de la mine.

ESSAIS DEMANDES ET RESULTATS.

Fer exp. en Oxyde O3Fe2	71,68 %
Silice	7,1 %
Perte au feu	15,5 %
Soufre	0,15 %
Phosphore	0,07 %
Aluminium Al2O3	1,1 %
Calcium OCa	1,9 %
Arsenic	Absence
Manganèse	0,78 %
Cuivre-Zinc	Absence
Carbonate	Présence
Fer exp. en Fe	50,2 %
Humidité	2,35 %

2.3.3 GENESE

La présence de concrétions d'hématite à noyau de marcassite confirme l'hypoyhèse que nous avons avancée sur la genèse de Jaïta pris comme exemple-type. Cependant, le mécanisme de minéralisation serait en fonction de la grande faille occidentale de la Bekaa. Cette différence de détail tectonique, ainsi que la situation géographique du gîte nous ont conduit à le citer parmi les exemples-types.

2.3.4 CONCLUSION

Comme tous les gîtes de cette catégorie, le type de minéralisation est métasomatique en relation avec des accidents tectoniques. Les masses minérales ont remplacé les calcaires par dissolution et concentration au sein de la roche stérile.

Au point de vue réserves, les quantités visibles sont de l'ordre de 3 000 à 4 000 tonnes. Les réserves probables sont difficiles à estimer, à moins qu'on ne procède à d'autres travaux de recherche, pour constater la suite des minéralisations.

3.0 CONCLUSION GENERALE

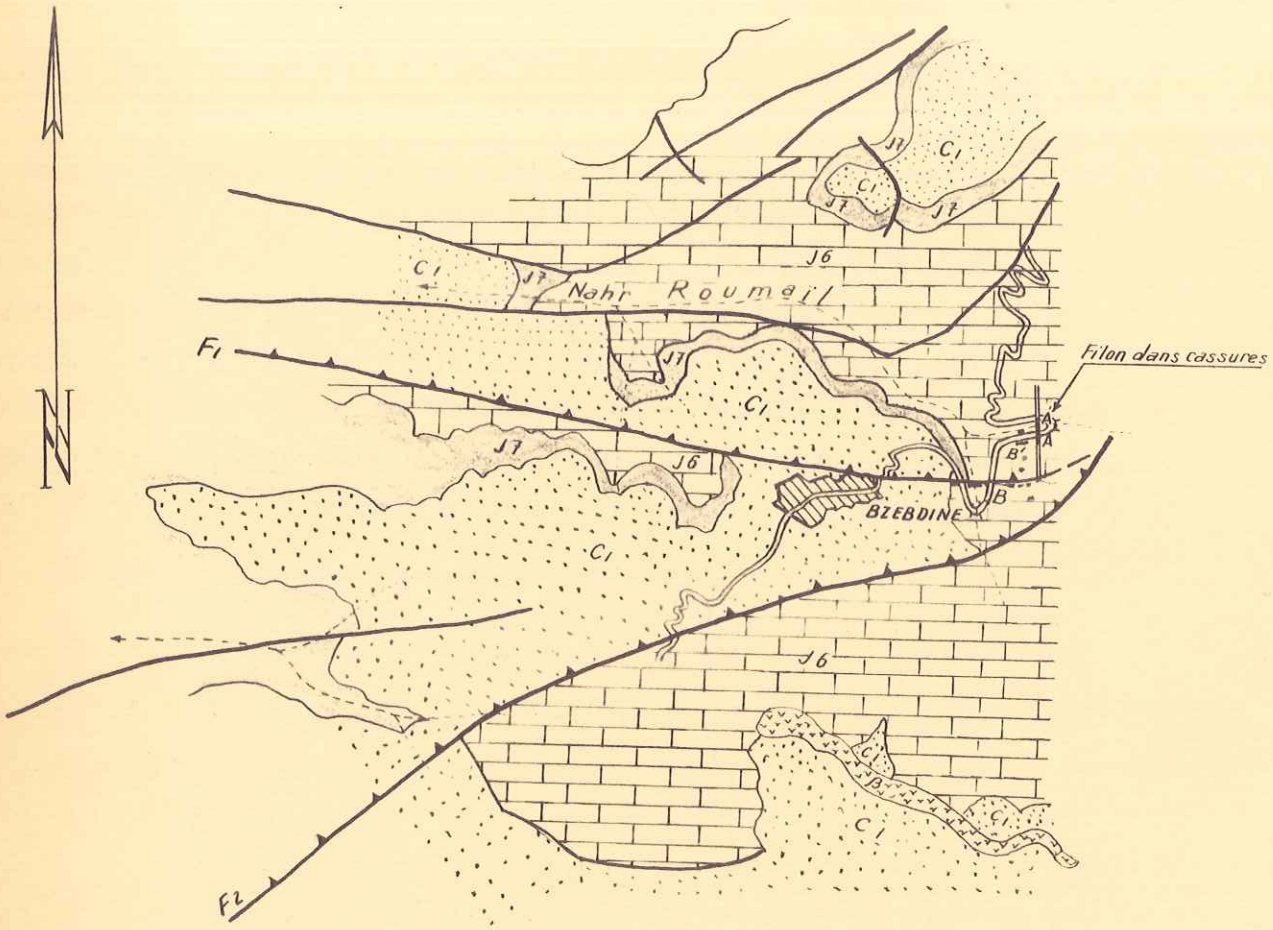
D'après ces différents exemples, nous pouvons conclure que l'origine des gîtes métasomatiques s'attribue au Complexe Volcanique contenant la pyrite qui représente le gîte primaire. On a pu constater que les réserves des gîtes secondaires sont assez limitées, car elles sont en fonction des quantités de pyrite mises en solution. Une indication nous paraît importante : dans l'Anti-Liban méridional où le Complexe Volcanique perd de son importance, aucun gîte de ce type n'a été signalé.

Pl. 18

Plan Geologique Du Gite De Bzebdine NE N°15

Echelle 1:50.000

0 500 1000 1500 2000 m.



LEGENDE

- C1 — Gres de Base. Cretace
- Bz — Basalte; fin jurassique
- J7 — Jurassique supérieur. Marne + Calc. jaune Sup. PORTLANDIEN SUP.
- J6 — Calcaires massifs + Calc. jaune inférieur, Complexe Volcanique et Fal. de BIKFAYA CALLOVO-OXFORD. et KIMMERIDGIEN
- F1 — Faille avec sens du régard
- A A' — Cassures à minéralisation en filon

B.U. GRENOBLE

Extrait de la carte géologique 1:50.000

1.0 G I T E S F I L O N I E N S

Exemple-type : Filon de BZEBDINE NE n° 15.

1.1 INTRODUCTION.

Le filon de BZEBDINE représente le gîte-type de cette catégorie ; il se place entre 720 et 750 m d'altitude sur le versant sud de Nahr Roumail, un des affluents de Nahr Beyrouth. Sur la feuille 1.50 000 de Beyrouth, les coordonnées x = 151,90 ; y = 215,23 fixent le centre du gîte (pl. 18).

Découvert déjà avant 1953, il fit par la suite l'objet d'une campagne de recherche durant les mois de mai, juin et juillet de la même année. Au cours de cette période, des fouilles et des tranchées de recherche furent exécutées en vue de délimiter l'extension du filon et pour le prélèvement d'échantillons afin d'estimer la valeur économique du gîte qui s'est montré aurifère.

1.2.1 GEOLOGIE : Stratigraphie.

Ce filon se présente sous la forme d'une zone (A) fortement minéralisée, de 4 à 6 m de largeur ; il traverse verticalement la série de calcaires blancs massifs du Jurassique supérieur attribués à l'Oxfordien supérieur (pl. 19). Au cours de nos travaux de recherche, nous avons découvert la présence d'une autre zone minéralisée (zone B), de 70 m de largeur environ, qui recoupe une autre série de calcaire blanc, lité, supérieure à celle de la zone A. la planche n° 19 montre la situation des deux filons dans la série stratigraphique de la région.

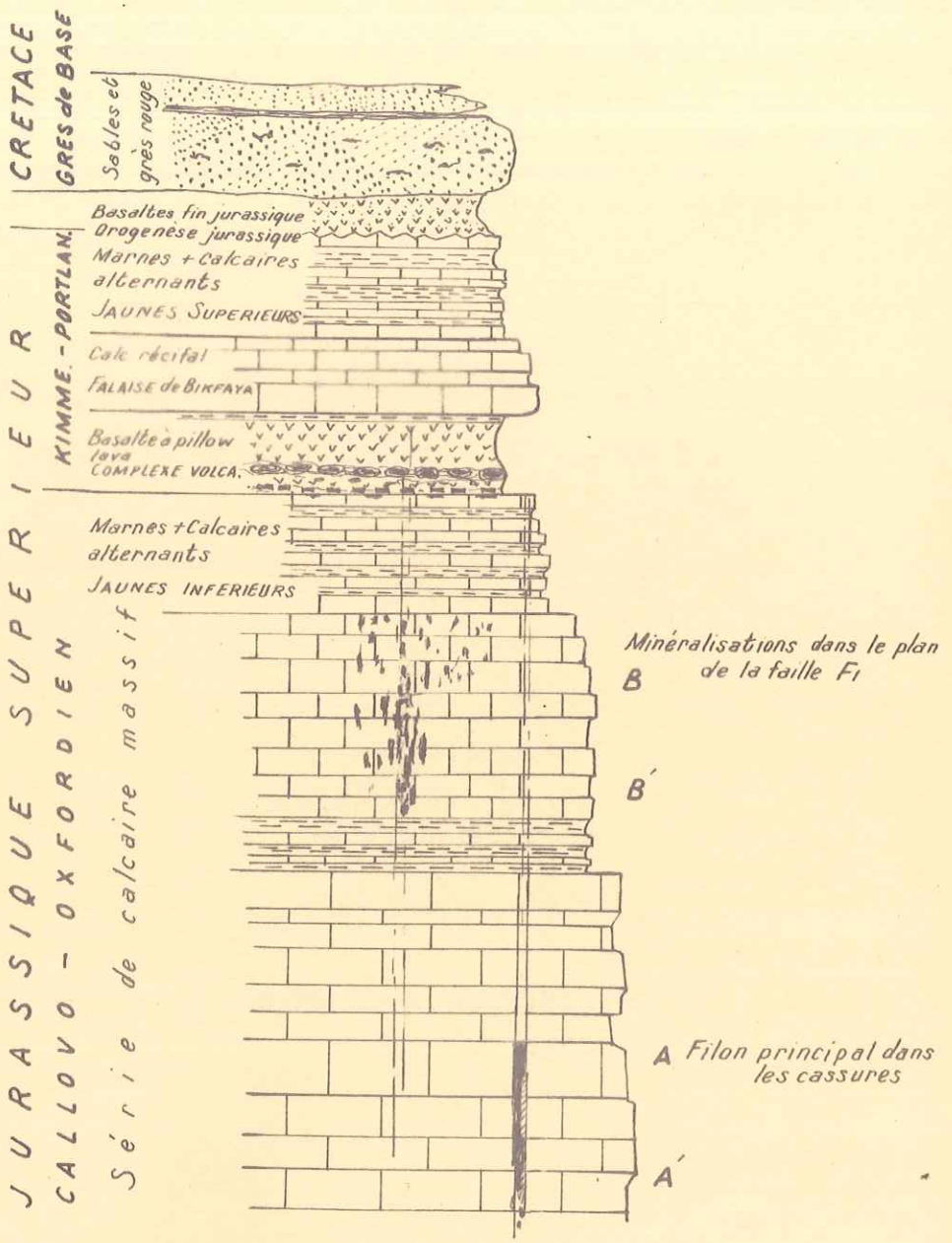
1.2.2 TECTONIQUE

La partie étudiée est située dans une région tabulaire, de pendage horizontal ou légèrement incliné vers l'Ouest. Elle est

GITE DE BZEBDINE NE N° 15

COUPE STRATIGRAPHIQUE SUIVANT LE PLAN DE LA FAILLE F1 et à travers les cassures du filon principal A-A'

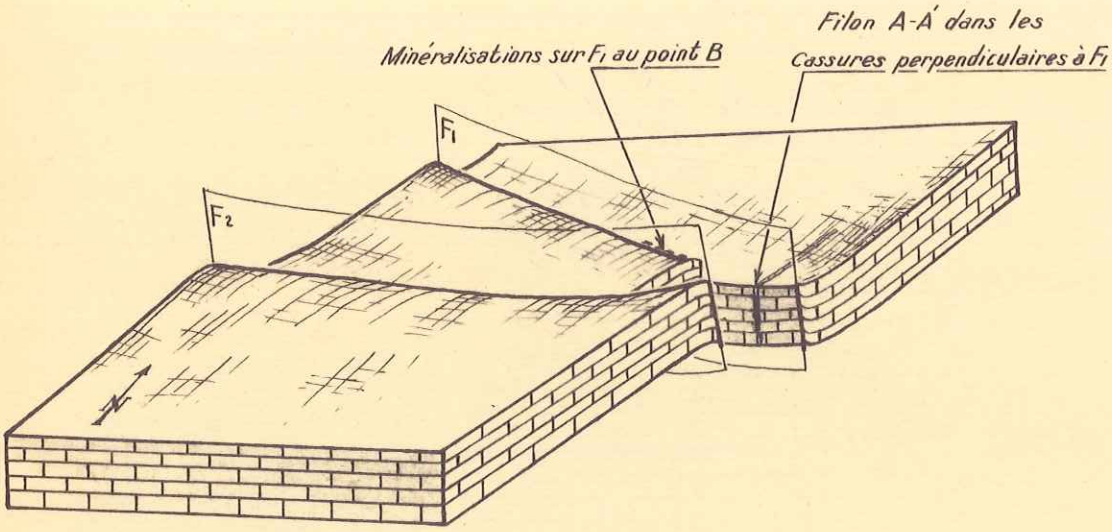
Ech. 1:5000



B.U. ABENDORLE

Pl. 20

GITE N°15 FILON DE BZEBDINE NE



Tectonogramme de la région étudiée

"Entre les deux failles, nous avons éliminé du bloc intermédiaire la partie cachant le filon A-A'"

B.U. GRENOBLE

affectée par une série de failles, à l'Est de la flexure occidentale du Liban. Ces failles, grossièrement orientées E-W (pl. 18), seraient rattachées aux accidents secondaires , perpendiculaires aux grandes lignes tectoniques, de rejets parfois importants ; ils affectent la partie occidentale du pays.

Les deux failles, F1 et F2 qui sont subverticales, ont le même sens de regard : les compartiments effondrés sont nord ;, de sorte qu'on gravit deux paliers successifs pour atteindre le deuxième compartiment sud, surélevé (pl. n° 20 : tectonogramme). Bien qu'il y ait d'autres failles qui sont parallèles ou légèrement obliques à F1 et F2, ces deux dernières intéressent notre région et affectent le Jurassique et les Grès de base sur plusieurs kilomètres de longueur ; elles représentent le mécanisme de dislocation, phénomène très fréquent dans la tectonique libanaise.

Le filon A est placé dans une des cassures perpendiculaires au plan de F1, laquelle, à la suite d'une exploration de surface, s'est montrée minéralisée au point B (pl. n° 18).

1.2.3 FILON et MINERAI.

Dans la région A, le gîte se présente sous forme de filon vertical de 4 à 6 m d'épaisseur, dans la fouille au niveau de la route. Les travaux de recherche par fouilles, entrepris dans la vallée à 25 m à l'aplomb de A, ont démontré une forte diminution de minéralisation dans la partie inférieure du filon. Toujours au niveau de la vallée, à 70 m du côté aval, une deuxième fouille a découvert la présence de minéralisation assez importante en B' à l'aplomb de B, lequel, dans sa partie supérieure, ne présente que des minéralisations diffuses. Dans les calcaires au voisinage de zones minéralisées, nous avons trouvé des pseudomorphoses d'oxyde de fer provenant de cristaux de pyrite.

Le minerai se trouve dans une gangue argilo-ferrugineuse, il est du type spongieux, brun et dur, rappelant l'hématite ; des

zones irrégulières, constituées par une matière friable ocreuse, intercalent les blocs durs au milieu du filon.

1.2.4 ANALYSES CHIMIQUES ET COUPELLATIONS.

Les analyses chimiques et coupellations effectuées sur plusieurs échantillons prélevés de différents lieux ont donné les résultats suivants :

Lieu	SiO2 %	Al2O3 %	Fe2O3 %	CO3Ca %	Fe %	Au g/t	Ag g/t
Zone A Ech. moyen	27,12	1,63	42,20	28,80	28,40	9,6'	-
Zone A' Ech. moyen	14,00	29+CaO	57,00	-	39,9	5,0	11,0
Zone A' front de tail.	15,9	-	58,6	-	41,02	-	-
Zone A deux côtés du tunn.	15,5	-	43,30	-	30,31	absent	absent
Zone A fond du tunnel	3,14	-	79,02	-	55,32	absent	absent
Zone B Ech. moyen	14,98	-	67,02	-	46,91	5,0	-

La présence de l'or fut constatée par l'analyse de 5 échantillons différents dont deux résultats étaient négatifs.

Quoique la teneur en fer soit assez variable, le minerai peut être considéré de qualité moyenne ; par contre, la teneur en or se montre très capricieuse pour un tel échantillonnage.

ANALYSE MINERALOGIQUE.

L'étude aux RX a démontré que le minerai est constitué presque entièrement d'hématite, avec une raie caractéristique de calcite. La présence de l'or n'a pas été constatée.

1.2.5 GENESE.

Au point de vue genèse, les gîtes filoniens ne diffèrent pas des gîtes métasomatiques que nous avons étudiés plus haut. Cependant, la dissemblance de formes des concentrations minérales nous a conduit à les classer en deux catégories différentes. Bien que l'origine des deux catégories soit commune, la formation des gîtes filoniens se trouve en relation directe avec les accidents tectoniques, lesquels ont donné la forme typique du gîte. Les failles ou cassures qui ont offert la voie de circulation des solutions minéralisatrices furent en même temps le domaine d'une précipitation sélective. Ainsi, nous trouvons des concentrations minérales de formes filoniennes entre les deux parois de ces cassures ou failles.

Pour le filon de BZEBDINE, la faille F1 minéralisée au point B a donné naissance au filon principal (A), par circulation de solutions minéralisatrices à travers les cassures orientées perpendiculairement au plan de la faille même. Cas classique de ce type de gîtes, connu sous le nom de "dents de plique".

1.2.6 CONCLUSION.

D'après les résultats d'analyses et les coupellations, on peut conclure qu'il s'agit originellement d'un filon de pyrite aurifère postérieurement épigénisé en hématite.

Vu le marché actuel des minerais de fer, la haute teneur en silice et les quantités très limitées de nos minerais (1 500 tonnes) excluent la possibilité de les vendre.

En ce qui concerne une exploitation comme minerai d'or, l'analyse de l'échantillon moyen de la zone A, 9,6 g à la tonne, était encourageante. Cependant il faudrait tabler sur une réserve initiale de 100 000 tonnes de minerai dont la teneur ne soit pas inférieure à 7 g à la tonne, en A' elle n'est que de 5 g. D'autre part, la prolongation des fouilles en tunnels, dans les zones A et A', a montré la discontinuité du filon. Dans ce cas, on doit

estimer que la poursuite des travaux de recherche est risquée, tant que les quantités visibles ne sont pas rémunératrices.

2.0 AUTRES GITES FILONIENS.

A part BZEBDINE, nous avons eu l'occasion d'étudier d'autres gîtes de cette catégorie, notamment BTAGHRINE n° 14, QARTADAN n° 16 et RAS el METN W n° 17.

2.1 BTAGHRINE n° 14.

Ce filon se trouve dans les calcaires du Jurassique supérieur au Nord du gisement de MARJABA. Il est constitué d'amas d'oxyde de fer de forme filonienne, à l'Est du village, sur la route allant à Beskinta.

La minéralisation occupe une zone visible à la surface, sur un flanc de l'Ouadi El Jamajem. Sa largeur doit être d'une trentaine de mètres et sa hauteur d'environ 100 mètres. Aucun ancien travail de prospection en direction du filon n'était visible.

2.1.1 Le MINERAI.

Le minerai est constitué essentiellement par de l'hématite brune, avec un faible pourcentage de limonite. Entre le filon principal et les calcaires encaissants, on remarque la présence d'une gangue constituée d'un mélange d'ocre jaune compacte et friable, à veinules de calcite.

Sur le bord NE du filon, dont la direction passe sensiblement vers Marjaba n° 7, nous avons prélevé un échantillon dont les résultats d'analyse sont les suivants :

SiO_2 = 0,08 % ; Fe_2O_3 = 65,2 % ; Al_2O_3 = 0,02 % ; CO_3Ca = 20,70 % ; Fe = 43,75 %.

Ce résultat peu favorable s'explique par le fait que l'échantillon était pris à la surface et sur la saalbande du filon, au

contact des calcaires. Cependant, ce filon paraît s'arrêter sous une assise épaisse de calcaires qui ne se prêtaient pas à la minéralisation. Vers le bas, la minéralisation paraît se partager en plusieurs filonets et devenir diffuse.

Ainsi, les réserves visibles limitent l'exploitation de ce gîte à l'échelle artisanale.

2.2. QARTADA N° 16.

Le filon de Qartada se trouve sur une faille secondaire N-S, qui sépare les calcaires du Jurassique supérieur des Grès de base. De forme subverticale, l'épaisseur du filon varie entre 50 et 125 cm. Il se trouve encadré de part et d'autre par les calcaires jurassiques et les Grès de base qui représentent respectivement la lèvre supérieure et inférieure de la faille.

Le minerai est constitué par un mélange d'hématite compacte et spongieuse. L'analyse de deux échantillons différents a donné les résultats suivants :

	%	%
Hématite compacte à poudre brune.....	Fe_2O_3 = 76,4 ;	Fe = 54,4
Hématire noire à poudre brun rouge...	" = 82,1 ;	" = 57,4.

2.2.1 NATURE de la GANGUE.

Dans la gangue, qui est constituée par de l'argile ocreuse, de l'ocre jaune et du minerai noir spongieux, nous avons trouvé une matière blanche et rose, d'aspect kaolinitique ; trois analyses successives de cette matière ont été faites aux RX. Le diagramme de la première, fait avec un tube à anticathode de cuivre, n'a montré aucun pic caractéristique permettant la détermination d'un minéral bien connu. Par contre, les deux autres analyses faites avec un tube à anticathode de fer, avec un avancement plus lent (pause plus longue), ont donné deux diagrammes identiques qui ont montré 3 pics caractéristiques de l'halloysite.

Dans l'étude faite par W.D. MILLER et KELLER [24 a], en page 244, on trouve :

"L'observation qui a été faite au laboratoire sur "l'endellite déshydratée et sur les affleurements "d'halloysite naturelle montre des similitudes dans les "espacements basals. Comme d'ailleurs d'autres l'ont "déjà suggéré, il est évident que, la plus grande par- "tie des halloysites sont originellement des endelli- "tes."

Cette hypothèse semble être confirmée par l'observation faite sur les deux derniers diagrammes, où les deux pics caractérisant deux espacements différents, l'un à la forme hydratée (halloysite) et l'autre à la forme déshydratée (endellite) témoignent d'un mélange de deux espèces.

Dans la même étude faite par MILLER et KELLER, en page 252, à la fin de la conclusion sur l'origine de l'endellite, nous trouvons :

"Ceci devrait s'accorder avec notre observation faite "sur l'origine d'halloysite alunitique de MEXICO, en pré- "sence de l'acide sulfurique."

Puis ils ajoutent :

"D'après ROSS et KERR, 1934, page 144, il paraît "très probable que le matériel d'halloysite qui fait "l'objet de cette étude et qui a été prélevé dans les six "dernières localités fut obtenu par l'action des eaux "contenant de l'acide sulfurique."

2.2.2 ORIGINE de la MINERALISATION.

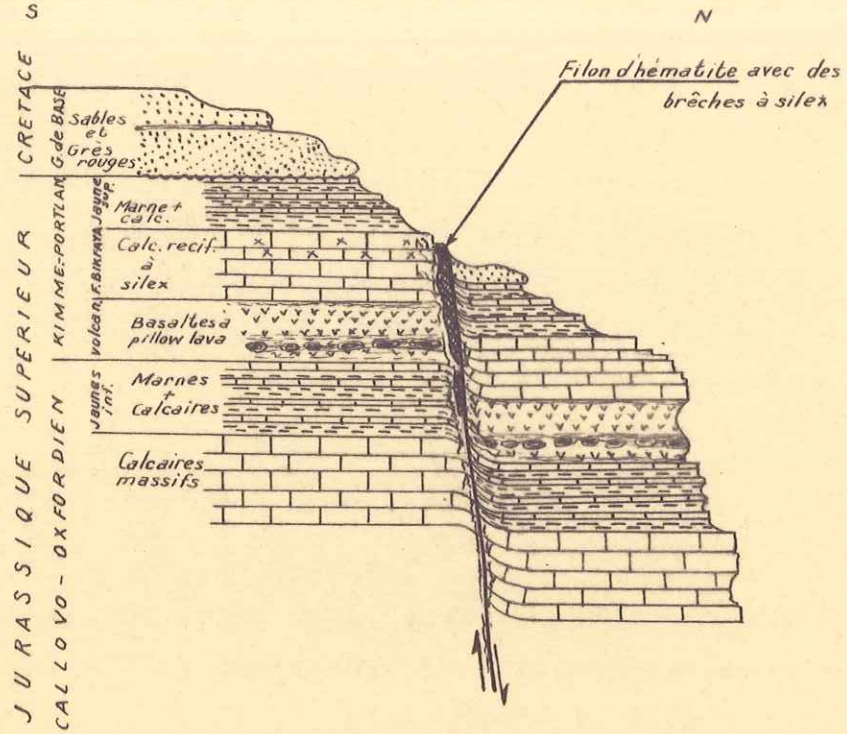
Ceci nous permet d'émettre une hypothèse sur la nature et l'origine des solutions minéralisatrices de nos gîtes, d'autre part d'expliquer la présence de concrétions d'hématite à noyau de marcassite.

Pl. 21

Gite N° 17 Filon De Ras El Metn W

Coupe à travers la zone minéralisée

Ech. 1: 5.000



B.U. GRENOBLE

Il nous permet de comprendre, en outre, la minéralisation diffuse en pseudomorphoses de pyrite dans les couches calcaires au voisinage des gîtes.

A cette occasion, nous pensons qu'il n'est pas inutile de rappeler aux lecteurs que la pyrite se forme dans des solutions neutres, ou basiques, ou très peu acides, mais au dessus de 110°C. Ces conditions ont été certainement favorisées à la base de la coulée basaltique sous-marine du Complexe volcanique, où la pyrite, qui est à l'origine de nos gîtes secondaires, a pu se déposer par ségrégation des roches éruptives, formant ainsi les gîtes primaires.

2.3 RAS EL METN W N° 17 (Filon).

Situé à environ 800 m à l'Est du gîte précédent, n° 16, ce filon se place sur la faille principale orientée EW (pl. 21) dont le filon de Qartada, orienté N-S, représente une ramification (pl. 25).

Ainsi, on retrouve les deux filons séparés par une zone stérile et placés sur une même faille, dont le rejet est de l'ordre de 60 m. Cependant la partie supérieure du filon de RAS EL METN se trouve en contact avec les calcaires à silex de la Falaise de Bikfaya (pl. n° 21), de ce fait certains blocs du minerai d'aspect bréchique contiennent des morceaux anguleux de silex blanc, fortement cimentés au sein du filon.

2.3.1 Le MINERAI.

Il est constitué par un oxyde de fer dur, noir brunâtre, difficilement attaquable par les acides.

Nous avons prélevé un échantillon du lot se trouvant sur le carreau de la mine. L'étude minéralogique de cet échantillon a montré que le minerai est constitué par un mélange à pourcentage

Pl. 22

GITE N° 17 FILON DE RAS EL MTN W

presque égal, de goethite et d'hématite.

D'aspect assez analogue à celui de Qartada, il s'en distingue par la présence de goethite et les morceaux de silex anguleux épars dans la masse minérale.

2.3.2 GENESE.

Le Complexe Volcanique qui est à l'origine de ce filon se trouve en dessous de la Falaise de Bikfaya, avec son gîte primaire de pyrite (pl. N° 21). Pendant la mise en place, les morceaux de silex, difficilement solubles, se trouvaient au milieu de la concentration minérale où ils se sont cimentés.

2.3.3 CONCLUSION.

L'essai d'exploitation entrepris sur ce filon a démontré l'absence totale d'homogénéité du minerai, précisément sa teneur en silice, très variable, et parfois trop forte. D'autre part, la discontinuité du filon ne justifiait pas la poursuite de travaux de recherche. Après ces résultats défectueux, le gîte fut définitivement abandonné.

3.0 REMARQUE.

Avant de passer à l'étude des autres catégories, nous faisons une remarque que nous estimons importante par rapport à la genèse des gîtes métasomatiques et filoniens. Elle découle de nos observations faites durant l'étude de ces gîtes :

Malgré la présence de niveaux calcaires ou dolomitiques susceptibles d'être minéralisés dans la série sous-jacente au Complexe Volcanique, on remarque l'absence totale de concentrations minérales dans cette série (1300 m). D'autre part, la présence de couches imperméables (marnes jaunes et argiles cho-

colat) dans les séries qui surmontent les calcaires minéralisés, exclut que ces minéralisations soient d'origine supérieure.

Ces observations nous ont conduit à supposer que toutes les concentrations minérales qui se localisent dans les calcaires du Jurassique supérieur (Oxfordien supérieur, Kimméridgien) sont liées au Complexe Volcanique qui contient le gîte du minéral primaire (la pyrite) et qui, dans son ensemble, s'est montré fortement minéralisé.

Ainsi nous pensons pouvoir établir une filiation entre le gîte primaire du Complexe Volcanique et les gîtes secondaires dans les calcaires du Jurassique supérieur.

Pl. 23

Gite N° 23 Jebel Agra - Jel El Barouk

Minéralisations diffuses dans les calcaires jurassiques

1.0 MINERALISATIONS DIFFUSES DANS LES CALCAIRES JURASSIQUES.

1.1 INTRODUCTION.

Bien que ces minéralisations ne présentent aucune utilité pratique, nous les avons citées par simple intérêt scientifique. Elles se trouvent irrégulièrement réparties dans le massif des calcaires jurassiques, soit en filonets discontinus de quelques millimètres d'épaisseur, soit en blocs dont le diamètre atteint parfois 25 cm. Dans le chapitre préliminaire, liste de répartition des gîtes, nous avons donné six exemples de cette catégorie.

1.2 Exemple-type : JEBEL EL BAROUK N° 22 (Lieu-dit JEBEL AGRA)

Ce gîte se touve dans les calcaires callovo-oxfordiens de Jebel-el Barouk. Il est situé sur la feuille 1/50 000 JEZZINE d'après les coordonnées suivantes : x = 151,50 ; y = 202,20.

La minéralisation se trouve dans un banc de calcaire blanc compact, quasi stérile. Elle se présente sous forme de filonnets discontinus d'hématite brun foncé de 4 à 5 mm d'épaisseur.

Pour illustrer ce texte, nous avons donné une photo en couleur (pl. n° 23) d'un échantillon-type de ces gîtes. Par endroits on trouve des cristaux cubiques de pyrite, épigénisés en hématite.

1.2.1 GENESE.

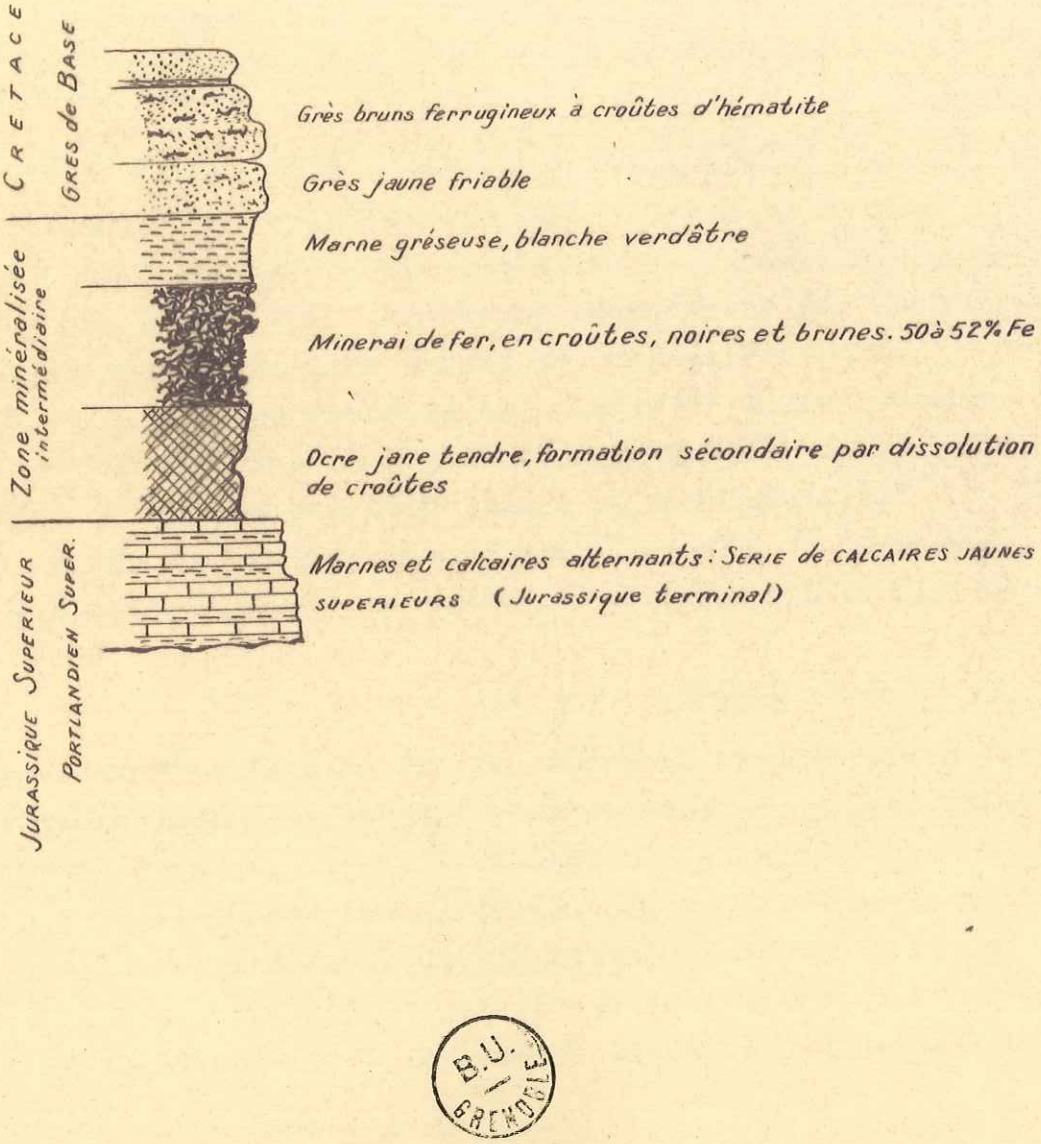
Il est fort probable que ces minéralisations sont dues aux circulations de petites quantités de solutions minéralisatrices à travers le massif calcaire. D'après les formes des gîtes, leur formation ne se trouve pas liée à un mécanisme de minéralisation bien défini. Nous n'avons pas pu déterminer l'origine certaine de ces minéralisations, et, par le fait même, la genèse devient difficile à expliquer. Cependant, d'après les formes de certains

Pl. 24

Gite N° 24 Croûtes d'hématite RAS EL METN W

Coupe stratigraphique de la série contenant le gîte

Ech. 1:100



B.U. GRENOBLE

cristaux, on peut admettre qu'il s'agit d'un dépôt de pyrite postérieurement épigénisée en hématite.

1.0 G I T E S DE M I G R A T I O N.

Par solutions descendantes.

Exemple-type : RAS EL METN W N° 24 (Croûtes d'hématite).

1.1 INTRODUCTION.

Ce gîte se place à environ 740 m d'altitude, sur la bordure nord du promontoire de Ras el Metn. Sur la feuille 1/50 000 de BEYROUTH, les coordonnées suivantes : x = 142,40 ; y = 212,80 indiquent le centre de concentrations minérales.

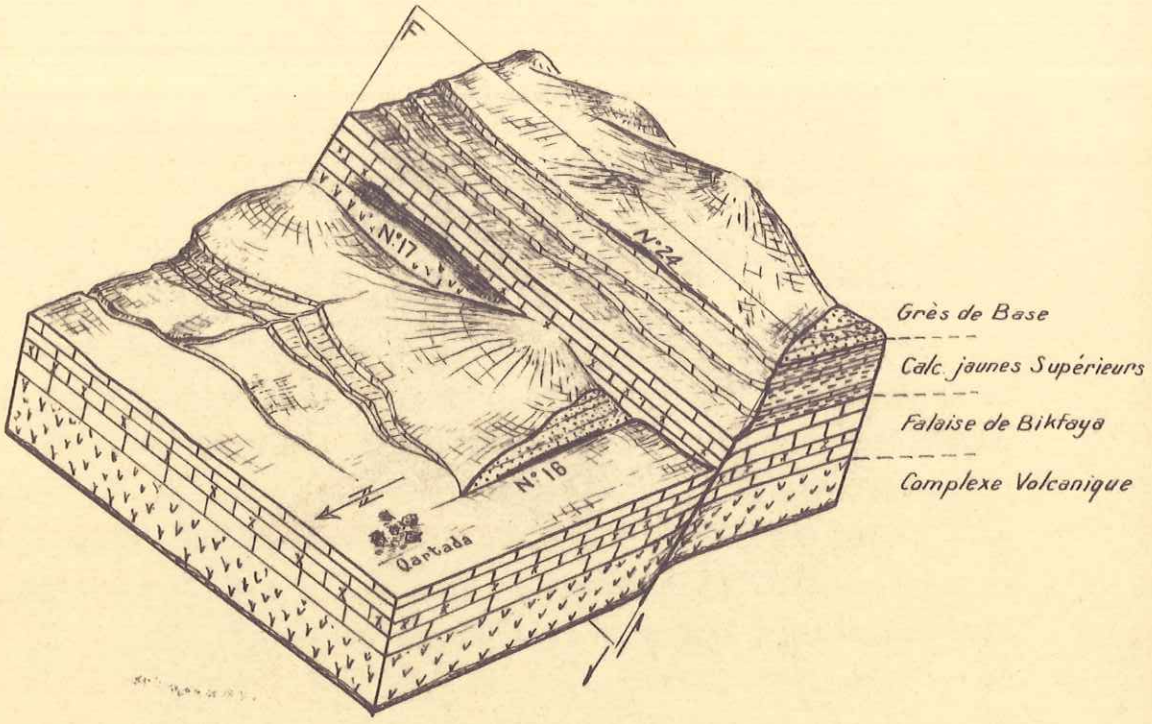
La région se trouve entaillée par des vallées profondes, orientées E-W, conséquence d'une forte érosion à travers le massif jurassique qui forme le noyau du Mont Liban.

1.2.1 GEOLOGIE : STRATIGRAPHIE.

La couche de croûtes d'hématite se trouve entre le toit des calcaires jaunes supérieurs (Jurassique terminal) et la base des Grès de Base (base du Crétacé) pl. n° 24. La série de calcaires jaunes supérieurs est constituée par une alternance de marne et de calcaire jaune à auréole bleue, de faciès franchement marin, tandis que les grès qui surmontent la couche d'hématite sont constitués par des sables rouges de faciès continental, à croûtes d'oxyde de fer, irrégulièrement réparties dans la série gréseuse. Pour donner une idée précise de l'allure du gîte, nous avons relevé une coupe détaillée à l'endroit même où les travaux de recherche ont eu lieu (voir pl. n° 24 et 25).

Pl. 25

Gites Nos 16 - 17 et 24



Stéréogramme de la bordure Ouest du promontoire de Ras El Metn

B.U. GRENOBLE

1.2.2 TECTONIQUE

La région prend un aspect tabulaire avec une légère inclinaison vers l'Ouest. Elle se place à environ 4 km à l'Est de la flexure occidentale du Liban. Elle est affectée par une série de failles transversales E-W, dont celle qui passe au Nord de notre gîte renferme le filon de Ras el Metn n° 17 et celui de Qartaba n° 16 sur une cassure perpendiculaire à son plan (pl. 25).

A l'exception de cette faille, le gîte même se trouve dans une zone tranquille où la série stratigraphique se poursuit normalement, sans coupure stratigraphique ou tectonique.

1.2.3 LE MINERAI.

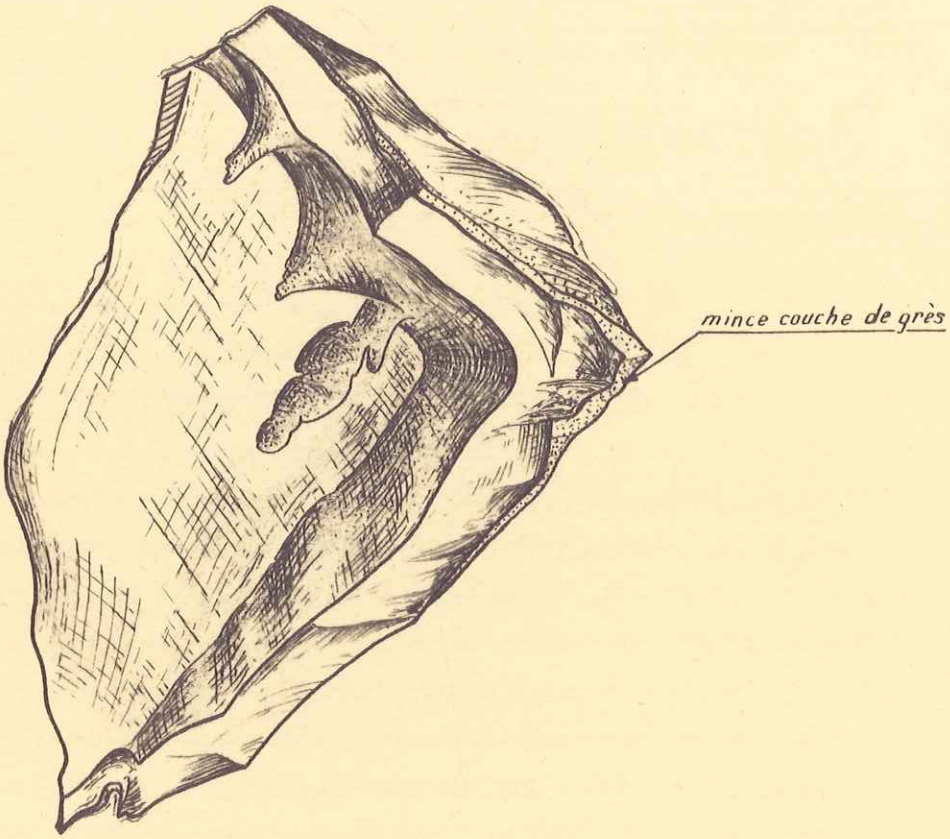
La couche de minerai dont la puissance atteint 1,60 m est constituée par des croûtes d'oxyde de fer de formes irrégulières. L'épaisseur de ces croûtes varie entre 0,50 cm et 2 cm ; elles sont enrobées d'une mince couche de sables siliceux fortement cimentés sur leurs parois. Les espaces vides ou cavités sont remplis par du sable rouge, de l'argile sableuse ou par de l'ocre jaune tendre. A l'intérieur de quelques croûtes prélevées dans la partie supérieure de la couche, on remarque la présence d'un processus tendant à la formation de stalagtites (pl. 26) ; sous la couche de croûtes, on constate la formation d'une couche d'ocre jaune de 1,5 m d'épaisseur ; son origine peut être attribuée à une dissolution secondaire du gîte originel.

Les analyses chimiques faites sur trois échantillons différents ont démontré que la teneur en fer oscille entre 50 et 52 % ; par contre la teneur en silice varie entre 15 et 35 %. D'après l'étude radiocristallographique, le minerai serait constitué presque entièrement par de l'hématite, avec un très faible pourcentage de goethite.

Pl. 26

Gite N° 24 Ras El Metn W

Couche d'hématite en croûtes



Croquis d'une croûte d'hématite à stalagtites

Ech. 3/4

B.U. GRENOBLE

1.2.4 GENESE.

L'abondance de croûtes d'oxyde de fer dans la série gréseuse qui surmonte la couche de minerai (pl. 24) aide à comprendre la paragénèse de ce gîte. Par phénomène de dissolution locale, la couche de grès jaune, friable, a dû livrer son oxyde sous forme de solutions ferriques, lesquelles se sont infiltrées pour se déposer plus bas en donnant naissance au gîte actuel. Pour étayer cette hypothèse, nous nous sommes basé sur deux arguments en sa faveur:

1° - la formation d'oxyde de fer sous forme de stalagtites, ce qui explique que les solutions étaient descendantes ;

2° - la présence de sable et de minces couches de grès sur les croûtes d'hématite dont l'origine ne peut être attribuée qu'à la série sablo-gréseuse qui surmonte le gîte (pl. n° 24).

1.2.5 CONCLUSION.

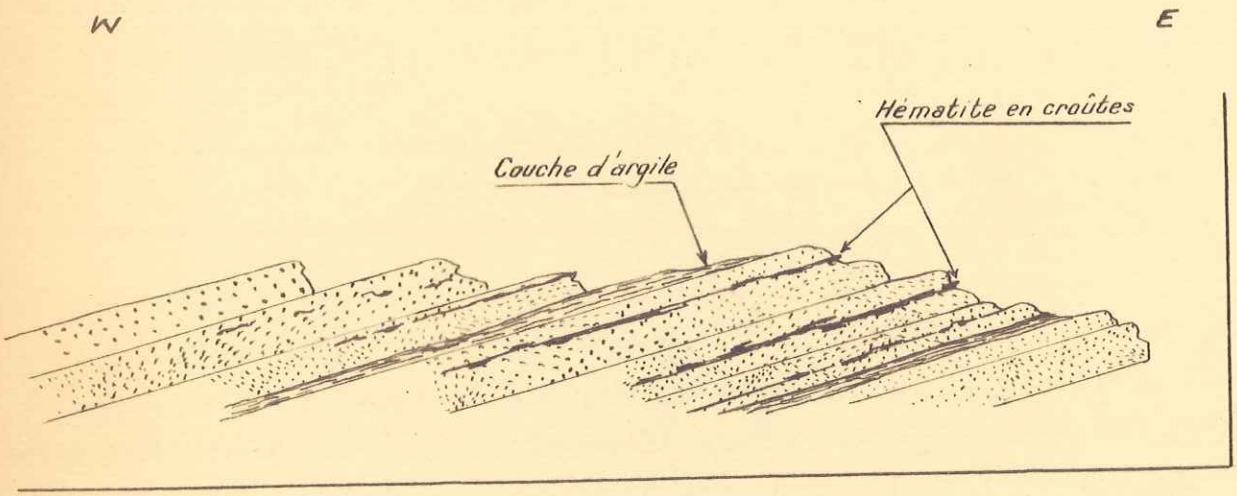
D'après la genèse, les oxydes qui se localisent dans les Grès de Base représentent le gîte primaire, origine de minéralisations. Bien qu'il se classe dans la catégorie des gîtes secondaires, celui-ci représente le type caractéristique du processus de descendum. Durant nos travaux de recherche, nous n'avons pas découvert d'autre gîte de ce type.

La minéralisation semble être locale, si bien qu'au bout d'une vingtaine de mètres la couche se termine en biseaux sur ses deux extrémités. Ainsi les réserves visibles ne dépassent pas les 2 000 tonnes. Cependant l'essai d'exploitation entrepris sans études préalables, lors de la découverte du gîte, fut abandonné par la suite, faute d'homogénéité du minerai et à cause des petites réserves visibles.

Pl. 27

GITE N° 25 DEÏR TAMICH

Croûtes d'hématite dans les GRES



Coupe croquis montrant la discontinuité de croûtes d'hématite dans les GRES de BASE

Ech. app. 1:1000

Epais. de croûtes exagérée 10 X

B.U. — GRENOBLE

Par solutions ascendantes.

Exemple-type : DEÏR TAMICH N° 25.

2.1 INTRODUCTION.

Ce type de minerai se trouve uniquement dans les Grès de base à la base du Crétacé. Il ne présente aucun intérêt pratique, cependant nous l'avons étudié, car il représente un exemple nouveauet différent des autres gîtes secondaires que nous venons d'étudier jusqu'ici.

Sur le versant occidental du Mont Liban, à l'endroit où les Grès de base affleurent au voisinage du couvent Deïr Tamich, nous avons prélevé un échantillon de ces croûtes que nous décrivons plus bas.

2.2 LE MINERAI.

Il est constitué par des croûtes d'hématite dont l'épaisseur varie entre 0,2 cm et 3 cm. Ces croûtes se présentent en général sous forme de couches discontinues qui s'intercalent entre deux bancs de grès d'épaisseurs variables ; par contre, au milieu des bancs gréseux, la présence de croûtes est beaucoup moins fréquente (pl. 27).

Constitué par de l'hématite brune, sa dureté atteint parfois 5 et contient en général des grains de quartz finement répartis à l'intérieur de croûtes. L'analyse chimique, faite sur l'échantillon de Deïr Tamich, a donné les résultats suivants :
P.F.= 8,8 % ; insoluble = 29,24 % ; Fe203 = 60,6 % ; Fe= 42,42 %.
Bien que le for présonte une teneur moyenne, le pourcentage d'insoluble paraît être très élevé.

2.3 GENESE.

D'après les formes de minéralisations et la nature de la roche encaissante (Grès continentaux ou sublittoraux), il nous paraît que la formation de ces croûtes d'hématite rappelle celle de chapeaux de fer qui se forment per ascendum durant la longue période de formation des Grès. Sous l'effet du climat désertique qui s'établissait alors, les solutions ferriques qui arrivaient par ascendance se déposaient sous forme de croûtes d'oxyde de fer dans les parties supérieures des bancs gréseux. Ainsi on trouve une alternance rythmique de bancs de grès rouges ou jaunes, séparés par de minces couches d'oxyde. Cette disposition suggère que la formation de croûtes se faisait d'une façon cyclique, si bien que la puissance de chaque banc de grès correspond à une période dont nous ignorons la durée, celle-ci suivie d'une autre période favorisant le processus d'ascendance et la formation de croûtes que nous rencontrons partout dans les Grès.

2.4 CONCLUSION.

Ce type de minerai se trouve disséminé dans toute la masse des Grès de base au Liban. Il représente un exemple typique de la formation des chapeaux de fer qui se produit sous l'effet d'un climat désertique. Bien qu'il ne soit pas d'intérêt pratique, il peut livrer occasionnellement des solutions donnant naissance à d'autres gîtes secondaires, tel le gîte de croûtes de Ras el Metn W n° 24, que nous avons étudié plus haut.

1.0 G I T E S R E S I D U E L S : Dissolution et concentration

1.1 INTRODUCTION.

Dans cette catégorie, nous avons groupé les gîtes dont la formation est due à la dissolution de gisements primaires ou secondaires ; le minerai est constitué par des concentrations irrégulières d'ocre jaune ou rouge compacte ou poudreuse.

Elles existent dans les gîtes métasomatiques aussi bien que dans les filoniens, plus rarement au voisinage de croûtes ferrugineuses dans les Grès de base.

Dans le gisement de Marjaba n° 7, les grandes quantités d'ocre, jadis abandonnées par les premiers exploitants, furent exploitées par la Marjaba Mining C° après la deuxième guerre mondiale, car elles contiennent jusqu'à 58 % de fer.

Le gîte de Bekkifa n° 26 donne un autre exemple de ce type de minéralisation ; son ocre fut exploitée pendant la deuxième guerre mondiale pour la fabrication de peinture.

1.2 GENESE.

Ce minerai, constitué entièrement par de l'ocre généralement tendre, représente le dépôt de dissolution des gîtes préexistants. Ceci est dû, généralement, aux infiltrations des eaux superficielles, lesquelles mettent en solution les oxydes des gîtes primaires pour les déposer sous forme de concentrations ocreuses dans des cavités avoisinantes. Ce phénomène, parfois intense, provoque un appauvrissement dans les gîtes primaires qui deviennent dégénérés et souvent inexploitables.

1.3 CONCLUSION.

Lorsque les quantités visibles paraissent être rémunératrices, ces gîtes font l'objet d'exploitation. En ce qui concerne

les nôtres, à part les petites exploitations qui ont eu lieu à Marjaba et à Bekkifa, aucun gîte ne possède de grandes réserves encourageantes pour la mise en place d'une exploitation importante et rentable.

1.0 GITES DE SUBSTITUTION.

1.1 GENERALITES.

Cette catégorie comprend les gîtes ferrifères dont la formation est attribuée au processus de substitution. Ce type de gîte se localise généralement dans les calcaires à pisolithes situés au toit du Jurassique ou à la base du Crétacé, si bien que cette situation stratigraphique se parallélise avec des éruptions volcaniques qui ont eu lieu ailleurs dans le pays.

Cependant un seul gîte fait exception au point de vue situation stratigraphique, bien qu'il représente l'exemple typique de ce genre de minéralisation. Il s'agit du gîte de BARTI N° 30 qui se place dans les calcaires supérieurs du Cénomanien et que nous présentons comme exemple-type.

1.2 Exemple-type : MINE DE BARTI, n° 30.

1.2.1 Introduction

Située sur la bordure orientale de la zone côtière, la mine de Barti représente le dernier gîte secondaire vers le Sud du pays. La région prend une allure pénéplanée et se trouve entaillée par des vallées jeunes orientées E-W.

La mine, elle, est représentée par une sorte de grotte naturelle dont l'entrée est située à 320 m d'altitude sur le versant sud de l'Ouadi el Hadid (vallée du Fer). Si l'on se repère sur la feuille 1/50 000 SAIDA, l'entrée de la mine serait fixée par les coordonnées suivantes : x = 127,20 ; y = 176,81.

Le centre du village dit Barti se trouve à 450 m au SW de la mine.

La présence de scories dans la région avoisinante suggère que la mine a fait autrefois l'objet d'une exploitation artisanale.

En 1938, sur la demande du propriétaire de la mine, Albert Von ERPE entreprend une étude assez détaillée. Il prospecte la "grotte" tunnel et étudie par forages à partir de la surface, l'étendue de la couche minéralisée. Il termine son rapport en classant le minerai en deux qualités : une contient de 35 à 40 % et une autre de 45 à 58 % de fer, en signalant l'absence totale de soufre et de phosphore. Sur les réserves, il estime qu'on peut tirer un million de tonnes au moins, pour cela la quantité de minerai supposée ne parviendrait qu'à 1,66 des déblais retirés.

1.2.2 Géologie : Stratigraphie et tectonique

La mine se trouve entièrement dans les calcaires supérieurs du Cénomanien dont les affleurements couvrent une grande superficie en dehors de la zone minéralisée ; les assises calcaires se superposent normalement, si bien qu'aucun problème stratigraphique ne se pose.

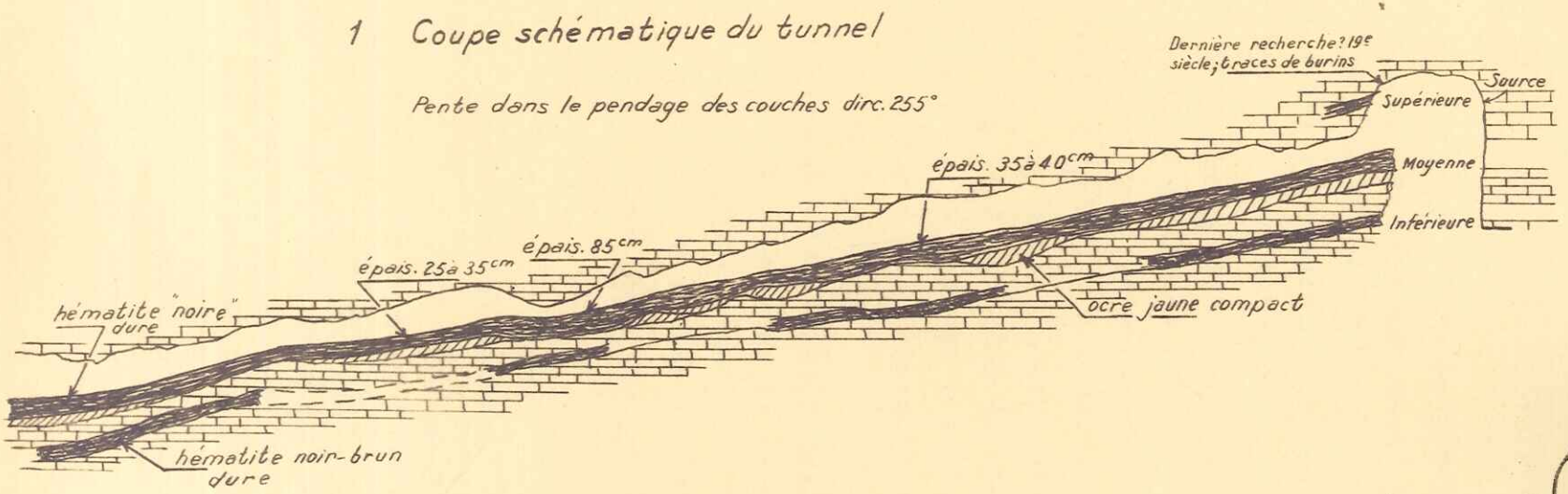
Du point de vue tectonique, l'ensemble de la région se place à l'Ouest de la flexure occidentale du Liban ; il fait partie de la zone côtière et prend un aspect tabulaire avec un léger pendage : 5° à 10° vers l'Ouest. Dans cette zone, que nous avons décrite dans le chapitre préliminaire sous "Cadre géologique", la tectonique est relativement simple. Cependant, elle se trouve affectée de temps en temps par quelques failles secondaires grossièrement orientées E-W.

Dans le secteur même qui comprend le gîte avec ses extensions minérales, on constate l'absence totale de tout accident tectonique ayant effet de compliquer la situation.

Ainsi, on constate qu'au point de vue purement géologique, ce gîte ne présente aucun problème stratigraphique ou tectonique.

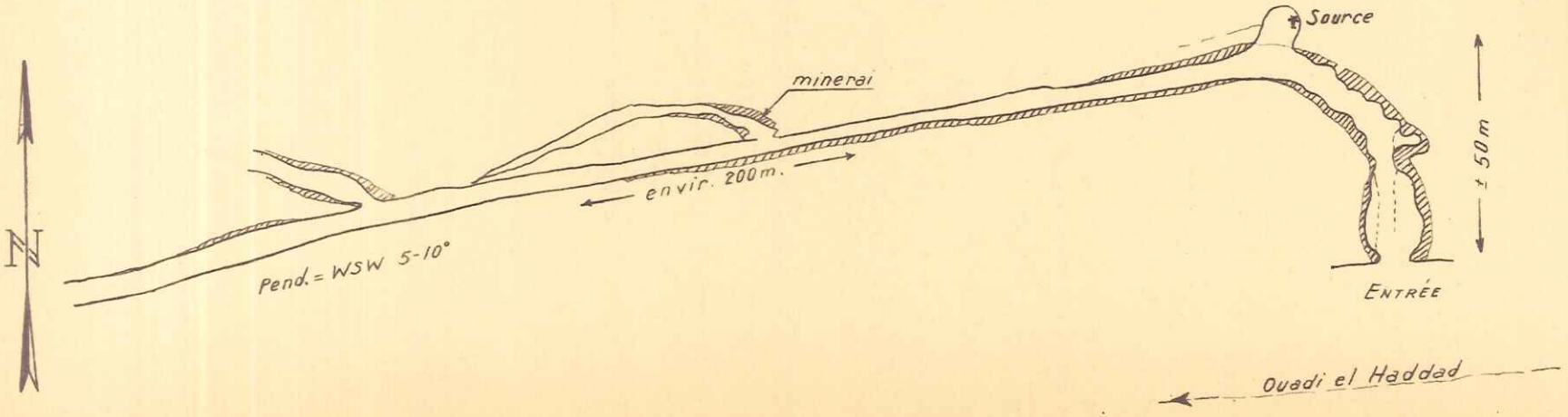
Gite N° 30 Mine De Barti

1 Coupe schématique du tunnel



B.U. GENÈVE

2 Plan schématique de la "grotte" tunnel



1.2.3 La Mine.

Découverte probablement aux temps préhistoriques, elle prend l'aspect d'une grotte naturelle. Située sur le versant nord de l'Ouadi el Hadid, le premier tronçon de ± 50 m est grossièrement orienté vers le Nord, puis, avec une courbure assez douce, elle quitte cette direction pour s'orienter vers 255° WSW sur une longueur de 200 m environ (pl. n° 28, fig. 2). Dans ce deuxième tronçon, le fond de la "grotte"-tunnel suit l'inclinaison des couches (5° à 10°) de sorte qu'on descend continuellement en progressant vers l'intérieur (pl. 28, fig. 1). Ses sections transversales très irrégulières donnent au tunnel l'aspect d'une grotte où circulaient autrefois des eaux souterraines (pl. 28, fig. 1).

1.2.4 Le Minerai.

Il se présente entrois couches d'oxyde de fer dur, séparées par du calcaire stérile. La couche moyenne qui constitue le gîte principal se poursuit tout au long du tunnel, avec une épaisseur qui varie entre 35 cm et 85 cm ; à sa base, on rencontre quelques concentrations d'ocre jaune, produit de dissolution secondaire. Les deux autres couches, supérieure et inférieure, ont une épaisseur très réduite, elles sont discontinues et de moindre importance (pl. 28, fig. 1).

Les analyses chimiques faites sur deux échantillons différents, prélevés du tunnel, ont donné les résultats suivants :

N° d'anal.	P.F. %	Ins. %	Fe2O3 %	Fe %	Al2O3 %	P2O5 %	S %
1	11,5	1,84	82,75	57,93	-	0,87	0,12
2	10,8	3,32	83,60	58,5	3,00	-	0

L'étude radiocristallographique a démontré que le minerai est constitué presque entièrement par de l'hématite. Aucune raie

caractéristique d'un autre minéral n'a été observée. Nous avons donc affaire à une hématite brune, dont la couleur parfois noire peut être attribuée à des traces de manganèse. La teneur des échantillons de surface oscille entre 35 et 40 % de Fe.

1.2.5 Genèse

D'après l'aspect actuel de la mine, il semble que la formation de trois couches d'hématite est due aux circulations de solutions minéralisatrices qui remontent à un passé très éloigné, peut-être au temps où le lit de l'Ouedi el Hadid était au même niveau que celui de la grotte. Quoiqu'il en soit, la formation de trois couches serait due à trois étapes successives. Au début de la formation de la grotte, les solutions minéralisatrices ont substitué un banc de calcaire pour former la couche supérieure d'hématite. La deuxième, plus intense, est responsable de la couche moyenne qui représente la concentration principale, la troisième, de moindre importance, représente la dernière étape. La fin de cette dernière étape correspond probablement à l'approfondissement du lit de l'Ouadi el Hadid, où les solutions minéralisatrices déviées de direction ne pouvaient plus circuler à l'intérieur de la grotte.

La formation de ce gîte s'explique par la transformation de carbonate de calcium en carbonate de fer, par remplacement moléculaire ; ainsi, dans la première phase, le CO_3Ca est remplacé par le CO_3Fe ou sidérose. Dans la deuxième phase, on assiste à l'évolution de la sidérose qui, par épigénisation, se transforme en hématite brune qui constitue le minerai actuel du gîte. L'hématisation atteint le stade ultime, si bien que les cristaux de sidérose deviennent rares ou même absents. Dans ce cas, le gîte primaire ou source de solutions minéralisatrices serait recherché dans les eaux torrentielles, souvent chargées d'une assez grande

quantité de fer en solution. Ces eaux sont parfois à l'origine de certains gîtes oolithiques par processus de substitution sous-marine.

1.2.6 Conclusion.

Etant la seule concentration ferrifère rencontrée dans le Crétacé supérieur, Barti représente l'exemple typique de gîte de substitution. Dans le paragraphe précédent, les facteurs que nous avons indiqué pour expliquer la formation de ce gîte représentent une hypothèse de travail qui découle de nos observations durant l'étude de la région.

Sans tenir compte de l'étude faite par A. von ERPE en 1938, dans laquelle il signale la présence d'un million de tonnes de minerai, nous estimons, d'après l'état actuel du gîte, que les quantités visibles ne dépassent pas les 10 000 tonnes dont la teneur oscille entre 35 et 58 % de Fe. Cependant, pour l'estimation des réserves probables, on devrait procéder à d'autres travaux de recherche plus approfondis, pour calculer les déblais stériles par rapport au minerai payant.

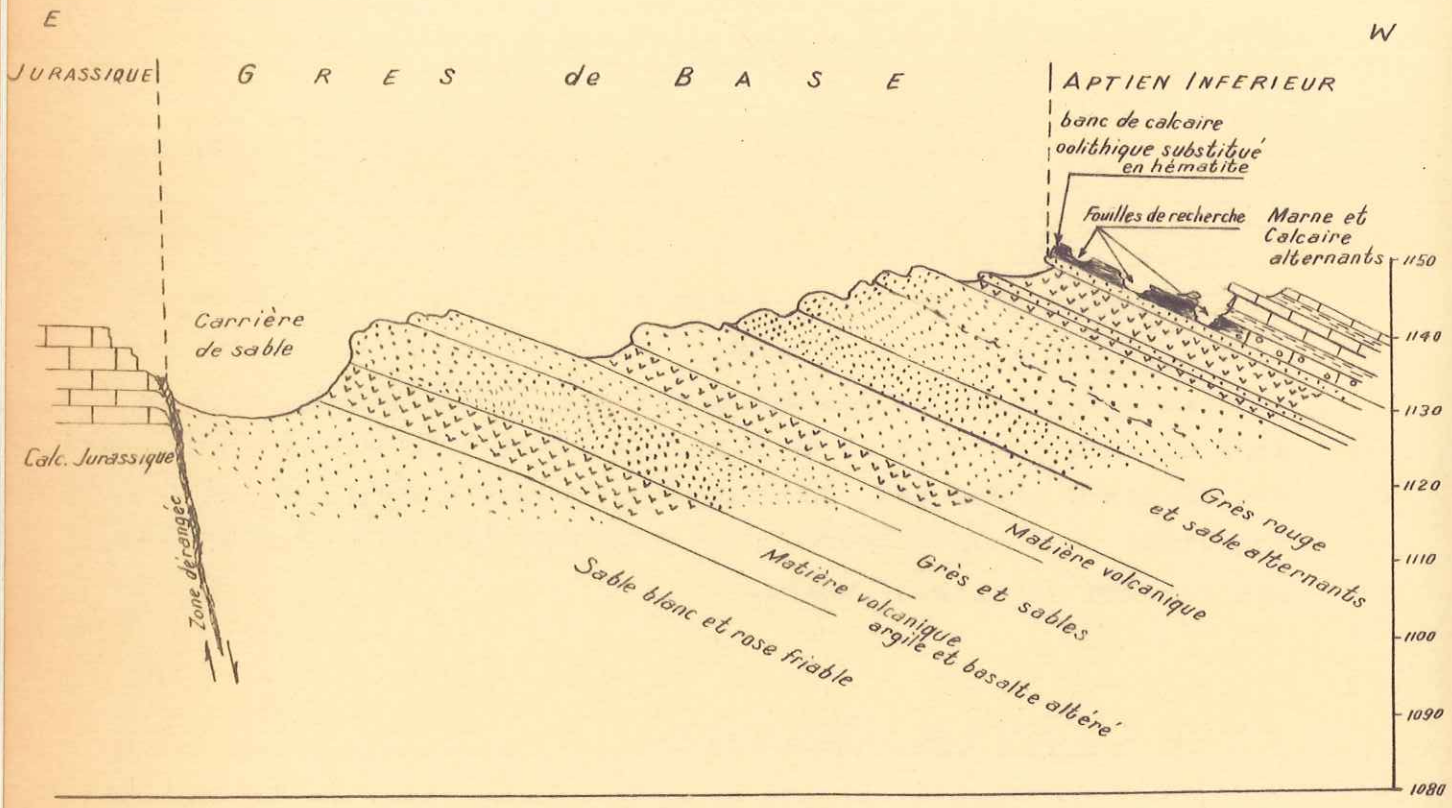
2.1 AUTRES GITES DE SUBSTITUTION.

Ils sont localisés dans le Crétacé inférieur et au toit du Jurassique. Il s'agit de couches de pisolithes originellement calcaires, substituées en hématite. Le gîte d'El BAROUK n° 28 représente un exemple de ces gîtes.

2.1.1 EL BAROUK EST, n° 28.

A 850 m à l'Est du village d'El Barouk, ce gîte est situé à 1 150 m d'altitude, au pied occidental du JEBEL el BAROUK. Sur

GITE N° 28 Village EL BAROUK E



Coupe à travers les GRES de BASE et l'APTIEN INFERIEUR à l'Est du village EL BAROUK

Ech. 1:1.000

B.U. GRENOBLE

la feuille 1/50 000 JEZZINE, le centre de minéralisations se fixe par les coordonnées suivantes : x = 146,05 ; y = 196,65.

Après sa découverte, quelques fouilles de recherche furent exécutées dans le but d'étudier l'extension de concentrations minérales et les possibilités d'exploitation.

2.1.2 GEOLOGIE: Stratigraphie et Tectonique.

La couche minéralisée est constituée originellement par un banc de calcaire jaune de 2,5 m d'épaisseur, à pisolithes de 2 à 11 mm de diamètre. Il est situé à la base de l'Aptien inférieur, au-dessus d'un banc de grès attribué au Grés de base. Ce dernier repose sur une couche de basalte rouge, ferrifère. Deux autres couches constituée par du basalte altéré s'intercalent dans la série sablo-gréseuse (pl. N° 29).

Au point de vue tectonique, à part la faille qui apparaît à l'Est de la coupe et qui relève les calcaires jurassiques au niveau des Grès de base, la région semble être tranquille, elle prend l'aspect d'un monoclinal, les étages se superposent normalement avec un pendage qui varie entre 15° et 20° vers l'Ouest (Pl. N° 29).

2.1.3 Le Minerai.

Il est constitué par de l'oxyde de fer dur, compact, noir ; dans les échantillons prélevés des fouilles de recherche, on constate la présence de formes pisolithiques noyées dans une pâte d'oxyde noir à grain de silice. En suivant ce gîte en direction Sud, on voit que la minéralisation diminue, puis s'arrête, l'assise minéralisée reprend sa constitution originelle et se présente en banc de calcaire à pisolithes. Notons qu'à la base de la couche minéralisée le minerai compact est d'aspect spongieux.

Les analyses chimiques faites sur deux échantillons différents ont donné les résultats suivants :

N°	% SiO2	% Fe2O3	% Fe	% Al2O3	% Al
1 Part.sup.	22,6	72,6	50,8	-	
2 Part.inf.	24,9	58,5	40,9	7,4	3,9

En section polie, les grains de quartz s'observent enrobés d'une pâte d'hématite.

2.1.4 Genèse.

La description que nous venons de donner du gîte, jointe aux observations faites sur le minerai indiquent que la minéralisation est due à un processus de substitution.

Dans ce cas, l'origine de solutions minéralisatrices peut être attribuée aux basaltes ferrifères sous-jacents. La présence de grains de quartz emportés par les solutions ascendantes vers la couche minéralisée vient en faveur de notre hypothèse. D'autre part, l'absence de gîtes ferrifères dans la série supérieure confirme une fois de plus que le gîte primaire se localise dans la série sous-jacente au gîte actuel.

Comme l'exemple précédent, le phénomène de substitution affecte un banc de calcaire à pisolithes par remplacement moléculaire. Cependant, la phase d'épigénisation de la sidérose en hématite atteint parfois le stade d'hydratation à l'intérieur d'individue pisolithiques. Ainsi on rencontre quelques pisolithes épigénisées en hématite à noyau de limonite.

2.1.5 Conclusion.

La forte teneur en silice 22,6 et 24,9 % exclut la possibilité d'exploitation à l'heure actuelle, d'autant plus que les quantités visibles ne paraissent pas être rémunératrices. Le but

de cette étude était d'intérêt scientifique, nous l'avons présenté comme deuxième exemple de gîte de substitution, car il représente des caractères différents de ceux de Barti étudié plus haut.

3.0 CONCLUSION GENERALE.

Dans cette première partie, consacrée à l'étude des gîtes magmatiques et secondaires, nous avons donné plusieurs exemples types de chacune des catégories.

En ce qui concerne les gîtes magmatiques dont la formation est en liaison directe avec les éruptions volcaniques, soit par ségrégation, soit par concentrations au sein du magma, nous avons démontré dans plusieurs exemples que leur étude ne dépasse pas l'intérêt scientifique comme maints autres gîtes secondaires. Bien que cette idée soit générale, on peut excepter les gîtes qui se localisent uniquement dans le Complexe volcanique, lequel s'est montré fortement minéralisé. L'analyse des quatre échantillons prélevés du Complexe dans la région de Dimane, au Liban Nord, montre la richesse de cet étage :

N°	SiO2 %	Fe %
2	26,7	41,1
5	25,6	42,1
6	24,9	34,7
7	27,4	39,8

La méthode d'enrichissement mise au point pour l'exploitation du gisement de Mont Reed au Canada [Jean-Paul DROLET, 13] consiste à traiter un minerai pauvre à 35 % de fer pour obtenir un produit concentré à 60 %. Une autre méthode d'enrichissement par voie chimique, découverte par Eugène HERZOG [17] en France,

sera probablement appliquée pour l'exploitation de gîtes siliceux. Il est certain que le choix de la méthode dépend des propriétés physico-chimiques du minerai. Cependant, si une des méthodes pouvait être adoptée, on aurait plusieurs milliers de tonnes facilement exploitables avant d'épuiser les réserves du Complexe volcanique.

Dans l'étude des gîtes secondaires, nous avons constaté l'existence de plusieurs catégories. En les étudiant, nous avons pu dégager un certain nombre de faits géologiques qui nous ont aidé à la compréhension de la genèse des gîtes-types.

Ainsi nous avons vu que le Complexe volcanique représente le gîte primaire (source de minéralisation) de tous les gîtes métasomatiques ou filoniens qui se localisent dans les calcaires du Jurassique supérieur, et qui sont en relation avec des phénomènes tectoniques.

Pour les autres gîtes secondaires dont l'existence est due aux processus de dissolution, ascendance ou descendance, nous avons démontré que leur formation était en fonction des conditions atmosphériques, plutôt qu'à des phénomènes purement géologiques, principalement les concentrations d'ocre tendre et la formation secondaire de croûtes d'hématite.

Beaucoup moins fréquents seraient les gîtes de substitution. Ceux-ci doivent leur formation à des solutions d'origines différentes, comme nous l'avons démontré dans les deux exemples-types Barti n° 30, El Barouk Est n° 28, en étudiant cette catégorie.

Ce travail a por mis d'établir un premier inventaire et de faire une classification systématique des 30 gîtes différents, documents que nous estimons nécessaires pour toute recherche ultérieure et but principal de la présente étude.

Il a montré la présence de différentes catégories avec les possibilités minimes d'exploitation, pour un total d'environ 25 000 tonnes de réserves visibles dans l'ensemble des gîtes secondaires.

Ainsi, nous terminons l'étude des gîtes magmatiques et secondaires. Nous passons ensuite à la deuxième partie, consacrée à l'étude des gisements oolithiques.

DEUXIEME PARTIE

G I T E S O O L I T H I Q U E S

CHAPITRE I.

- Introduction
- Description géographique sommaire des bassins
- Les Minerais
- Matériaux détritiques.

CHAPITRE II.

Les bassins ferrifères

- Liban Nord
- Liban Central
- Anti-Liban
- Genèse des gisements oolithiques
- Conclusion.

CHAPITRE III.

- Réserves des pays méditerranéens
- Enrichissement et possibilités d'exploitation
- Conclusion générale.

CHAPITRE I.

1.1 INTRODUCTION.

L'étude des gîtes oolithiques que nous présentons dans cette partie, peut être considérée comme la première de son genre parmi les différents travaux sur la géologie du pays.

Bien que les réserves de minerai de fer oolithique de l'Aptien soient assez abondantes et qu'elles méritent, à l'échelle de ressources minérales, une étude sérieuse, les travaux de recherche ne furent entrepris qu'au début de l'année 1956.

A cette époque, et avant d'avoir déterminé les limites du bassin du Liban Nord et celles du bassin de l'Anti-Liban, nous avons eu l'occasion d'étudier le gisement de DAHR EL BAÏDAR, situé dans le bassin du Liban Central. A la suite de ce travail, nous avons étendu nos travaux sur toute la région. Ceci nous a permis de constater l'extension de la couche ferrifère, d'étudier ses variations d'épaisseur et de teneurs, et de délimiter le bassin contenant plusieurs plages semblables.

Ainsi l'attention fut attirée vers le Liban Nord, où l'on parlait de la présence de gîtes ferrifères dans la région de FNAÏDEQ et à l'Est de HRAR. Dans cette région, la première étude fut entreprise sur le gisement d'ER RASSIF dont le centre est situé à 2 km au SE de Fnaïdeq. Puis, ont suivi plus tard, mais moins détaillées, les études des autres gisements de ce bassin.

Durant nos travaux de recherche pour la Compagnie Libanaise des Pétroles (1950-1952), nous avons constaté la présence de la couche d'oolithes ferrugineuses dans l'Aptien, à l'entre du villa-

ge d'AIN AARAB, situé sur le pied occidental de l'Anti-Liban. Cependant, l'étude de ce gisement n'a été faite qu'au cours de l'été 1961. Cette étude, que nous estimions préliminaire, fut accompagnée de quelques travaux de recherche : fouilles, tranchées et analyses, dont les résultats ont permis de délimiter le bassin de l'Anti-Liban et de lui donner une valeur provisoire.

Nous présentons ce travail sans avoir la prétention de constituer une oeuvre définitive ; nous dirons même que nous sommes au début d'une campagne de recherche ; plusieurs points pourront être l'objet d'études approfondies, pour aboutir aux résultats finals et décisifs, et particulièrement en ce qui concerne les réserves visibles et les possibilités d'exploitation.

1.2 DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE SOMMAIRE DES BASSINS.

Avant d'entreprendre l'étude des gisements oolithiques, nous donnons une description sommaire des bassins.

A la fin du chapitre préliminaire, consacré à la classification des gîtes, nous avons vu aux paragraphes 5.3.1,2 et 3, que les gisements de minerai oolithique se divisent entre les trois bassins suivants :

- Le bassin du Liban Nord
- Le bassin du Liban Central
- Le bassin de l'Anti-Liban.

Pour donner une idée générale sur l'aspect des trois bassins que nous détaillerons plus tard, nous donnons ici une description rapide de chacun, en commençant par celui du Liban Nord.

1.2.1 BASSIN DU LIBAN NORD

Contenant plusieurs gisements, il se place sur la bordure septentrionale du dôme jurassique de SIR ED DANIEH au Liban Nord. L'altitude des différents gisements du bassin varie entre 500 m à Tikrite et 2 000 m à Harf-El-Barbriss. Ses gisements les plus importants sont : Hrar, Ez Zaaroura et Er Rassif que nous étudierons plus loin comme exemple-type. Ces trois localités sont liées à la côte par la route asphaltée Tripoli-Fnaïdeq dont la longueur est de 35 km environ.

1.2.2 BASSIN DU LIBAN CENTRAL.

Ce bassin se place dans une région tabulaire ; il est formé de plusieurs plages séparées par des vallées jeunes, de profils moyens assez forts. Les bords érodés de ces plages dressent par endroits une succession de falaises dont la Falaise de Blanche est la plus importante, dominant des retombées vers les vallées. L'altitude moyenne des différents gisements varie entre 700 et 1 400 m. Un réseau routier très développé relie les gisements à la côte par la grande route de Beyrouth dont la longueur varie entre 35 et 40 km. Vu la faible couverture de morts-terrains, une grande partie du minerai peut être exploitée à ciel ouvert. D'autre part, la présence d'un important réseau hydrographique facilite l'évacuation des remblais vers les vallées avoisinantes aux lieux d'exploitations.

1.2.3 BASSIN DE L'ANTI-LIBAN.

Il s'étend sur presque 15 km de longueur sur la bordure SE du synclinal de Libbaya-Kamed el Laouz. La couche d'oolithes affleure entre 1 070 m et 1 350 m d'altitude en direction SW-NE. Du Sud vers le Nord, elle passe au voisinage des villages suivants :

Dahr el Ahmar, Kafer Danis, Aïn Aarab, Mdoukha et Aïta el Foukhar. Une route asphaltée de 60 km de longueur relie le gisement à la côte.

Les affleurements plongent vers le NW avec un pendage qui varie entre 12° et 25°. Dans quatre lieux différents, des routes asphaltées qui longent par endroits des vallées transversales conduisent aux affleurements de la couche minéralisée.

Après cette description succincte des bassins ferrifères, nous passons à l'étude du minerai. Cette étude englobe les différentes qualités rencontrées dans les trois bassins. Bien qu'elle soit générale, elle peut être valable pour tous les gisements étudiés dont la formation est due à une même genèse.

1.3 LES MINERAIS

1.3.1 TYPE OOLITHE

Les analyses complètes ou même sommaires de tous les échantillons ont montré le rôle important joué par l'oxyde ferrique Fe2O3 plus ou moins hydraté. Il figure surtout dans l'oolithe qui représente l'élément essentiel des gîtes sédimentaires. Elle renferme et concentre en elle-même la plus grande partie de fer, particulièrement quand les espaces interoolithiques ne sont pas ferrugineux. Cependant, selon toute vraisemblance, le fer peut se répandre largement dans l'espace interoolithique dans le cas de couches à ciment ocreux (bassin de l'Anti-Liban). La fome des oolithes est généralement ellipsoïdale, de diamètre 0,5 mm à

1,2 mm, en section polie et sous un grossissement de 12 à 20 fois, on constate une structure concentrique bien marquée, autour d'un noyau dont la nature est très variable. Sur les sections polies que nous avons étudiées, nous n'avons pas remarqué la présence de grains de quartz formant les noyaux d'oolithes ; nous pensons que la concentration minérale s'est formée autour d'un fragment de coquillage ou d'organisme calcaire, lequel s'est substitué en goethite ou en hématite facilement reconnaissable au microscope métallographique. Les formes quasi-globuleuses sont très rares et généralement de diamètre plus petit. La présence de pisolithes accompagnant les oolithes n'a pas été constatée dans les gisements étudiés.

La couleur des oolithes varie d'une localité à l'autre, du rouge au brun verdâtre et même au noir.

1.3.2 TYPE OVOÏDE.

D'autres concentrations, moins fréquentes dans les gîtes mais non moins importantes au point de vue teneur : les "ovoïdes", de diamètre variant entre 2 et 4 cm, ont une structure concentrique zonée semblable à celle des oolithes, mais nettement visible à l'oeil nu. En général, on remarque que les couches concentriques se sont formées autour d'un noyau siliceux (planche n° 30).

La coupe transversale de l'ovoïde aplatie que nous reproduisons sur la planche n° 30 montre que la silice formant le noyau a giclé à travers les cassures des couches concentriques déformées. Ce phénomène d'aplatissement subséquent, résulte d'une pression verticale due au poids des sédiments sus-jacents. Ceci nous conduit à admettre que les couches concentriques, ainsi que la zone corticale, se sont durcies au moment où le noyau siliceux était encore à l'état de gel et que la silice s'est vraisemblable-

ment formée in situ. Les oolithes cimentées sur la face extérieure de l'ovoïde suggèrent que la formation de cette dernière est syncontemporaine de celle des oolithes ou légèrement postérieure.

Parfois, un phénomène d'altération postérieure agit sur la formation des ovoïdes, le noyau siliceux est redissout ainsi que plusieurs couches concentriques tendres. Il arrive aussi qu'un remplissage de sidérose vienne se substituer aux enveloppes corticales, ce qui fait qu'à l'intérieur de l'ovoïde on trouve un emboîtement de couches dures séparées par des espaces libres, ou remplis secondairement d'ocre jaune ou rouge ou de sidérose.

1.3.3 TYPE CROUTES.

Une troisième espèce se rencontre dans les gîtes : les croûtes d'oxyde de fer. De formation secondaire, ces croûtes ont des formes très irrégulières ; dans une série ferruginuese, leur formation n'est pas liée exclusivement à un horizon caractéristique ou différentiel. Elles sont irrégulièrement réparties dans les intercalaires d'un faisceau de couches ferrugineuses ; leur formation est fréquente dans les gîtes qui, depuis longtemps, furent exposés aux altérations superficielles.

L'épaisseur d'une croûte ferrugineuse varie entre 2 mm et 12 mm, elles sont très dures et compactes, en section polie et sous un grossissement qui varie entre 6 et 12 fois, l'individualité des oolithes est bien affirmée, au milieu d'un ciment dur d'hématite on distingue les centres d'orientation et les contours elliptiques d'individus oolithiques qui n'étaient pas entièrement épigénisés. Le noyau n'est pas toujours discernable, cependant parfois, le centre implique sa présence par l'indépendance de sa nature chimique des enveloppes corticales.

Cette croûte a une écorce plus rouillée, jaunâtre, sur laquelle on peut voir un grand nombre d'oolithes souvent assez gros-

sières, brunes noirâtres et en relief dans leur ciment limonitique, de sorte que la partie superficielle de ces croûtes a un aspect scoriacé. En comparant la structure intime de cette écorce avec la croûte proprement dite, on constate alors que, dans l'écorce, les oolithes répondent parfaitement à la description-type avec des enveloppes concentriques et qu'elles sont soudées par de la limonite peu indurée, alors que nous rappelons, dans le coeur de la croûte, que tout est épigénisé en hématite et il n'est guère que la forme ellipsoïdale qui s'est conservée. Il s'ensuit qu'on peut penser à une épigénisation centripète de l'écorce vers l'intérieur de la croûte, avec hématisation croissante.

Par rapport à la richesse des gîtes, ces croûtes représentent un phénomène de concentration secondaire ; leur teneur en fer peut atteindre 50 % et parfois même 53,2 %. De tels morceaux de minerai ont attiré l'attention du premier prospecteur qui, en les faisant analyser, l'avait conduit à des conclusions erronées sur la valeur économique du gisement.

1.3.4 TYPE OCRE.

Une quatrième et dernière espèce de minerai se rencontre dans les gîtes sédimentaires, mais à titre secondaire, c'est l'"ocre". Bien qu'elle ne se rencontre pas en couches épaisses ou en masses très volumineuses, l'ocre joue un rôle prépondérant dans l'enrichissement des gisements, spécialement quand elle remplace l'argile comme ciment dans les espaces interoolithiques. Elle hausse sensiblement la teneur en fer et abaisse celle de l'insoluble. De couleur jaune, ou jaune rougeâtre, très tendre ou poudreuse, elle se rencontre dans les couches oolithiques, à l'intérieur des ovoïdes altérées ou irrégulièrement répartie au voisinage des croûtes secondaires.

1.3.5 ANALYSES RADIOCRISTALLOGRAPHIQUES.

L'étude de 15 échantillons différents, prélevés des trois bassins, a montré sur tous les diagrammes, la présence de plusieurs raies caractéristiques de goethite accompagnées de quelques raies secondaires d'hématite.

Cette observation nous a permis de considérer que notre minerai oolithique est essentiellement constitué par de la goethite, qui est une limonite concrétionnée, ou hématite brune hydratée, et en partie par de la limonite amorphe, non figurée sur les diagrammes. En général, la sidérose est extrêmement rare ou absente ; de plus, on remarque l'absence totale de magnétite et d'oligiste.

1.4 MATERIAUX DETRITIQUES.

1.4.1 SILICE, DEBRIS ORGANIQUES et CIMENT.

Sans que ceci soit général, nous avons eu l'occasion de constater que l'oolithe ne s'est pas édifiée in situ. Dans le bassin de l'Anti-Liban, les oolithes antérieurement formées se sont déposées dans les cavités d'un banc de calcaire jaune qui représente le mur de la couche ferrifère.

Dans cette étude, nous réservons le nom de matériaux détritiques aux autres éléments grenus dont le caractère s'impose à l'observateur. Ces matériaux sont : la silice en forme de grains de quartz, et les débris organiques.

Pour la silice, nous avons précisé "en forme de grains de quartz", car l'étude de ces mêmes échantillons aux Rayons X a montré la présence de quartz, mais en quantités nettement inférieures à celles fournies par les analyses chimiques. Ceci nous fait penser qu'une partie de la silice figurée dans les analyses chimiques se présente sous la forme de grains de quartz détritiques, visibles à l'oeil dnu et identifiés aux Rayons X par leurs

pics caractéristiques, tandis que l'autre partie qui s'est probablement formée in situ est de structure amorphe. Elle entre dans la composition du ciment souvent argileux pour donner la "pyrophyllite", silicate hydraté d'alumine Al2 [(OH)2/Si4O10], dont les pics caractéristiques sont très développés sur les diagrammes d'échantillons étudiés.

En ce qui concerne les débris organiques, leur présence ne s'impose pas régulièrement dans tous les gisements. Cependant, on rencontre de temps à autre des débris de coquillages, Huîtres ou Oursins, qui parsèment la couche ferrifère. Dans le gisement de l'Anti-Liban, on remarque que le toit de la couche est constitué par un banc de calcaire rouge ferrugineux, à Bivalves et Huîtres ; plus rarement des moules internes de Bivalves entièrement constitués d'oolithes, se rencontrent au milieu de la couche.

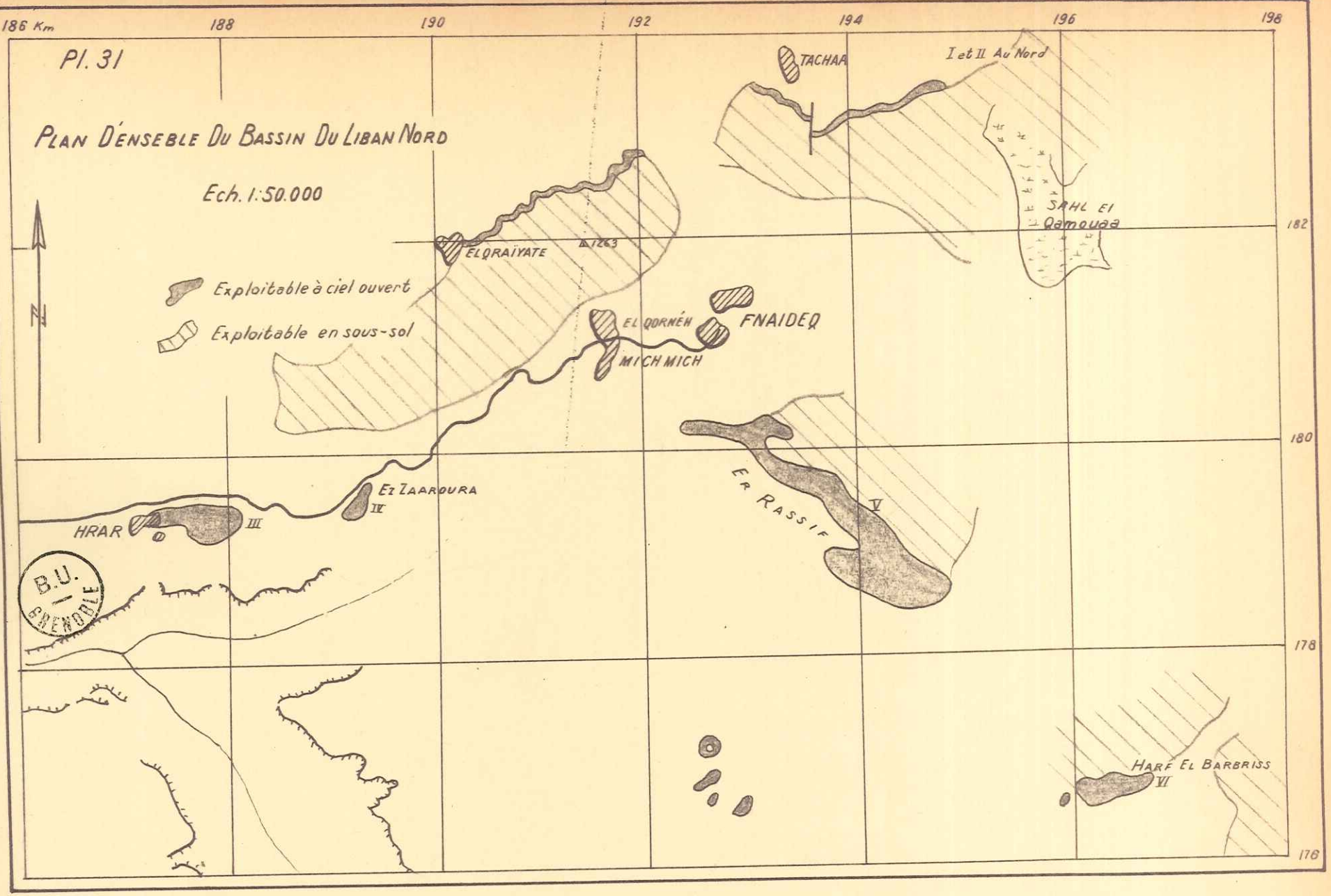
La nature du ciment qui occupe les espaces interoolithiques est en fonction de l'apport et du milieu. Il est argileux, argilo-siliceux et souvent ocreux. Il présente une variation latérale et continue entre les différents gisements d'un même bassin.

Ayant terminé la description des différentes espèces de minerai et de matériaux accompagnants, nous passons à l'étude des bassins.

Pl. 31

Plan D'ensemble Du Bassin Du Liban Nord

Ech. 1:50.000



CHAPITRE II.

ETUDE DES BASSINS.

1.0 BASSIN DU LIBAN NORD.

1.1 INTRODUCTION.

A la fin du chapitre préliminaire, paragraphe 5.3.1, nous avons vu que le bassin du Liban Nord comporte 6 gisements principaux, séparés par des zones érodées et stériles.

Dans cette partie, consacrée à l'étude du bassin, nous donnons comme exemple-type le gisement n° V, situé au SE de FNAÏDEQ à Qornet er Rassif (pl. N° 31). Au début, les travaux de recherche furent concentrés sur ce gisement à cause de son importance par rapport aux autres alors moins connus. Cependant, le gisement d'EZ ZAAROURA et celui de HRAR se sont montrés d'une valeur non négligeable à la suite des travaux de recherche.

1.2 GISEMENT N° V - ER RASSIF.

Situé au Sud de Fnaïdeq, le gisement d'Er Rassif se présente de forme allongée, grossièrement orienté SE-NW (pl. 32). Deux vallées longitudinales creusent leur lit de part et d'autre du gisement, lequel se place sur un plateau médian de 150 à 200 m de largeur (dans la partie sud, 400 m). La limite SE du gisement atteint 1 520 m d'altitude, tandis que la bordure SW suit la cote 1 140. Cette différence d'altitude donne au plateau, ainsi qu'au gisement même, une inclinaison moyenne de 10° vers le NW.

192 193 194

282 281 280 279 278

Pl. 32

FNAÏDEQ

TRIPOLI

E. BOULIS DE COULÉES

ROCAILLEUSES

ER RASSIF

ER REJM

1150 1200 1250 1300 1350 1400 1500

Plan du gisement d'Er Rassif

Ech. 1:10.000

- Aptien supérieur et Falaise de Blanche
- Aptien inférieur
- Jurassique supérieur - calcaire
- Coulée basaltique de Jbab
- Affleurements du minerai
- VI Tranchée de recherche
- B —·—·— B Tracé de coupe géologique

Pl. 32

FNAÏDEQ

TRIPOLI

FT. BOULIS DE COULÉES

ROCAILLEUSES

ER RASSIF

ER REJM

(Aptien supér.) Volcan de Jbab

1150 1200 1250 1300 1350 1400 1450 1500

A B C D E F G H I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII XIII

Sce

...n du gisement d'ER RASSIF

Ech. 1:10.000

- Aptien supérieur et FALAISE de BLANCHE
- Aptien inférieur
- Jurassique supérieur - calcaire
- Coulée basaltique de Jbab
- Affleurements du minerai
- VI Tranchée de recherche
- B —·—·— B Tracé de coupe géologique

GRENOBLE

Un sentier muletier de 1,5 km de longueur relie le gisement à la route asphaltée passant par le village de Fnaïdeq.

Dès l'abord, nous rappelons que, dans les trois bassins, il existe dans l'Aptien un seul faisceau argilo-siliceux. Il est composé de plusieurs couches d'oolithes ou de croûtes ferrifères superposées dont l'épaisseur totale varie entre 2,5 m et 7 m. Exceptionnellement, on rencontre une couche à oolithes qui se trouve séparée du faisceau principal par une série marno-calcaire stérile. Les recherches et études géologiques ont démontré qu'à part le gisement de l'Aptien, la série stratigraphique ne contient pas d'autres gîtes sédimentaires.

1.2.1 GEOLOGIE : STRATIGRAPHIE.

Au Liban Nord, l'orogénèse jurassique se fait remarquer par l'absence des Calcaires jaunes supérieurs attribués au Portlandien et par les dépôts des grès continentaux (Grès de base) sur une ancienne surface d'érosion.

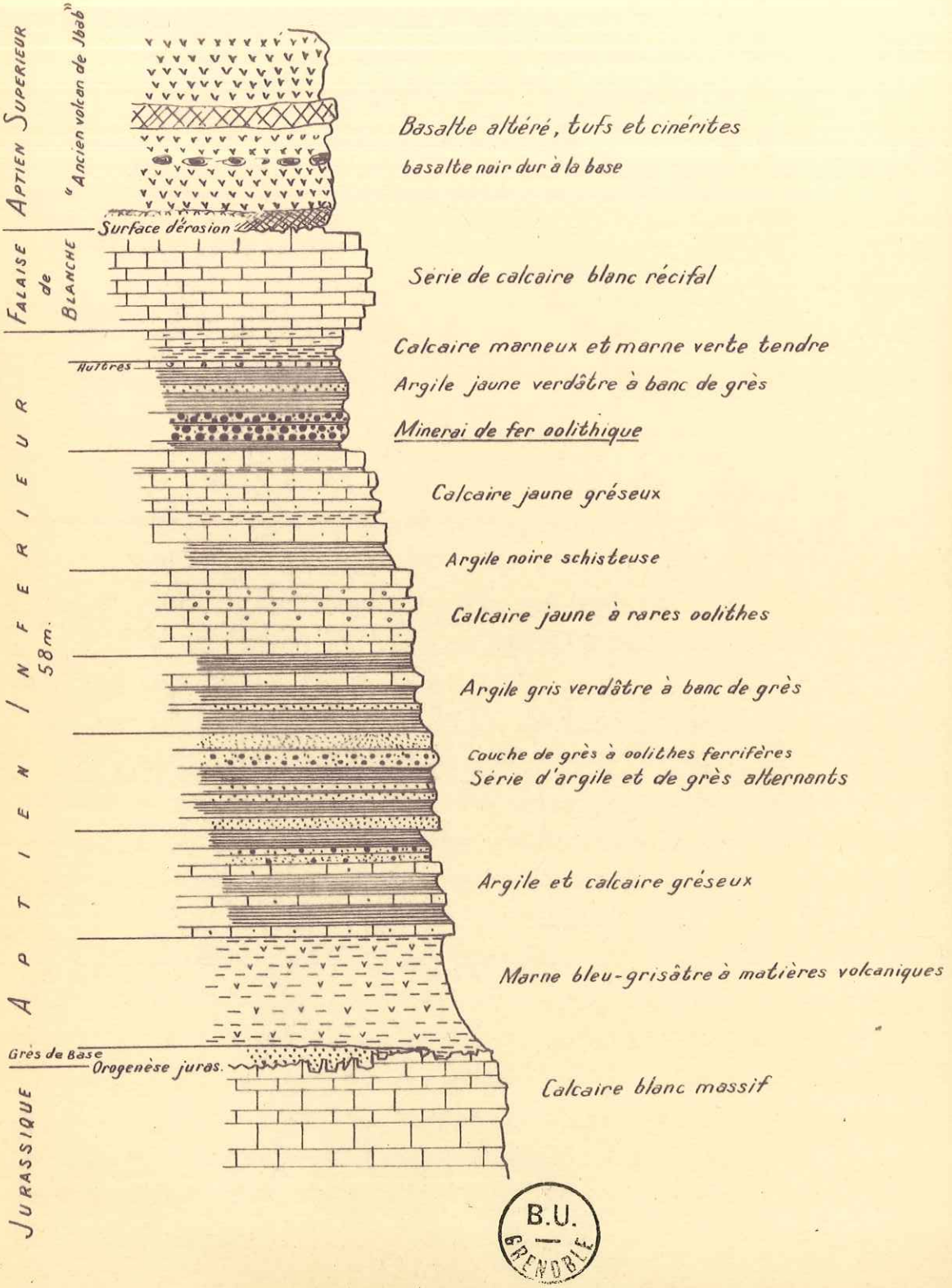
Dans notre région, les Grès de base, dont la puissance ne dépasse pas les 12 mètres, reposent sur les calcaires massifs du Jurassique supérieur, inégalement érodés. Entre les Grès et l'Aptien inférieur s'intercale une série de marne bleue grisâtre de 10 m d'épaisseur, constituée par une matière volcanique altérée ; elle rappelle la présence d'un épisode volcanique déjà mis en évidence à la même époque dans d'autres régions.

Cette série marneuse, que nous avons placée à la base de l'Aptien inférieur, marque le début de la transgression crétacée ; par endroits, elle repose directement sur le Jurassique préérodé avec absence totale des Grès (pl. N° 33).

A ces marnes succède l'Aptien inférieur avec 50 m d'épaisseur ; de faciès néritique, sa partie inférieure est constituée

Pl. 33

Coupe stratigraphique de la région de FNAIDEQ
gisement ER RASSIF
Ech. 1:500



B.U. GRENOBLE

par une alternance d'argile et de grès à concrétions ferrugineuses, tandis que dans la partie supérieure, qui renferme le gisement ferrifère, on remarque l'absence des grès et la prédominance des calcaires détritiques avec quelques intercalations argileuses.

L'Aptien inférieur se termine par une couche de marne verte tendre, sur laquelle repose la Falaise de Blanche, terme moyen de l'Aptien. De faciès récifal et d'épaisseur constante (40 à 45 m, la falaise représente un banc-repère dans la stratigraphie du pays. Dans cette région, la partie supérieure de la Falaise, l'Aptien supérieur et l'Albien inférieur sont remplacés par la coulée basaltique du volcan de JBAB qui a eu lieu au toit de la falaise (pl. N° 33).

La cheminée de ce volcan dont l'extension de la coulée dépasse 20 km de rayon, perce à travers les calcaires jurassiques et se place entre 200 et 300 m au Sud de la bordure SE du gisement (pl. n° 32).

Dans le gisement d'Er Rassif que nous présentons comme exemple-type, aussi bien que dans les autres gisements, le faisceau de couches ferrifères est situé au sommet de l'Aptien inférieur. Cependant, entre le toit du faisceau et la base de la Falaise de Blanche s'intercale une série d'argile, de marne et de calcaires alternants de 6,5 m d'épaisseur. Pour étudier la stratigraphie du gisement, nous avons relevé une coupe détaillée dans la gorge d'Ech Chalqa dont les résultats se trouvent sur la planche n° 34.

Les coupes que nous avons présentées résument la composition d'ensemble de la série stratigraphique et placent le faisceau au sommet de l'Aptien inférieur. Cet étage transgressif sur les Grès de base renferme la première série marine après l'orogénèse juras-

sique, les caractères lithologiques des sédiments représentent le faciès-type d'un dépôt néritique lors d'une lente transgression.

Dès à présent, nous constatons que les oolithes ferrifères se sont formées dans une mer assez agitée et peu profonde non loin du littoral.

1.2.2 TECTONIQUE.

La région étudiée se place sur la bordure septentrionale du dôme jurassique de SIR ED DANIEH, lequel est situé dans la partie nord du Mont Liban.

Autour du noyau jurassique, affleure en anneau la série du Crétacé inférieur ; les couches de cette série s'inclinent vers toutes les directions en pendage rayonnant par rapport au centre subhorizontal du dôme. Par endroits, quelques failles transverses affectent la série crétacée et les calcaires jurassiques sous-jacents.

Dans la région de SIR, partie SW du dôme, la topographie est trop accidentée, les cailloutis de pentes et les coulées boueuses cachent l'observation et rendent l'interprétation difficile, si l'on procède à une tectonique de détail, car, dans cette zone, les failles sont plus importantes qu'ailleurs.

A Er RASSIF, la situation est assez tranquille, avec un pendage de 10° à 12° vers le NW, les couches se superposent normalement du Jurassique jusqu'à la Falaise de Blanche. De ce fait, la pente naturelle est représentée par la surface structurale de la couche ferrifère supérieure, de sorte que le gisement se trouve démantelé de sa couverture stérile. Cependant, au NW la Falaise de Blanche couvre une petite partie des affleurements ferrifères (pl. n° 32 et 37). Au NE, les éboulis et les coulées rocailleuses couvrent les affleurements et rendent les travaux de recherche impossibles. Avec son regard NW, la seule faille NE-SW passe à ER RIJM, d'environ 5 m de rejet ; elle décroche vertica-

lement la limite entre le Crétacé et le Jurassique.

En effet, la tectonique du gisement ne présente aucune complexité, de même celles d'Ez Zaaroura et de Harar, situées respectivement à 3 et 4 km à l'Ouest de Er Rassif (pl. N° 31).

1.2.3 TRAVAUX DE RECHERCHE.

Sur le gisement d'Er Rassif n° V, 13 tranchées furent exécutées dans la première étape de recherche. Distantes entre 200 et 500 m l'une de l'autre, ces tranchées étaient réparties de façon à pouvoir tirer le maximum de renseignements sur la teneur des couches et leur disposition dans le faisceau ferrifère. La bordure extrême NE du gisement n'a pas été prospectée, car la disposition des couches exige l'exécution de puits de recherche dont la profondeur atteint par endroits 9 m (pl. n° 32).

Chaque tranchée débute dans les couches stériles formant le toit, traverse la série des couches ferrifères pour atteindre la couche inférieure stérile qui représente le mur du faisceau. La profondeur des tranchées varie entre 40 et 60 cm, en gradins à partir de la surface. En les étudiant, nous avons levé une coupe détaillée de chacune avec prélèvement d'échantillons de toutes les couches constituant le faisceau. La planche 35 annexée au présent texte représente un exemple-type d'une coupe de tranchée de recherche. Les résultats d'analyses chimiques qui portent au total sur 50 échantillons différents sont représentés sur la planche 36.

1.2.4 CONSIDERATIONS PALEOGEOGRAPHIQUES.

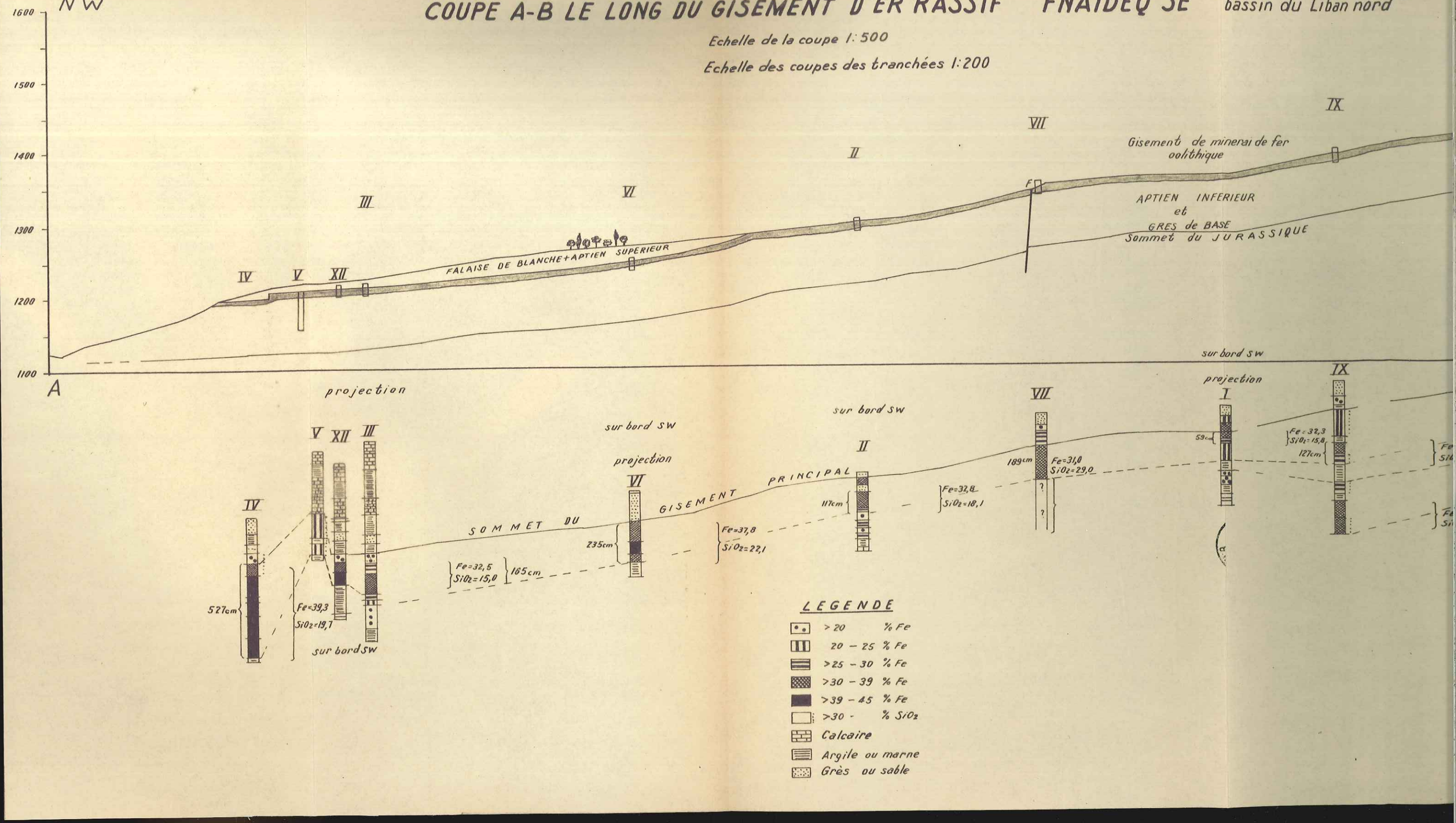
En examinant la coupe stratigraphique (pl. 33) et les coupes des tranchées, on constate que les caractères pétrographiques des couches stériles intercalcaires, ainsi que celles de toute la série aptienne, suggèrent un dépôt détritique de bordure extrê-

Pl. 36

COUPE A-B LE LONG DU GISEMENT D'ER RASSIF FNAIDEQ SE "bassin du Liban nord"

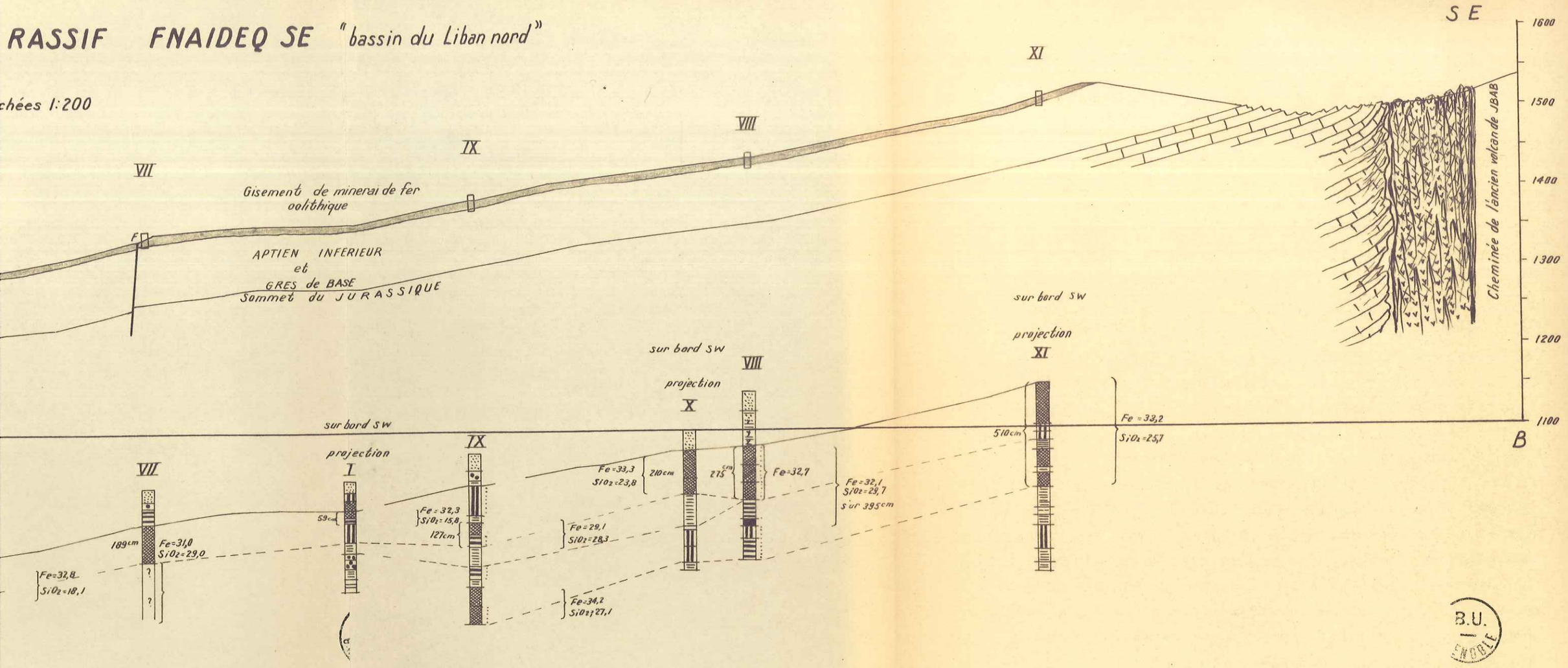
Echelle de la coupe 1:500

Echelle des coupes des tranchées 1:200



RASSIF FNAIDEQ SE "bassin du Liban nord"

chées 1:200



B.U.
GRENOBLE

mement pauvre en fossiles.

En effet, la mer aptienne, lors de sa transgression, déposa des sédiments en rapport avec le paléorelief préexistant. Dans l'Aptien, la série argilo-gréseuse inférieure doit son origine en grande partie aux Grès de base, lesquels, au stade d'immersion, font place aux dépôts calcaires qui provenaient du Jurassique massif de l'arrière pays.

D'autre part, l'érosion partielle de la Falaise de Blanche et la coulée basaltique de Jbab, indiquent un retour à l'émersion. Il s'ensuit qu'à l'Aptien subsistait un fond très haut avec une tendance perpétuelle à l'émersion. Ce n'est qu'à la moitié supérieure de l'Albien que l'immersion totale s'établit, annonçant la grande transgression crétacée.

Nous rappelons que les mouvements de transgression et de régression se faisaient en sens alternatif et en direction de la Mésogée.

1.2.5 DISPOSITION DES COUCHES DANS LE FAISCEAU FERRIFERE.

Partant des couches inférieures vers les supérieures, on constate qu'en général le mur du faisceau est constitué par une couche d'argile grise ou gris-verdâtre sombre. A cette couche succède une couche d'oolithes généralement riche : 35 % à 39 % de fer. Suit vers le haut, mais d'une disposition très différente d'une tranchée à une autre, une succession de couches d'oolithes et de croûtes entrecoupées par des couches d'argile (pl.36). Le toit du faisceau est constitué par une couche de sable jaune ou rouge consolidé, et rarement la série ferrifère se termine par une couche d'argile très gréseuse.

En étudiant les résultats des tranchées, nous avons essayé d'établir une corrélation entre les différentes coupes. Comme le démontre la planche n° 36, cet essai de corrélation fut fort pro-

blématique en raison de puissantes altérations météoriques qu'a subi le gisement démantelé.

1.2.6 VARIATIONS LATERALES ET CAUSES DE DEFORMATION DU GISEMENT.

Au cours de nos études, nous étions frappé par les variations anormales dans la succession des couches entre les diverses tranchées. Il nous était depuis longtemps connu que les intercalations argileuses sont disposées en minces mais larges lentilles, qui se terminent en biseau ; elles réapparaissent ailleurs ou font place, parfois, à des lits sableux.

Mais des changements subits sur 200 m de distance entre deux tranchées, ramenant l'épaisseur des couches oolithiques à la moitié et augmentant le pourcentage d'argile dans le faisceau, - de sorte qu'une couche reconnue riche dans une tranchée s'est révélée inexploitable dans la tranchée voisine -, nous ont amené aux études microscopiques des échantillons, dont voici les résultats :

Les échantillons d'oolithes montrent, dans un certain groupe de tranchées, des effets de dissolution. Dans certaines parties d'une couche, à l'endroit des oolithes, on reconnaît encore leurs formes, mais il n'y reste que des pellicules extrêmement minces d'une matière argileuse. L'oxyde de fer a été dissous et enlevé. Dans d'autres cas, à l'endroit d'une couche oolithique bien déterminée, on retrouve, mais dans une autre tranchée, une couche argileuse (ex. Tr. VIII et X). La texture de cette couche argileuse ressemble à celle que nous avions observée dans les couches à oolithes partiellement dissoutes.

- En localisant nos observations, nous avons constaté que, dans toutes les tranchées placées sur la bordure SW du gisement, l'effet de dissolution est tel, que l'épaisseur du faisceau ferrifère est réduite, souvent, à la moitié par rapport aux autres tranchées placées ailleurs.

- Nous connaissons depuis longtemps, au Liban, les effets destructifs que provoquent les pluies et les intempéries sur les roches exposées aux versants SW des montagnes. Dans les zones à climat subtropical, on connaît les phénomènes de migration ascendante des solutions ferrifères ; pendant la saison sèche, ces solutions montent à la surface pour former d'importantes croûtes de fer (ou chapeaux de fer).

Il était donc permis de consulter les documents de pluviométrie et d'ensoleillement au Liban pour la région de Fnaïdeq, et d'en comparer les résultats avec les données des pays subtropicaux. En effet, la précipitation moyenne des dix dernières années, pour la région de Fnaïdeq, est de 1 250 mm par an, la durée d'ensoleillement est de 7 mois par an, chiffres qui correspondent à peu près à ceux des régions subtropicales en Afrique.

Ainsi, nous pensons expliquer les accumulations de croûtes ferrifères, c'est-à-dire les concentrations anormales de minerai dans les couches supérieures rencontrées dans certaines tranchées. Aussi les grès primitivement stériles au toit du gisement oolithique sont-ils, à plusieurs endroits, transformés en minerai compact, sableux. C'est donc un phénomène d'ascendance qui a provoqué la formation des croûtes.

D'autre part, la migration latérale dans le sens du pendage des couches s'est révélée dans la zone anormalement riche, aux environs de la tranchée n° IV (pl. 36).

Il en résulte que la déformation du gisement est due aux phénomènes d'origine météorique qui ont agi différemment sur les faisceaux ferrifères :

1° - par ascendance : formation de croûtes et concentration dans les couches supérieures ;

2° - par dissolution : migration latérale dans le sens du pendage, d'où enrichissement de la zone inférieure du gisement.

Ce qui explique la complexité de corrélation entre les différentes tranchées et conduit à l'état actuel du gisement.

1.2.7 ANALYSE CHIMIQUE COMPLETE.

A part les analyses que nous avons présentées sur la planche n° 36, nous donnons une analyse complète de l'ensemble des couches dans la tranchée n° IV. Epaisseur = 5,27 m.

	%
Humidité à 105° C	2,4
Perte au feu à 350° C (2 heures)	10,6
Perte au feu à 1 000° C	13,3
SiO2	19,7
Fe2O3	56,2
Fe	39,3
Oxydes combinés (Fe2Os + Al2O3)	65,6
Al2O3 (par différence)	9,4
CaO	0,7
MgO	0,3
S	0,05
P	0,5
Mn	0,25
MnO2	0,4
Ti	absent
Zn	"
Cr	"
Cu	"
Pb	"
As	"
Sb	"

Dans ce résultat, on remarque une teneur relativement haute en P, aussi bien qu'en Fe par rapport aux résultats d'autres

tranchées. Dans le paragraphe précédent, nous avons expliqué la cause de ce phénomène d'enrichissement.

1.2.8 CONCLUSIONS. RESERVES.

L'étude d'ER RASSIF, considéré comme gisement-type du Liban Nord, a démontré que la série stratigraphique contient un seul faisceau de couches à oolithes ou croûtes ferrifères. Ce gisement siliceux et d'origine sédimentaire se place au sommet de l'Aptien inférieur, première formation marine après l'orogénèse jurassique. Dans cet étage, les caractères pétrographiques de différentes assises ou couches, indiquent un faciès néritique de haut-fond où, probablement, les oolithes ferrugineuses trouvaient un milieu propice à leur formation. Nous reviendrons à ce problème en étudiant plus tard la genèse commune des 3 bassins.

D'autre part, il paraît intéressant de souligner que, dans ce seul faisceau de couches ferrifères existant, les corrélations stratigraphiques sont très sujettes à caution à cause des altérations météoriques liées à des circulations verticales ou latérales.

Au point de vue réserves, les chiffres que nous donnons tiennent compte des facteurs suivants :

Epaisseur minima = 3 m

Densité minima du minerai = 3

Teneurs de moins de 30 % de silice et plus de 30 % de fer

Réserves potentielles : 4 240 000 tonnes ; Fer métal 1 272 000 t.
Exploitable à ciel ouvert : 3 240 000 t ; Fer métal 972 000 t.

1.3.0 AUTRES GISEMENTS DU MÊME BASSIN.

A part ER RASSIF que nous venons d'étudier, il existe d'autres plages qui présentent les mêmes caractéristiques que celles de ce gisement-type, tel HRAR, Ez ZAAOURA et HARF el BARBRISS. Toujours dans le même bassin, en procédant à des travaux souterrains, la région entre El QRAIYATE et TACHAA, ainsi que TIKRIT et Ech CHAQDOUF seront exploitables. Bien que ces gisements aient été reconnus comme suite d'Er Rassif, ils furent étudiés d'une façon rapide et moins détaillée que ce dernier.

1.3.1 RESERVES TOTALES EN TONNE.

Ainsi les réserves des gisements de ce bassin se détaillent comme suit :

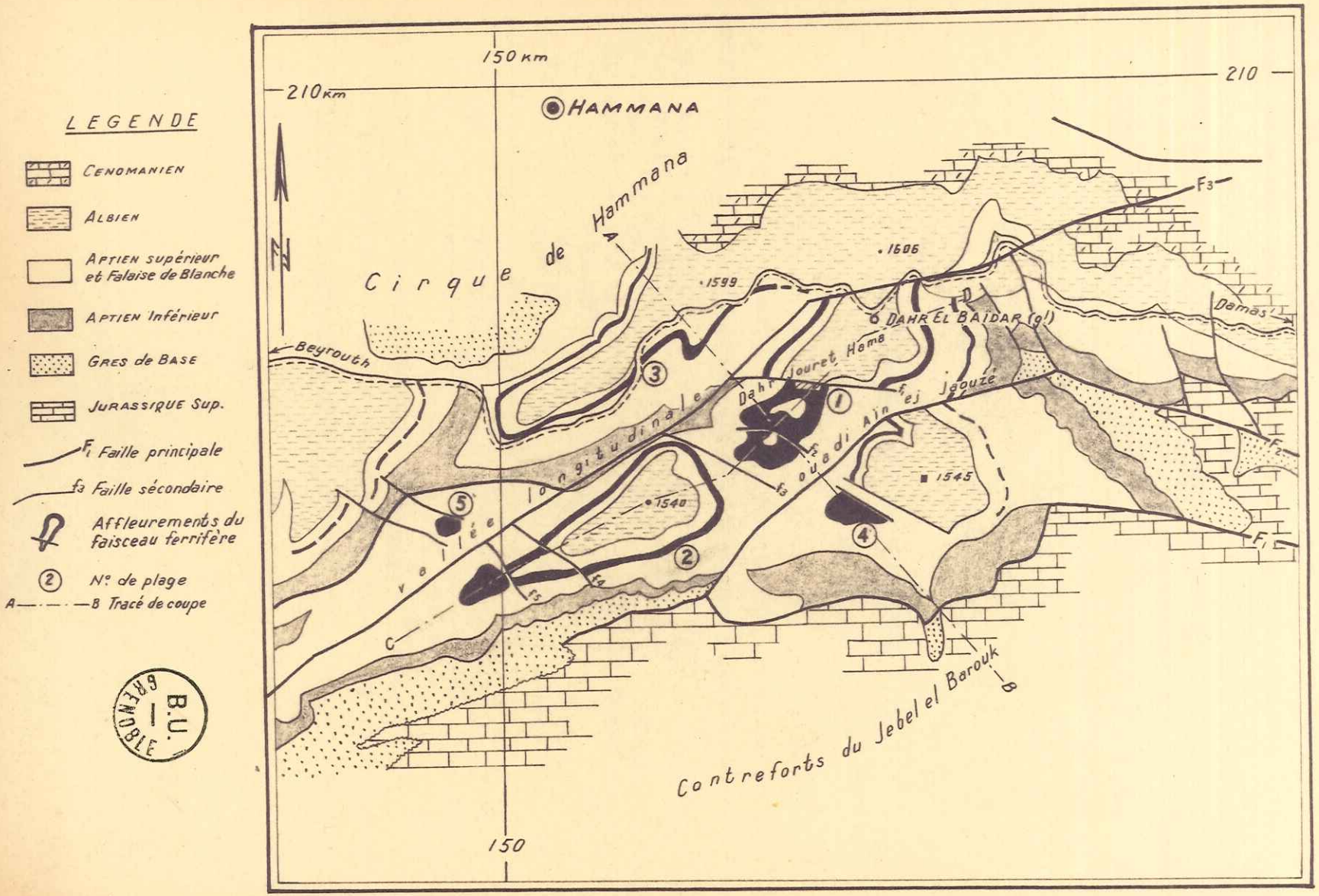
Gisements	Réserves potentielles	Fer	Exploité à ciel ouvert	Fer
ER RASSIF	4 240 000	1 272 000	3 240 000	972 000
HRAR	5 000 000	1 500 000	5 000 000	1 500 000
EZ ZAAROURA	400 000	120 000	400 000	120 000
HARF EL BARBRISS	9 125 000	2 737 000	125 000	37 000
TIKRIT	500 000	150 000	---	---
ECH CHAQDOUF	100 000	30 000	---	---
QRAIYATE-TACHAA	30 000 000	9 000 000		
TOTAL....	49 365 000	14 809 000	8 765 000	2 649 000

Ces chiffres, que nous considérons comme préliminaires, sauf pour les zones exploitables à ciel ouvert, seront modifiés après une campagne de recherches détaillées, englobant l'ensemble du bassin.

Pl. 38

Carte Geologique Du Gisement De Dahr El Baidar – Bassin du Liban central

Ech. 1:50.000



B.U. GRENOBLE

1.0 BASSIN DU LIBAN CENTRAL.

1.1 INTRODUCTION

Ce bassin est situé entre 35 et 40 km à l'Est de Beyrouth. Il est constitué par plusieurs plages, dans une région largement entaillée par des vallées transversales, la superficie totale de ces plages est d'environ 70km2.

Bien que l'ensemble de ce bassin se place dans une région topographiquement accidentée, un réseau de routes asphaltées relie les principaux gisements à la côte, avec une distance maxima de 45 km à partir du ppint le plus éloigné.

Le gisement de DAHR el BAÏDAR, que nous présentons comme exemple-type, fut dès le début le point de départ pour l'étude de l'ensemble du bassin. Si bien qu'après l'étude de ce gisement, nos travaux de recherche se sont étendus sur d'autres localités, telles ROUAÏSSAT, BTALLOUN, BKHOUCHTAY, RECHMAYA, DEÏR MAR MAROUN, KAFER QATRA, KAFER NABRAKH et BTATER où nous avons levé plusieurs coupes détaillées pour étudier les variations latérales du faisceau ferrifère et l'extension du bassin.

1.2 GISEMENT DE DAHR EL BAÏDAR N° VII.

Morphologiquement, la région où affleure le minerai est comprise entre les abords du cirque de Hammana au Nord, et les contreforts du Jebel el Barouk au Sud.

Ce gisement comprend trois plages principales, 1, 2 et 3, et deux autres secondaires, 4 et 5 (pl. n° 38). Elles sont situées sur deux pla-

teaux parallèles séparés par une vallée longitudinale ; l'ensemble est grossièrement orienté NE-SW. Le faisceau ferrifère affleure entre 1460 et 1530 m d'altitude avec une faible inclinaison vers le SW.

La grande route qui relie Beyrouth à Damas longe la bordure SE de la plage n° 3. Elle traverse le Mont Liban au col du Baïdar et continue en direction E vers l'intérieur du pays.

Durant l'étude de ce gisement, 12 tranchées de recherche furent exécutées dans cette région et plus particulièrement sur la plage n° 1, où un essai d'exploitation a eu lieu au courant de l'année 1955.

1.2.1 GEOLOGIE : STRATIGRAPHIE.

Si l'on se repère sur la carte géologique (pl. n° 38), on remarque que la formation la plus ancienne est représentée par le Jurassique supérieur qui affleure de l'Est vers l'Ouest au Sud de la carte. En allant du Sud vers le Nord, en contact anormal (tectonique ou stratigraphique), la série du Crétacé inférieur surmonte le Jurassique ; elle occupe toute la région étudiée et renferme, parmi ses sous-étages, le faisceau ferrifère dans l'Aptien supérieur. La base du Crétacé supérieur n'apparaît qu'en dehors de la zone étudiée, sur la bordure N de la carte où il est représenté par les termes inférieurs du Cénomanien.

Partant des étages inférieurs vers les supérieurs, la succession suivante représente une coupe stratigraphique type de la région :

1) Jurassique supérieur : Oxfordien ?
Série de calcaire blanc massif à coraux.
"Discordance : Orogénèse fin jurassique"

2) Grèse de Base = 180 à 200 m
Série de sable jaune consolidé Grès rouge à croûtes d'hématite ; faciès continental.

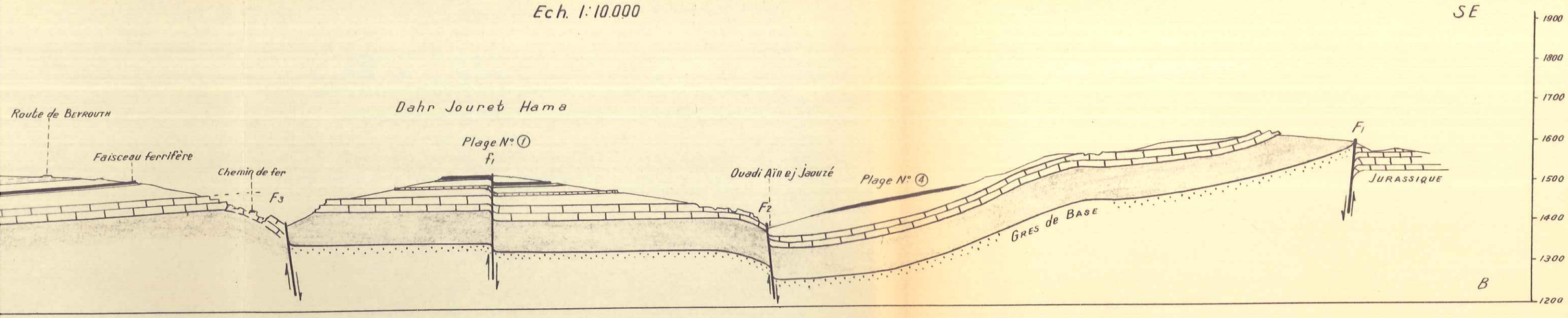
3) Aptien inférieur = 40 m (début de la transgression crétacée)
Alternances d'argiles, de grès et de calcaires jaunes gréseux ou détritiques (Huîtres et fragments de lignite) ; faciès néritique.

4) Falaise de Blanche = 46 m.
- Calcaire finement oolithique = 15 m.
- Calcaire compact blanc massif = 17 m.
- Calcaire blanc jaunâtre, sans stratification = 12 m.
- Calcaire brun parfois tendre, à Orbitolina lenticularis = 2 m.
(l'ensemble est de faciès récifal).

5) Aptien supérieur = 60 m.
- Alternances de calcaire marneux gris-jaune et d'argile ou marne grise à moules internes de Gastéropodes et de Lamellibranches = 22 m.
- Banc de grès rouge ferrugineux devenant blanc, friable en profondeur = 4 m.
- Calcaire marneux gris détritique à Gastéropodes, Lamellibranches et Orbitolines discoidea, conoidea Gras, et marne brune alternants= 12 m.
- Faisceau de couches à oolithes et croûtes ferrifères = 5 à 6 m.
- Marne grise et brune, argile grise et calcaire marneux gréseux alternant, à Gastéropodes, Lamellibranches et Huîtres.

COUPE GEOLOGIQUE A-B A TRAVERS LA REGION DE DAHR EL BAIDAR - Bassin central

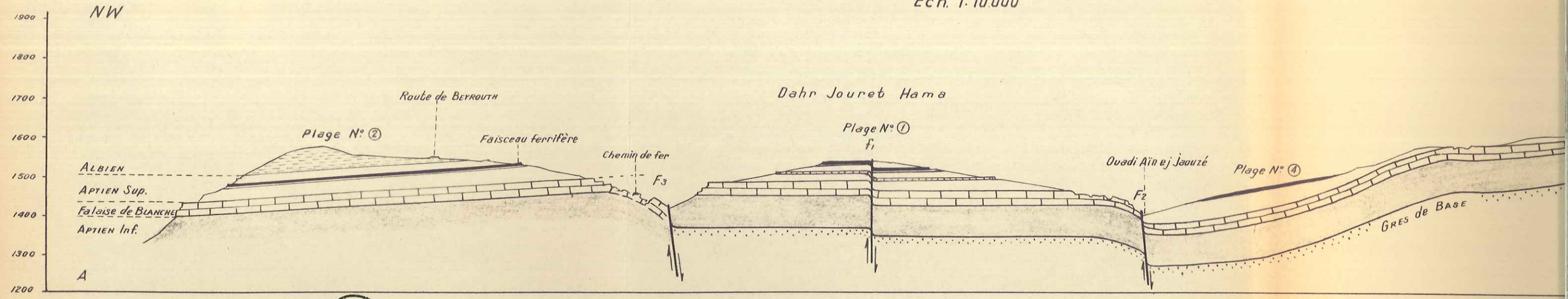
Ech. 1:10.000



Pl. 39

COUPE GEOLOGIQUE A-B A TRAVERS LA REGION DE DAHR EL BAIDAR - Bassin central

Ech. 1:10.000



B.U.

6) Albien = 120 à 130 m.

Série de marne verte ou brune à rares bancs de calcaires jaune. Huîtres et Ammonites "Knemiceras". Faciès plus profond que celui de l'Aptien.

Au-dessus, suit le Cénomanien inférieur ; il est constitué par de gros bancs de calcaire à faciès profond marquant la grande transgression crétacée.

1.2.2 TECTONIQUE.

Le gisement de Dahr el Baïdar, ainsi que l'ensemble du bassin, sont situés dans une région tabulaire fortement affectée par un réseau de failles secondaires. Cette région se trouve délimitée par le champ de fractures Damour-El-Barouk - Baïdar - Beyrouth.

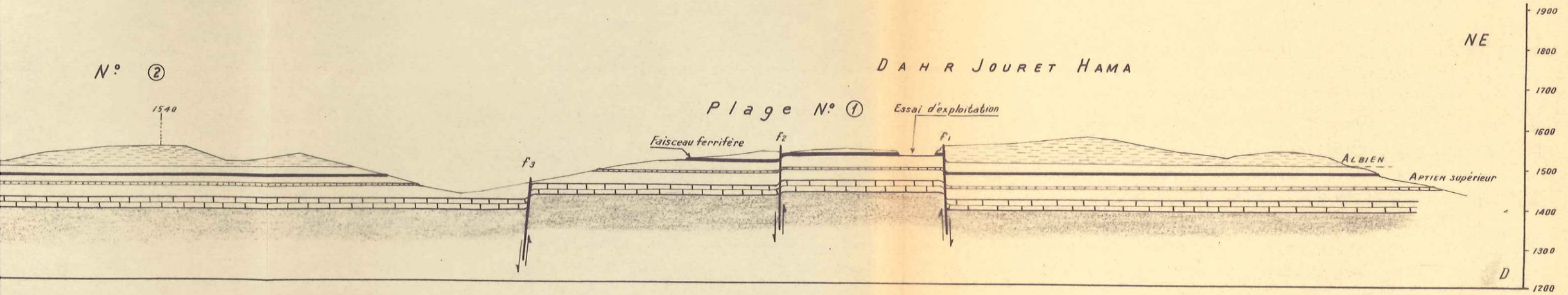
Dans ce quadrilataire, la divergence des failles rend l'indication d'une direction tectonique privilégiée très difficile à préciser. Cependant, dans la partie est, on constate que les failles sont grossièrement orientées NE-SW, tandis que dans la partie ouest, les mêmes failles ou leurs ramifications changent de direction pour s'orienter NW-SE.

Il est rare que les rejets de ces failles dépassent les 120 m, dans la partie orientale, leurs regards sont généralement SE (pl.39) mais certaines failles principales inversent leur regard dans leurs tronçons occidentaux, si bien que la lèvre inférieure devient supérieure et vice-versa. La faille qui se trouve à l'extrême droite de la plache n° 39 paraît être la plus importante, elle relève le Jurassique au niveau de l'Aptien inférieur ; son rejet peut être estimé entre 200 et 250 m.

En général, les plans de ces failles s'approchent de la verticale, leur ensemble représente une mosaïque-type du phénomène de dislocation. Il nous paraît que l'explication de ce phénomène

GIQUE C-D LE LONG DE LA REGION DE DAHR EL BAIDAR - Bassin central

Ech. 1: 10.000

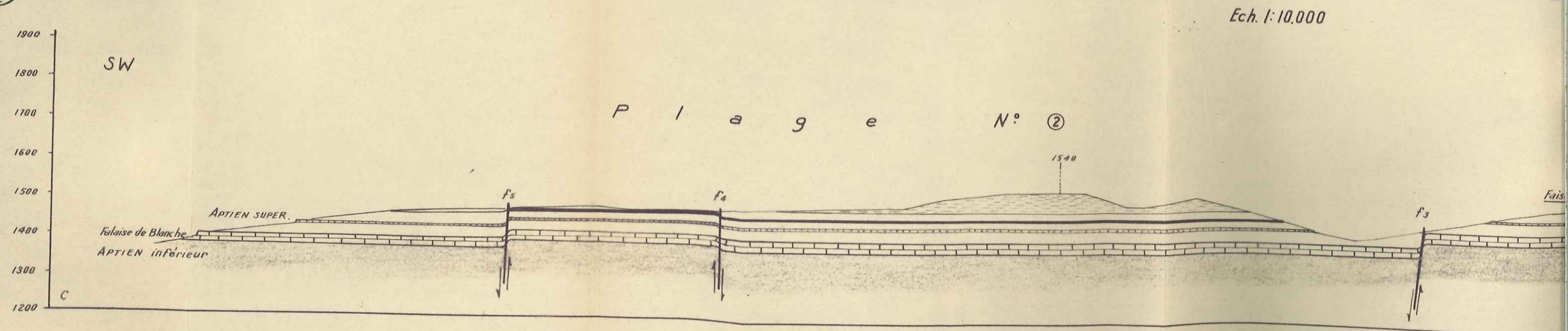


B.U.

Pl. 40

Coupe Geologique C-D Le Long De La Region De Dahr El Baidar – B

Ech. 1:10.000



ainsi que la présence de champs de fractures, doivent être recherchées en ce point, dans la déviation de l'axe tectonique du Jurassique massif formant le noyau du Mont Liban.

Malgré une complexité apparente, dans le gisement de Baïdar de même que dans l'ensemble du bassin, les problèmes tectoniques ne se posent pas. D'autre part, les variations de faciès, entre les différents étages, offent plusieurs horizons-repères et facilitent les levés géologiques quand on procède à une cartographie de détail.

Dans le gisement de Dahr-El-Baïdar, les failles F1, F2 et F3, considérées comme accidents majeurs, coupent le long du gisement du NE vers le SW, sans affecter les affleurements du minerai (pl. 38).

Cependant, à l'Est de Dahr Jouret Hama, on remarque une petite ramification f1 de la faille F3. Orientée E-W de regard N, f1 coupe entre l'Aptien supérieur et l'Albien avec un rejet qui atteint 40 m environ. Dans le compartiment S surélevé, le faisceau ferrifère décapé de sa couverture marno-calcaire se trouve relevé au niveau de l'Albien inférieur. C'est à cet endroit même que l'essai d'exploitation a eu lieu (pl. 40). D'autres petits accidents transverses tels f2,3, 4 et 5 disloquent le gisement en provoquant des décrochements verticaux de 3 à 8 m de rejet.

Cette description tectonique permet de diviser les accidents en deux catégories, d'une part les failles principales orientées NE-SW, d'autre part les failles secondaires qui se ramifient en arêtes de poisson à partir des failles principales (pl. 38).

Ce gisement ainsi disloqué se trouve formé d'un ensemble de blocs subhorizontaux ou légèrement inclinés vers le SW.

1.2.3 TRAVAUX DE RECHERCHE

Pour l'étude de ce gisement, 12 tranchées de recherche furent

exécutées sur les trois plages principales. Les analyses chimiques ont porté au total sur 29 échantillons prélevés dans les tranchées, leurs résultats sont figurés sur la planche n° 41. En étudiant l'extension du faisceau ferrifère, nous avons exécuté d'autres coupes détaillées semblables à celles de Dahr El Baïdar dans les autres plages appartenant au même bassin.

1.2.4. CONSIDERATIONS PALEOGEOGRAPHIQUES.

Bien que ce bassin représente la suite du bassin nord en direction Sud, l'étude stratigraphique a démontré une dissemblance de caractères entre les deux coupes-type dont nous retenons les points suivants :

- épaississement des Grès de Base, 250 m au leiu de 10 m au Nord ;
- disposition du faisceau ferrifère dans l'Aptien supérieur au lieu de l'Aptien inférieur ;
- l'augmentation de la puissance totale de l'Aptien ;
- la disparition presque totale du faisceau ferrifère sur le flanc occidental du Mont Liban, région située entre les deux bassins.

En étudiant les différents stades de l'orogénèse jurassique, on remarque une croissance continue de l'épaisseur des Grès en direction sud. Ceci paraît être normal, car l'émersion accompagnée des sédiments gréseux au Jurassique moyen, en Egypte, n'arrive au Liban Nord qu'à la fin du Jurassique et pour une courte période, après laquelle débute la transgression crétacée, par un mouvement d'immersion lente en sens inverse de celui de l'émersion.

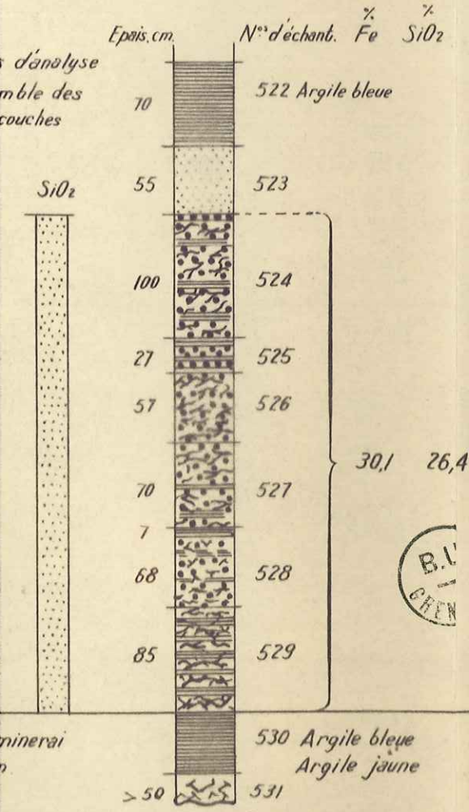
Dans l'étude que nous avons entreprise en 1959 sur les variations d'épaisseur du Crétacé inférieur, les équipotentielles de l'Aptien, ainsi que celle de l'Albien, montrent une augmentation

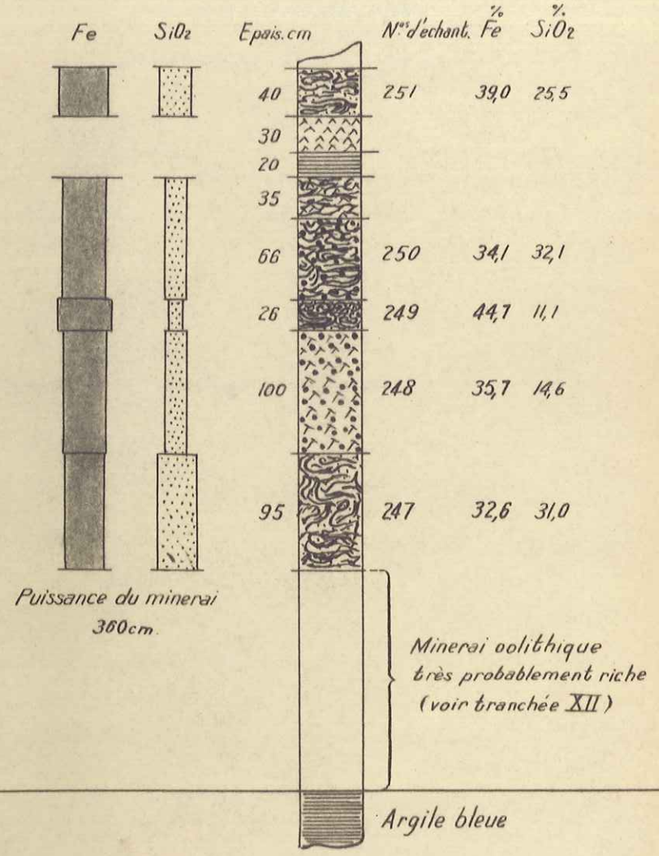
UPES DE TRANCHEES EXECUTEES DANS LA REGION DE DAHR EL BAIDAR – Bassin central

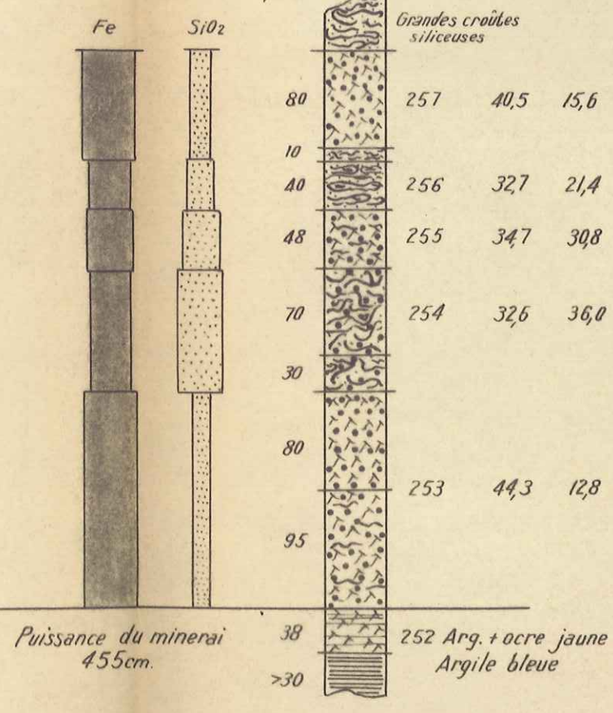
Echelle verticale 1:50

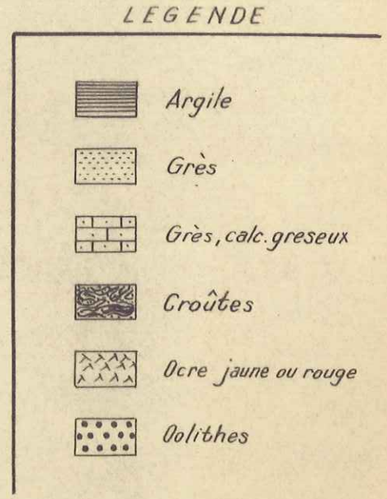
650m. 150m.

Tranchée N° VI — Tranchée N° XI — Tranchée N° XII









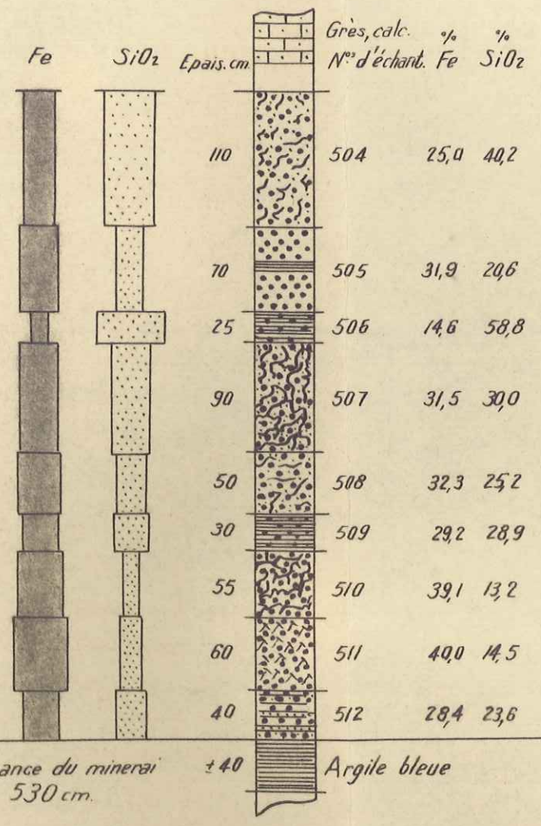
Pl. 41

TABLEAU DE COMPARAISON ENTRE LES DIVERSES COUPES DE TRANCHEES EXECUTEES DANS LA R

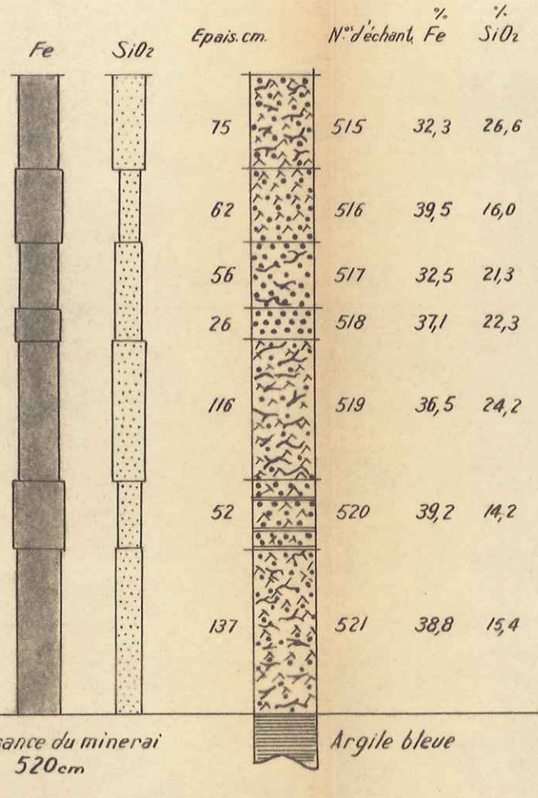
Echelle verticale 1:50

250m. | 150m. | 650m.

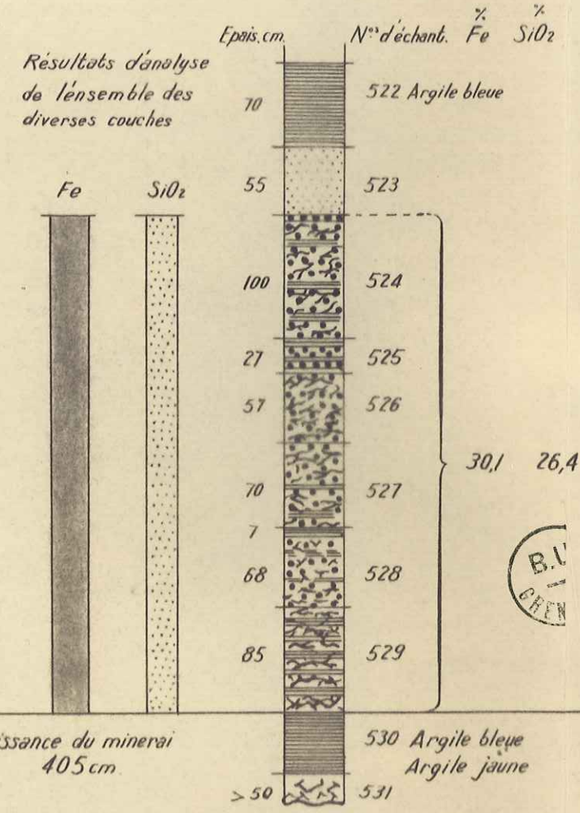
Tranchée N° IV | Tranchée N° V | Tranchée N° VI | Tranchée N° XI



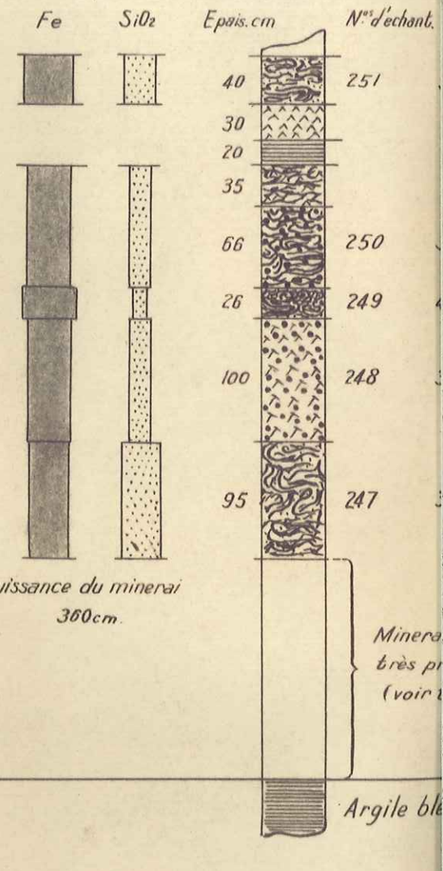
N° 505 - 511 Fe = 32,8 % – épais. 360 cm.
" 508 - 511 Fe = 36,1 % – épais. 195 cm.
" 504 - 512 Fe = 30,8 % – SiO2 = 27,5 % – épais. 530 cm.



N° 515-521 { Fe = 36,7 %
SiO2 = 19,8 %



N° 524-529 { Fe = 30,1 %
SiO2 = 26,4 %



N° 248-250 { Fe = 36 %
SiO2 = 21,9

d'épaisseur dans la région S et SE de Beyrouth.

D'autre part, la diminution d'épaisseur de l'Aptien et la réduction au 1/3 de la puissance de l'Albien sur les deux flancs du horst de Qartaba (zone située entre les deux bassins) suggèrent la présence d'un géanticlinal contemporain aux deux étages, s'opposant ainsi au franchissement, et par la suite au dépôt des éléments constitutifs des formations.

Ces observations nous conduisent à penser qu'à cette époque, la partie nord de la chaîne occidentale était dans son stade embryonnaire, et que le bassin central, situé à l'Est de Beyrouth, se trouvait dans une fosse locale et lié au bassin nord par un bras de mer non loin de la côte actuelle.

En ce qui concerne le bassin central, on remarque une diminution d'épaisseur du faisceau ferrifère vers le N et le NW aux abords du cirque de Hammana. La même remarque s'applique sur la bordure S et SE du bassin. Cet amincissement sur les deux bordures opposées, implique la présence d'un fossé grossièrement orienté ENE-WSW, et explique par la suite la richesse et l'épaississement du faisceau dans la partie centrale du bassin.

1.2.5 DISPOSITION DES COUCHES DANS LE FAISCEAU.

En étudiant les coupes des tranchées, on remarque que le mur du faisceau est constitué par une couche d'argile bleue schisteuse (pl. n° 41). Généralement, la partie inférieure du faisceau est constituée par une couche d'oolithes cimentées par de l'ocre jaune ou rouge, à fragments de croûtes épars dans la couche. Suit vers le haut, mais d'une disposition variable d'une tranchée à l'autre, une succession de croûtes à oolithes ou des couches d'oolithes à ciment ocreux. Rarement on rencontre des couches d'argile de 5 à 30 cm d'épaisseur qui entrecoupent la série ferrifère. Le toit du faisceau est constitué soit par un banc de

grès dur ferrugineux, soit par un banc de calcaire jaune gréseux (Trs IV et VI).

La disposition des tranchées sur les bordures des plages, zones exposées aux agents météoriques, montre une déformation partielle du gisement et explique la formation secondaire des croûtes. Il s'ensuit que la corrélation entre les différentes coupes devient difficile ou fort douteuse.

Cependant, les variations latérales liées aux conditions de sédimentation sont très fréquentes dans les bassins ferrifères. Dans un même gisement, une couche exploitable peut devenir dans une autre zone inexploitable en changeant latéralement de teneur ou même d'épaisseur. Parfois, entre les couches exploitables, on rencontre des intercalaires qui, bien qu'ils contiennent une proportion importante de fer, ne sont pas exploitables.

Probablement, pour le gisement de Baïdar, dans les zones où la couverture stérile n'a pas été rabotée par l'érosion, l'ensemble du faisceau présente une homogénéité plus grande que celle observée dans les tranchées de surface.

1.2.6 REMARQUES SUR LES TENEURS.- ANALYSES.

D'après les résultats d'analyses chimiques, le gisement ne contient pas de minerais calcareux. Cependant, la teneur en silice varie entre 11 et 40 % et il semble qu'une corrélation existe entre elle et la teneur en fer. Le rapport entre les deux éléments, silice et fer, est inversement proportionnel (pl. 41). Dans le minerai qui ne présente pas un apport de silice trop intense, on observe, de façon presque constante, que la teneur en fer oscille entre 40 et 44,7 %, tandis que la teneur en silice, elle, est entre 14,5 et 11,1 %.

Entre les pourcentages que nous venons de citer et le minerai le plus pauvre, 40 % de silice et 25 % de fer, se classe une gamme

de minerai à pourcentage très varié, susceptible d'évoluer dans d'assez larges limites.

A part les résultats d'analyses chimiques que nous avons présentés sur la planche n° 41, nous donnons deux analyses complètes des tranchées n° V et VI, placées à Dahr Jouret Hama, plage n° 1.

	Tranchée n° V	Tranchée n° VI
	%	%
Humidité à 105°C	4,2	4,1
P.F. à 350°C (2 h.)	11,5	10,4
P.F. à 1 000°C	15,0	14,6
SiO2	19,8	26,4
Fe2O3	52,5	43,0
Fe	36,7	30,1
R2O3	63,0	57,3
Al2O3 (par différence)	10,5	14,3
CaO	1,8	0,5
MgO	0,9	1,0
MnO2	0,4 Mn = 0,25	0,24 Mn = 0,15
SO3	0,5 S = 0,2	0,18 S = 0,07
P2O5	1,7 P = 0,370	1,2 P = 0,5
Carbone organique	0,4	0,5
Zn	absent	absent
Cu	absent	absent
Ti	absent	absent
As	absent	absent

Ces deux analyses furent faites pour étudier les teneurs en soufre et en phosphore et pour constater la présence d'autres éléments nuisibles, tels : l'alumine, le nickel et le titane.

1.2.7 CONCLUSION - RESERVES.

Cette étude a montré la continuité des dépôts ferrugineux dans l'Aptien à partir du Nord vers le Sud :

Le faisceau ferrifère qui se place dans l'Aptien inférieur au bassin nord, se retrouve dans l'Aptien supérieur et à 70 m plus haut dans le bassin central. Elle a montré en outre que, bien que les deux bassins appartiennent au même mouvement de transgression, les conditions propices aux dépôts ferrugineux remontaient progressivement la série stratigraphique du Nord au Sud.

D'après la coupe stratigraphique détaillée de la région, on constate l'abondance de fossiles dans l'Aptien inférieur et l'augmentation d'épaisseur des sous-étages, y compris le faisceau ferrifère. Ces observations nous ont conduit à placer le bassin central dans une fosse locale et de considérer ses réserves parmi les plus importantes des trois bassins, comme nous le verrons par la suite. D'autre part, la situation topographique de ses plages, jointe à son emplacement géographique, le classent au premier rang pour une future exploitation.

Dans ce gisement, pour les calculs des réserves exploitables, nous avons tenu compte des parties attaquées ou enlevées par l'érosion. D'autre part, la densité du minerai oolithique varie entre 3 et 3,5 mais, comme la densité du minerai concentré en "croûtes" est de 4, et que ces croûtes représentent presque le 1/5 de la totalité, nous avons calculé le tonnage avec une densité moyenne de 3,5.

Bien que certaines couches contiennent 47 % de fer, dans les calculs des réserves nous avons adopté un chiffre minimum de 30 %.

En nous basant sur ces chiffres, nous donnons par la suite les réserves du gisement de Baïdar.

Zone	Réserves potentielles	Fer	Exploitable à ciel ouvert	Fer
Au NE de la plage n° 1	11.725 000	3 517 500	450 000	135 000
plage n° 1	1 925 000	577 500	1 900 000	570 000
plage n° 2	12 845 000	3 853 500	3 000 000	900 000
plage n° 3	14 000 000	4 200 000	1 000 000	300 000
plage n° 4	1 452 000	435 600	1 400 000	420 000
plage n° 5	210 000	63 000	200 000	60 000
Total en toones	42 157 000	12 647 100	7 950 000	2 385 000

Toutes les dispositions ont été prises pour que ces chiffres représentent un minimum de réserves en minerai et en fer dans le gisement étudié.

1.2.8 RESERVES TOTALES.

Pour l'estimation de ces réserves, nous nous sommes basé sur les résultats des coupes détaillées que nous avons levées sur d'autres gisements en étudiant l'extension du bassin. D'après cette étude préliminaire, la superficie totale des plages serait de 64 km2 environ. Si l'on se base sur une épaisseur minima de 2,5 m et une densité moyenne de 3, on aura, à part le gisment de Baïdar, les quantités suivantes :

$64\ 000\ 000^{m2} \times 2,5^{m} = 320\ 000\ 000$ m3 x 3 = 480 000 000 tonnes de minerai, comme réserves potentielles.

Cependant, dans cette partie, il faut procéder à une étude détaillée pour dissocier les zones exploitables à ciel ouvert des autres exploitables par travaux souterrains.

Total des réserves potentielles du bassin:

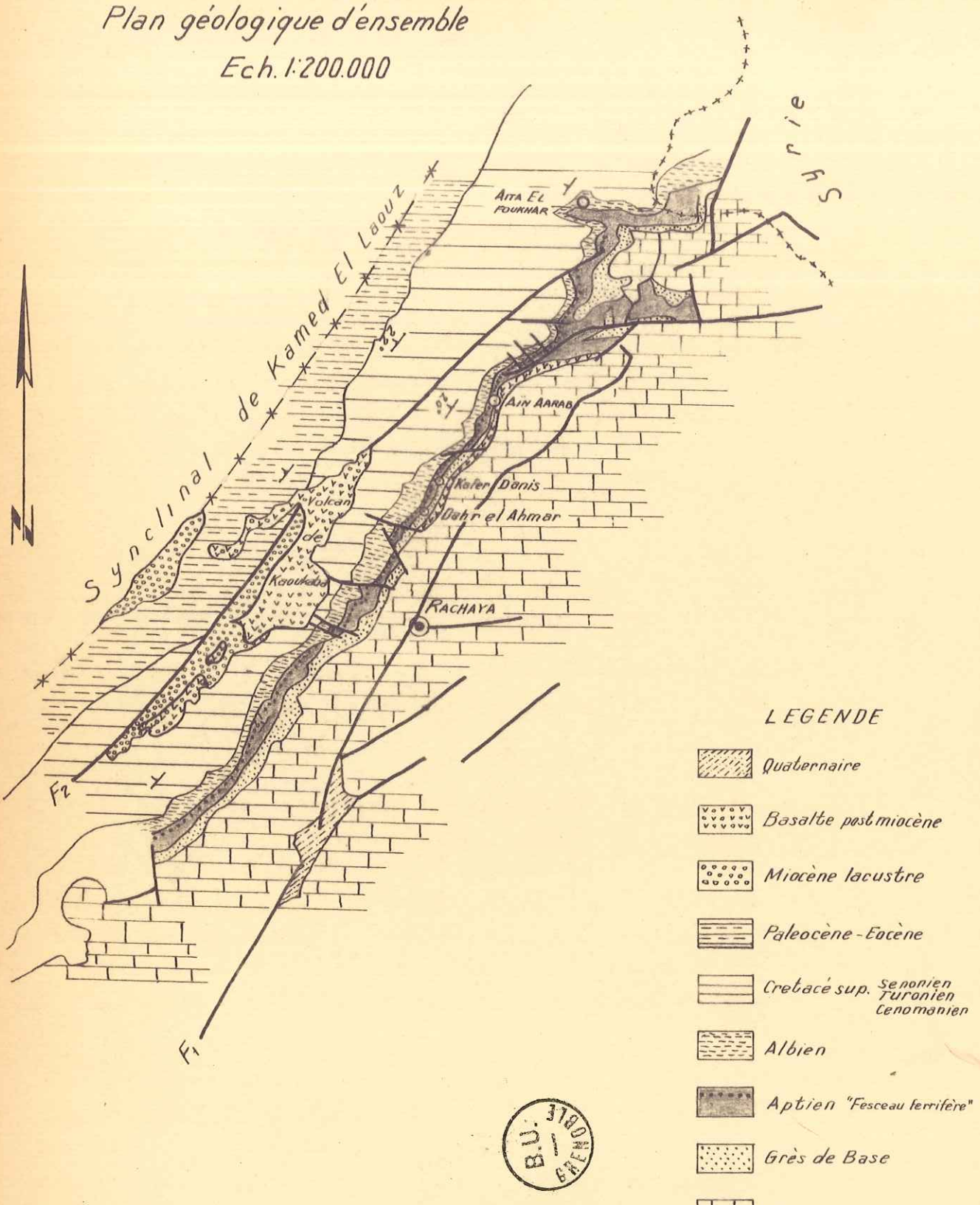
Gisement de DAHR-EL-BAIDAR	42 157 000	tonnes
Les autres gisements.....	480 000 000	
Total...	522 157 000	tonnes

Pl. 42

Bassin De L'Anti-Liban

Plan géologique d'ensemble

Ech. 1:200.000



B.U. GRENOBLE

1.0 BASSIN DE L'ANTI-LIBAN.

1.1 INTRODUCTION.

Nous avons déjà signalé, dans le paragraphe 5 de l'Introduction, au début de ce chapitre, que l' étude du bassin ne fut entreprise que pour une courte période au cours de l'année 1961. Ces travaux, que nous estimions de reconnaissance préliminaire, furent exécutés sur la demande de la Société Métallurgique Libanaise, propriétaire des permis.

Etant limité par le temps, les travaux de reconnaissance sur l'étendue et la valeur minière du gisement ont été restreints. Ainsi 4 fouilles et 3 tranchées de recherche furent exécutées sur presque 15 km de longueur, distantes l'une de l'autre de 1500 à 4 500 m. Les résultats de cette étude préliminaire se sont révélés très encourageants comme nous le verrons par la suite.

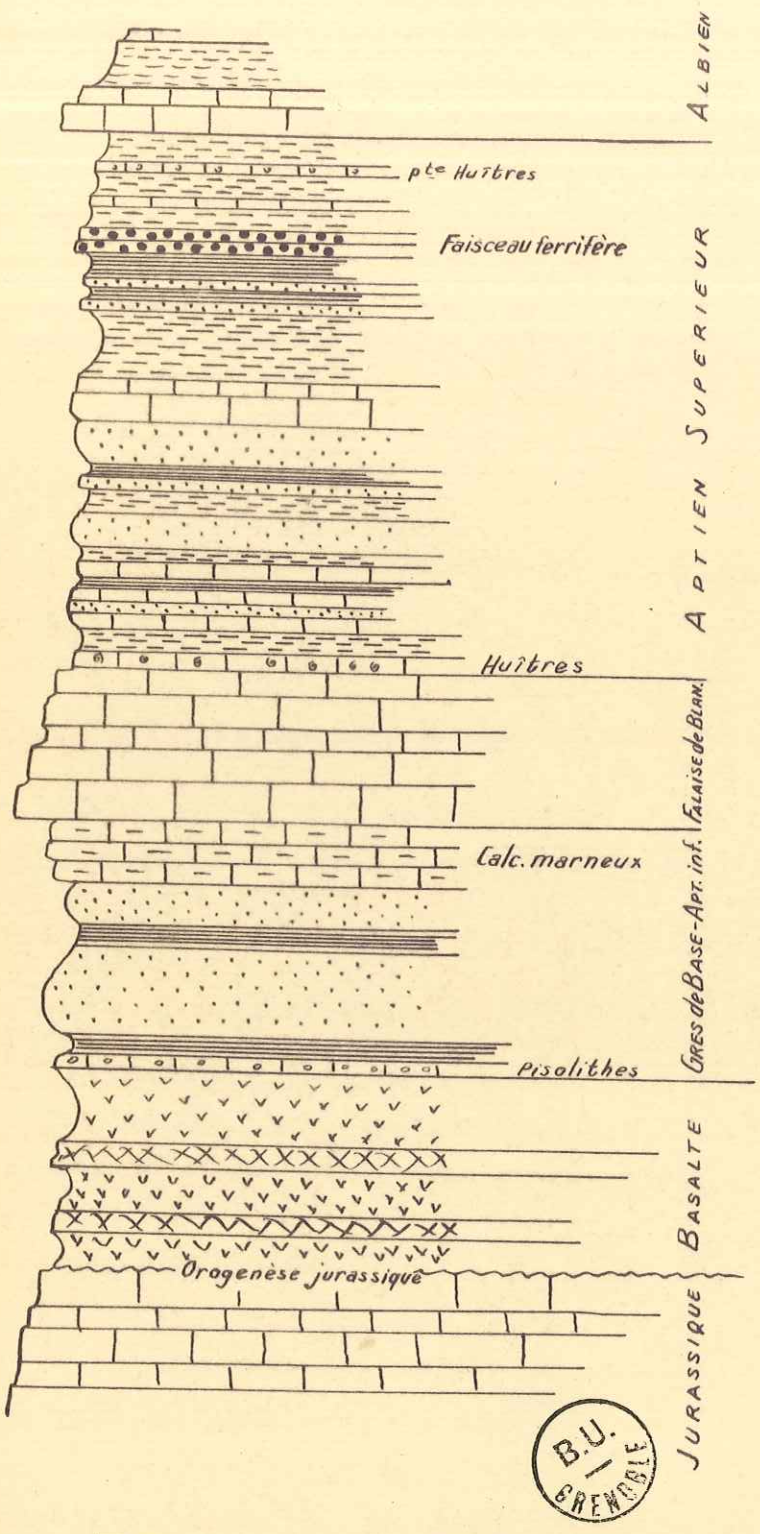
1.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE DU BASSIN.

Le bassin est constitué d'un seul gisement qui s'étend sur les piedmonts de l'Anti-Liban septentrional, se trouvant orienté NE-SW ; des vallées transversales se creusent à travers la région en direction de la haute vallée du Jourdain. Entre la chaîne principale et une série de monticules qui lui sont parallèles, affleure le faisceau ferrifère entre 1070 et 1350 m d'altitude. Les affleurements passent du SW vers le NE au voisinage des villages suivants : Dahr-El-Ahmar, Kafer Danis, aïn Aarab, Mdoukha et Aïta-El-Foukhar Est, où ils traversent les frontières libano-syriennes (pl. 42.). Quatre routes secondaires asphaltées relient le gisement à la route princi-

Pl. 43

Coupe Stratigraphique Du Bassin de l'Anti-Liban

Ech. 1:2000



B.U. GRENOBLE

Calcaire — Argile

Marne — Grès

pale de Marjayoun, laquelle passe à 3 km à l'Ouest, parallèle aux affleurements. En interprétant cette grande route comme voie de transport, la distance entre le centre du gisement et la côte serait de 65 km environ.

1.3 GEOLOGIE : STRATIGRAPHIE.

Dans cette région, la stratigraphie du Crétacé inférieur est très semblable à celle du Crétacé du Liban Central. Cependant, on remarque une diminution d'épaisseur de tous les étages y compris les Grès de Base qui reposent sur une ancienne coulée basaltique précrétacée.

L'Aptien inférieur est toujours de faciès néritique avec quelques intercalations gréseuses, tandis que l'Aptien supérieur représente un faciès plus profond. Seule la Falaise de Blanche conserve son épaisseur qui est constante dans tout le pays. La planche n° 43 donne une coupe d'ensemble de la région.

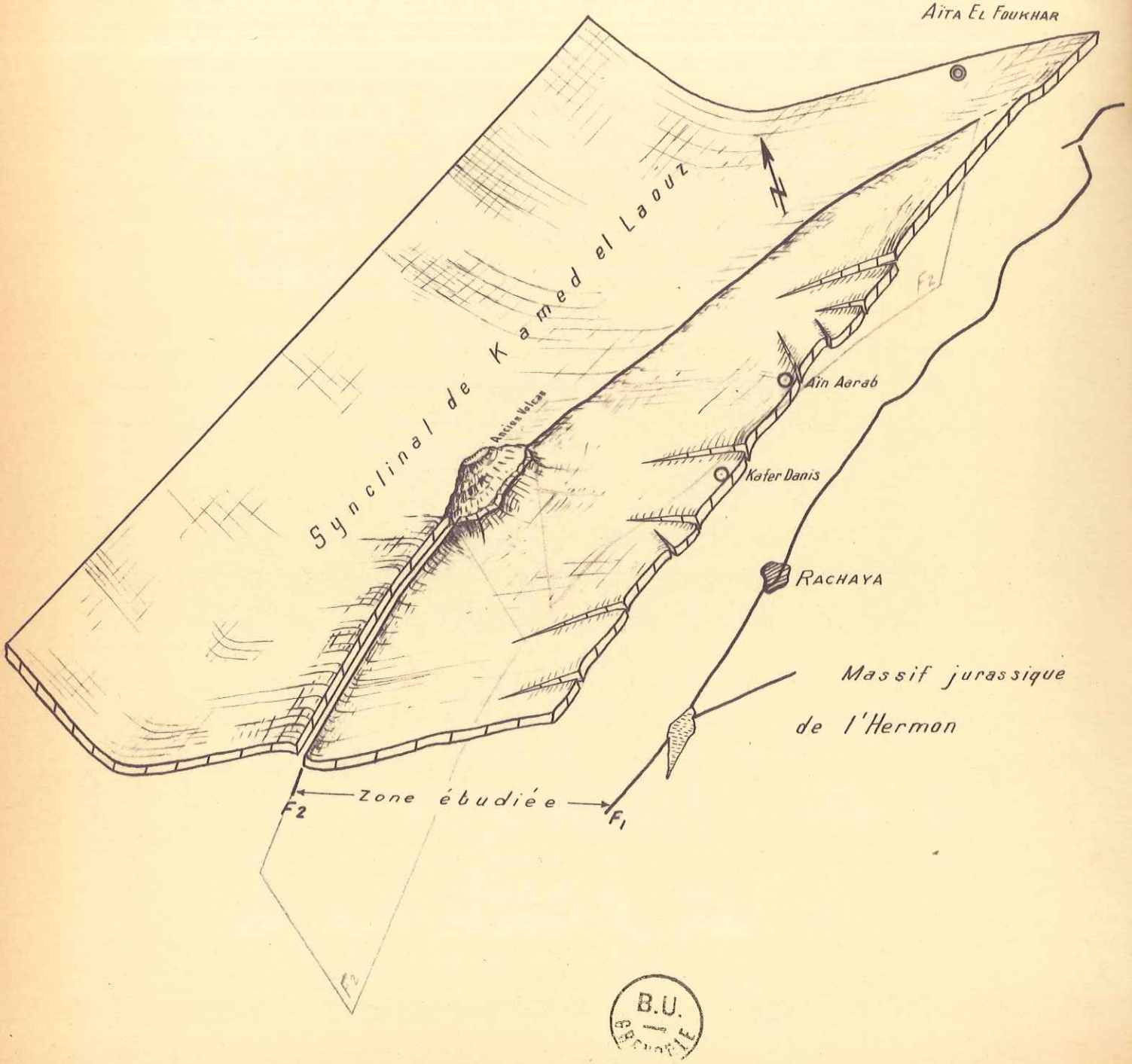
1.4 TECTONIQUE

Dans cette région, la série crétacée représente la couverture du noyau jurassique de l'Anti-Liban, les contreforts de cette chaîne renferment le faisceau ferrifère situé dans la partie supérieure de l'Aptien. Du SW vers le NE, tous les étages se superposent normalement avec une inclinaison variable entre 12° et 15° vers le NW. Ainsi le flanc occidental de la chaîne prend l'aspect d'un long monoclinal orienté NE-SW et incliné vers le grand fossé de la Bekaa.

Cependant, dans la zone étudiée qui représente en grande partie le flanc oriental du synclinal de Kamed-El-Laouz, des accidents orthogonaux ou obliques ramènent tantôt vers l'Est et tantôt vers l'Ouest. la série ferrifère de sorte qu'en plan, l'ensem ble du gisememnt se trouve composé de plusieurs tron-

Pl. 44

Tectonogramme du bassin de l'Anti-Liban



B.U.

çons latéralement décalés par une série de failles de faible fréquence (pl. 44).

D'autre part, deux grandes failles longitudinales F1 et F2 limitent de part et d'autre la zone étudiée.

La faille F1 orientale, dite Faille de Rachaya, est considérée comme acident majeur ; elle sépare le massif de l'Hermon de ses contreforts et trace la limite E du fossé de la Békaa.

La faille F2, de moindre importance, se trace presque parallèlement à la première. Elle coupe le long du Cénomanien, en passant par l'ancienne cheminée de Kaoukaba (éruption post-miocène), son extrémité NE s'estompe dans les marnes albiennes au Sud de Aïta El-Foukhar. Cette faille sépare la zone étudiée du synclinal de Kamek El-Laouz situé à l'extrême ouest (pl. 43).

Dans le bassin même, seuls les accidents secondaires que nous avons signalés plus haut pourront poser un problème tectonique de détail pendant l'exploitation. Cependant, le faisceau ferrifère se laisse poursuivre facilement sur toute la longueur du gisement.

1.5 CONSIDERATIONS PALEOGEOGRAPHIQUES.

Si l'on compare l'Aptien de l'Anti-Liban méridional et celui du Liban central, la similitude de faciès et la faible différence de puissance de ce même étage dans les deux régions suggèrent que, dans cette zone de l'Anti-Liban, l'Aptien a dû se déposer dans la partie orientale d'une fosse qui s'étendait alors à partie de Beyrouth à l'Ouest, jusqu'au pied SE de l'Anti-Liban.

Sur la bordure occidentale de la Bekaa, zone intermédiaire, les critères géologiques en faveur de cette hypothèse nous manquent, car la grande faille occidentale de Yammouneh affecte longitudinalement le Crétacé inférieur et rend toute observation

I. 45

Résultats de fouilles et tranchées de recherche executées dans le bassin de l'ANTI-LIBAN

Ech. vert. 1:50

SW

HR EL AHMAR

Fouille A

N°	Fe	Insol.	SiO_2	P
51,3		11,0	11,1	0,6
32,5		7,1		
40,5	43%	9,0	10,27% 7,4	0,6
49,7		15,1		
44,0		9,8		
34,1		17,4		
45,6		12,0		

KAFER DANIS

Fouille B

Anal. N°	Fe	Insol.	P
8	37,2	17,9	

KHERBET ROUHA

Fouille C

Anal. N°	Fe	Insol.
9	32,4	17,1

Village AIN AARAB

Fouille D

cm	Anal. N°	Fe	SiO_2	P
70				
80				
25				
50				
135	10	45,8	8,9	0,7

2200 m au NE de AIN AARAB

Tranchée I

cm	Echant. N°	Fe	Insol.	Fe_2O_3
35				
15				
40		36,1	11,4	51,6
131		47,2	9,2	67,5
		41,76	13,15	
75		35,3	21,0	50,5
60-70				
57		37,2	18,7	53,2
85				
>50				

2400 m à l'Est de MDOUKHA

Tranchée II

cm	Echant. N°	Fe	insol.	SiO_2	Fe_2O_3	P	Al_2O_3
>50							
40							
10		38,4	8,1		54,9		
15							
10							
5							
20							
80		37,7	18,6		35,9		
		42,63	13,2	10,9	60,9	0,3	9,1
145		45,4	10,2		64,9		
43							
15							
45		33,4	36,0		47,8		
38		44,3	17,9		63,4		
8							
25		47,8	11,2		68,4		
65		34,4	31,3		49,2		
>50							

1400 m au SSE de AITA EL FOUKHAR

Tranchée III

NE

cm	Echant. N°	Fe	Insol.	SiO_2	Fe_2O_3	P
100						
40						
30						
5						
66		43,3	15,2	11,9	61,9	0,5
14						
34		34,1	32,1		48,8	
20						
5		43,3	15,2		61,9	
125		41,2	15,5	13,9	58,9	0,9
30						
>100		14,5	66,8		20,7	

Calcaire fossilifère

Argile

Grès ou sable

Calcaire à oolithes ferrifères

Marne sableuse

Couche d'oolithes

Croûtes d'hématite à grains de quartz

Ocre jaune ou rouge

3,500 Km. — 1,500 Km. — 1,750 Km. — 1,950 Km. — 1,700 Km. — 4,500 Km.

Pl. 45

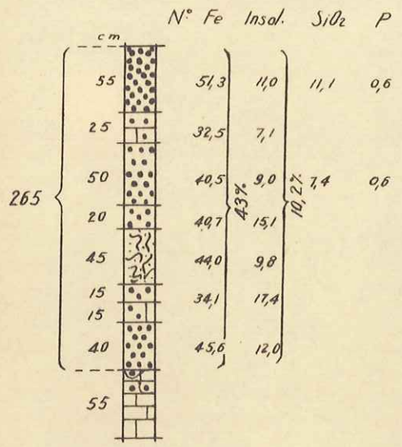
Résultats de fouilles et tranchées de recherche executées dans le bassin de l'Anti-Liban

Ech. vert. 1:50

SW

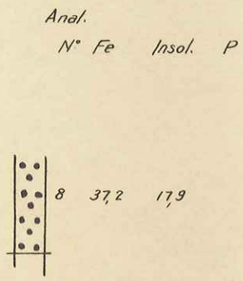
Dahr El Ahmar

Fouille A



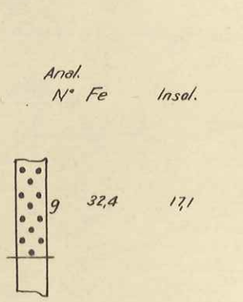
Kafer Danis

Fouille B



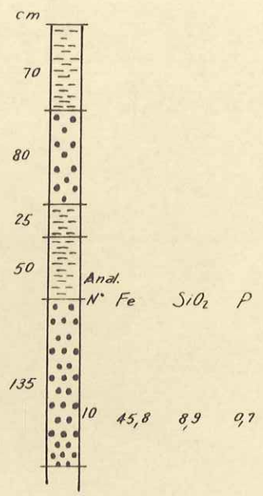
Kherbet Rouha

Fouille C



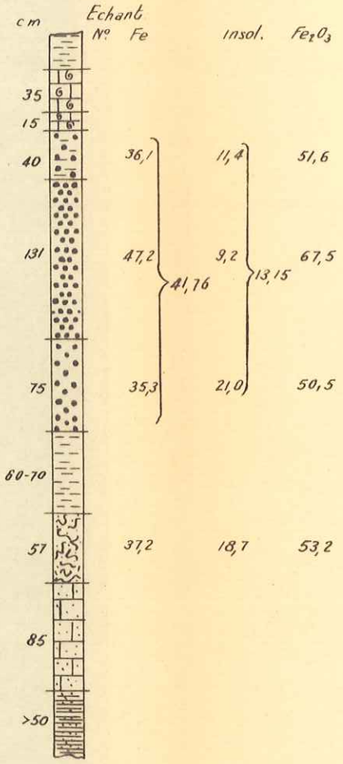
Village Ain Aarab

Fouille D



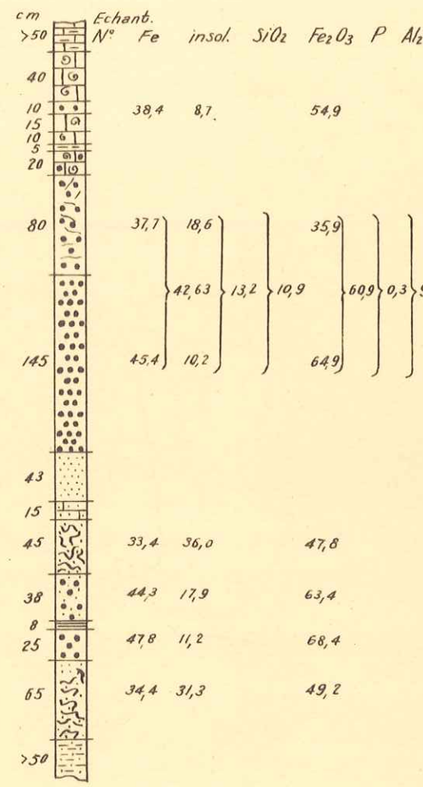
2200 m au NE de Ain Aarab

Tranchée I



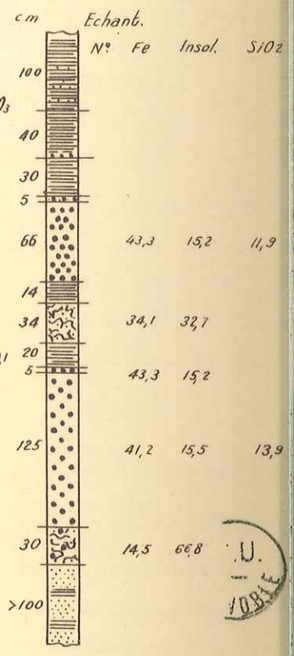
2400 m à l'Est de Mdoukha

Tranchée II



1400 m au SSE de Aita El Foukhar

Tranchée III



- Calcaire fossilifère
- Argile
- Grès ou sable
- Calcaire à oolithes ferrifères
- Marne sableuse
- Couche d'oolithes
- Croûtes d'hématite à grains de quartz
- Ocre jaune ou rouge

3,500 Km. — 1,500 Km — 1,750 Km. — 1,950 Km. — 1,700 Km. — 4,500 Km.

difficile. Néanmoins, dans les rares localités où l'on rencontre quelques affleurements aptiens, on remarque une suite normale de faciès en direction W-E, avec la présence des mêmes couches à oolithes ferrifères. Ces observations nous laissent penser que le bassin de l'Anti-Liban représente la suite du bassin central vers l'Est.

1.6 DISPOSITION DES COUCHES DANS LE FAISCEAU FERRIFERE ET VARIATIONS LATERALES DU MUR.

A l'extrême SW, dans la fouille A, on remarque que le mur du faisceau est constitué par un banc de calcaire jaune détritique, à cavités remplies d'oolithes ferrifères. Dans la partie centrale, ce banc de calcaire est remplacé par une couche de marne siliceuse.

En remontant plus vers le NE, on constate dans la tranchée n° III que le mur devient un banc de grès rouge rappelant le faciès continental. La variation latérale du mur indique une tendance à l'émersion du SW vers le NE. Ce phénomène fut confirmé dans l'Anti-Liban Nord où tout l'Aptien inférieur est remplacé par des grès continentaux.

Au-dessus du mur, suit en général une couche d'oolithes riche, de 35,3 à 45,6 % de fer. Suivent vers le haut, jusqu'au toit, d'autres couches plus ou moins riches ; les croûtes sont rarement rencontrées et en faibles intercalations de 34 à 57 cm d'épaisseur. Par endroits, la série ferrifère est entrecoupée d'intercalations marno-argileuses de 14 à 50 cm d'épaisseur (pl. n° 45). Le toit est constitué soit par une couche de marne ou d'argile (fouille D), soit par un banc de calcaire rouge ferrugineux très fossilifère, à Huîtres et Bivalves. L'épaisseur totale du faisceau varie entre 373 et 464 m.

Dans la région de Aïn-Aarab, nous avons constaté la présence d'une autre couche d'oolithes située 6 m plus haut et séparée du faisceau principal par une série marno-calcaire stérile.

On remarque dans l'ensemble, que ce gisement renferme des teneurs plus élevées que celles rencontrées dans les deux premiers bassins. Ceci peut être dû à la présence d'une couverture stérile qui protège la série ferrifère des phénomènes météoriques, ce qui explique d'ailleurs l'absence de croûtes dans les intercalaires du faisceau.

1.7 CONCLUSION - RESERVES.

L'étude de ce bassin a montré que le dépôt d'oolithes continue d'une façon régulière à partir du bassin central vers l'E et le SE. Dans cette étude préliminaire, les résultats d'analyses chimiques montrent que le gisement est d'une importance telle, qu'il mérite la poursuite d'une recherche détaillée.

En ce qui concerne les réserves, aucune précision ne peut être donnée à l'état actuel. Etant donné que les formations accusent une certaine inclinaison vers le NW, le faisceau ferrifère plonge sous une importante couverture stérile, ce qui rend difficile l'estimation des quantités exploitables à ciel ouvert. Cependant, pour avoir une idée de l'importance du gisement, nous donnons provisoirement et sous toutes réserves les deux chiffres suivants :

Exploitable à ciel ouvert : 750 000 à 1 000 000 de tonnes
Réserves disponibles : 150 à 200 000 000 de tonnes.

Ces chiffres seront certainement modifiés après l'étude détaillée du gisement.

1.0 GENESE DES GISEMENTS OOLITHIQUES.

1.1 THEORIES GENETIQUES.

Depuis plus de cinquante années, plusieurs auteurs se sont penchés sur ce problème et plusieurs théories furent avancées pour expliquer l'origine des dépôts ferrifères marins.

L. CAYEUX [9a, 1909-1922] étudie la formation d'oolithes calcaires, il avance une théorie basée sur les conditions chimico-mécaniques du milieu qui ont contribué au dépôt de ces oolithes.

En étudiant l'origine d'oolithes ferrifères, il accorde une grande importance aux phénomènes d'épigénie, c'est-à-dire remplacement moléculaire de minéraux par d'autres. D'après lui, il y aurait eu d'abord formation d'oolithes calcaires, lesquelles auraient été transportées par des courants vers les zones de sédimentation. Puis il suppose la présence d'une activité bactérienne qui entraîne l'épigénisation des oolithes calcaires au cours du transport. Cette épigénie a dû se faire en plusieurs phases : 1ère phase, calcaire ; 2e phase, remplacement de la calcite par la sidérose ; 3e phase, chloriteuse et 4e phase, ferrugineuse, donnant naissance à l'hématite. CAYEUX avance cette théorie en se basant sur les arguments suivants :

Dans les oolithes ferrifères, comme dans les oolithes calcaires, la composition varie du centre vers l'extérieur ; la présence de fossiles en voie de minéralisation, les traces de courants.

Cependant aucune preuve d'activité bactérienne n'a été repérée. D'autre part, la présence de magnétite à la fois dans le ciment et les oolithes paraît être difficile à expliquer; de même certaines associations minérales obligent à admettre des cas d'évolution inverse : hématite se transformant en sidérose.

La présence de galets de minerai et les variations dans la nature des couches ont conduit CAYEUX à conclure à l'existence d'un bassin sublittoral avec des remaniements pendant la durée de la formation.

J. BICHELONNE et P. ANGOT [3 - 1939] étudient le bassin ferrifère de Lorraine. Pour eux, l'absence d'organisation du ciment minéralisé rend l'hypothèse de l'origine bactérienne peu plausible. Ils nient la présence d'oolithes de calcite à l'origine, la précipitation directe de chlorite et de sidérose a eu lieu sans filiation de l'une à l'autre. L'évolution serait par oxydation dont le degré se mesure par la clasticité des dépôts.

L. CAYEUX [9b, 1941] reprend sa théorie ; il compare la formation des oolithes ferrifères avec celle des phosphates de chaux. Cependant il fait remarquer que l'"histoire des minerais de fer oolithiques est assez compliquée, en ce sens qu'elle implique une évolution minéralogique comportant de multiples stades et affectant plus ou moins le ciment lui-même". Dans sa conclusion il souligne les trois facteurs suivants :

1. "Le rôle capital joué par les ruptures d'équilibre des mers dans la genèse des dépôts des minerais de fer oolithiques.
2. La création, sous l'influence de ces perturbations, de fonds sous-marins où s'élaborent, loin des côtes, des sédiments à faciès littoral ou sublittoral, prêtant à confusion sur le terrain.
3. L'évolution sous-marine extrêmement rapide, sur des fonds instables, de composés ferrugineux, évolution dont on ne connaît pas un seul exemple dans les mers actuelles."

Il nous paraît que cette conclusion nuancée introduit une modification sur la théorie que CAYEUX a émis 20 ans plus tôt, en ce sens qu'elle ajoute des facteurs qui n'étaient pas mis en jeu jusqu'alors.

- S. CAILLERE et F. KRAUT [9,1953] présentent une note au Congrès géologique international d'Alger, dans laquelle ils considèrent qu'en dehors d'une phase d'épigénie des organismes antérieure à la formation des oolithes, la chronologie des phénomènes n'est pas absolument nécessaire, car la présence d'oolithes centrées sur un fragment de ciment indique que les deux se sont formée en même temps. Ainsi ils supposent qu'un dépôt colloïdal, donnant naissance aux oolithes qui représentent un cas privilégié , s'est formé en même temps qu'un autre dépôt cristallin donnant naissance au ciment.

CAILLERE et KRAUT soulignent les faits qui contredisent la théorie de CAYEUX : l'absence d'oolithes calcaires ; les oolithes ne sont pas usées, donc pas de transport, et l'absence d'une succession régulière dans les couches complexes. Compte tenu de ces conditions, l'oolithe s'est formée de la façon suivante : les éléments à l'état colloïdal se sont formés autour d'un grain de quartz ou d'un débris d'organisme épigénisé qui serviraient de centre d'attraction, tandis que les produits non colloïdaux cristalliseraient dans le ciment. Nous retenons la théorie de S. CAILLERE et F. KRAUT, surtout en ce qui concerne la formation d'oolithes, car leurs observations et remarques concordent avec celles que nous avons obtenu en étudiant nos échantillons.

- H. ERHART [15, 1956] donne une définition de la théorie bio-rhexistasique : équilibres et ruptures d'équilibre que CAYEUX avait déjà soulignés dans sa conclusion en 1941. En attribuant ces répercussions géologiques à la disparition forestière, ERHART trouve que l'importance de la chose justifie la création d'un nouveau terme scientifique désignant cette rupture d'équilibre biologique, et il propose de la désigner par le terme "Rhéxistasie". Pour la période qui précède ou qui suit la Rhéxis-

tasie, il lui semble que le terme "Biostasie" serait explicite pour désigner la période d'équilibre biologique qu'il convient d'opposer aux périodes rhéxistasiques. Il accorde une grande importance au rôle que peut jouer la forêt comme filtre séparateur : on se rend compte que l'érosion superficielle, sous forêt vierge est pratiquement nulle. Ce qui se passe est une dénudation chimique intense qui provient de la dissolution des éléments par l'eau chaude, chargée de l'acide carbonique de la décomposition végétale. "Ce phénomène prolongé pendant la durée d'une période géologique serait la séparation presque intégrale, dans le temps et dans l'espace, de la phase migratrice de la pédogénèse, de sa phase résiduelle. Et l'on voit tout de suite les répercussions que cela doit avoir sur la vie et la sédimentation dans les océans. La première conséquence inéluctable sera que, durant toute la période forestière, la sédimentation ne pourra être autre chose qu'une sédimentation chimique, avec ou sans fixation biologique, et que la sédimentation détritique ne pourra reprendre que lorsque la forêt aura disparu et livré à l'érosion les éléments de la phase résiduelle de la pédogénèse".

En étudiant les gisements de fer, ERHART admet la présence de phénomènes biochimiques qui ont joué un rôle important dans certains cas, mais il considère que les auteurs qui se sont occupés de la genèse des minerais de fer ont omis d'attirer l'attention sur l'aspect le plus important du problème, c'est qu'une grande partie des gisements de fer connus ont une origine purement pédogénétique. Il termine en disant : "si nous sommes en présence de couches alluvionnaires ou sédimentaires (lacustres ou marines), c'est le phénomène de la Rhéxistasie qui est le plus capable d'expliquer rationnellement les faits."

Nous remarquons que ERHART parle des couches sédimentaires lacustres ou marines, sans utiliser le terme oolithe, ce qui nous laisse penser que l'étude fut faite sur les minerais compacts non oolithiques.

D'après P. ROUTHIER [31] 1963 :

"G. COURTY [1959] admet une solution assez conforme aux théories de CAYEUX, et insiste sur le changement de milieu et le transport subis par les oolithes.

L. BUBENICEK [1960], reprenant l'étude du bassin de Lorraine, aboutit à des conclusions beaucoup plus nuancées. Il met en évidence les contradictions, théoriques et de fait, et conclut que les concentrations en fer ne sont pas seulement le résultat d'une sédimentation chimique indépendante dans l'eau, mais le résultat d'un processus entier de sédimentation, où il y a différenciation mécanique, chimique et biogène."

G. CASTANY et G. LUCAS [1955]*, après avoir cité l'existence d'oolithes calcaires actuelles dans deux différentes localités sous-marines, étudient la possibilité de remaniement à partir des calcaires oolithiques baignés dans la mer et le transport par courant. Leurs observations rejettent cette idée et ils concluent que

"les oolithes ne semblent pas pouvoir provenir de la terre et ne viennent non plus du large".

Ils ajoutent :

"la seule hypothèse possible est alors celle d'une origine locale".

Ainsi pensent-ils que les oolithes ont pu prendre naissance sur place.

---

* G. CASTANY et G. LUCAS [1955], Sur l'existence d'oolithes calcaires actuelles au large de l'Ile de Djerba (Sud-Tunisien). Soc. Géol. France, Supp. au C.R. sommaires des séances, 1955, nº 11 et 12, p. 229.

Après avoir esquissé les différentes théories génétiques avec leurs contradictions, on remarque qu'il est difficile de partager uniquement l'opinion d'un seul auteur, sans tenir compte de celle des autres. Cette divergence d'idées est due, pensons-nous, à l'absence de certains facteurs essentiels qui ont cessé d'exister après la sédimentation définitive de l'oolithe. Ainsi, dans toutes ces théories, une partie fut fondée sur une base hypothétique qui découle de l'observation et, par la suite, de la conception de chaque auteur. Bien que les gisements oolithiques se ressemblent en général, il n'est pas inutile de rappeler qu'en détail, les conditions de sédimentation varient d'un bassin à l'autre.

En ce qui concerne nos gisements, la théorie de CAYEUX nous paraît explicite en certains points, par exemple : la forme des oolithes. Cependant nous partageons l'avis de S. CAILLERE et F. KRAUT pour les raisons suivantes :

1° - l'absence quasi totale des oolithes calcaires ;

2° - les oolithes ferrifères ne montrent pas de traces d'usure ou de corrosion indiquant le transport, tout au plus remarque-t-on un aplatissement et des fissurations radiales qui sont dues au poids des sédiments sus-jacents.

3° - A ces deux principaux faits, nous en ajoutons un troisième que nous considérons aussi important que les deux premiers. Ce fait, qui résulte de nos observations durant l'étude du bassin central, est le suivant :

La formation d'ovoïdes ferrifères (pl. n° 30) semblable à celle des oolithes, et leur absence totale à l'état calcaire, nous semble étayer la théorie de S. CAILLERE et F. KRAUT.

D'autre part, comme le faciès l'indique, ces dépôts sont littoraux ou sublittoraux. Dans ce cas, la théorie de H.ERHART [15] sur les ruptures d'équilibre ou "rhéxistasie", phénomène très fréquent dans les bassins littoraux, ne manque pas d'attrait.

1.2 RECONSTITUTION PALEOGEOGRAPHIQUE.

En reprenant les différentes théories, on remarque que tous les auteurs partagent la même opinion sur la présence d'un milieu sublittoral durant la formation des oolithes. Au Liban, dans les coupes stratigraphiques détaillées comme dans les autres gisements étudiés ailleurs, les caractères pétrographiques des sédiments, ainsi que les espèces fossilifères rencontrées, impliquent l'existence d'un bassin littoral ou sublittoral pendant la durée de la formation.

Ceci nous paraît être normal, car à la fin de l'orogénèse jurassique, le Crétacé transgressif sur les grès continentaux débute par l'Aptien marin de faciès sublittoral. La situation paléogéographique d'alors suggère la présence d'un milieu propice à la formation de notre faisceau ferrifère, qui s'intercale dans la série aptienne.

Pour illustrer cette hypothèse, nous avons reconstitué sur la planche n° 46 les différentes phases de l'orogénèse jurassique. Les deux premières phases représentent la régression successive au Liban et la troisième, l'émersion totale du pays. Puis débute la transgression avec les mouvements qui se succèdent dans l'ordre suivant :

4e phase : dépôts aptiens, faciès littoral ou sublittoral, formation d'oolithes au Liban Nord et émersion partielle de l'Anti-Liban Nord ; en même temps, fosse locale au Liban Central jusqu'à la bordure de l'Anti-Liban Central et Sud.

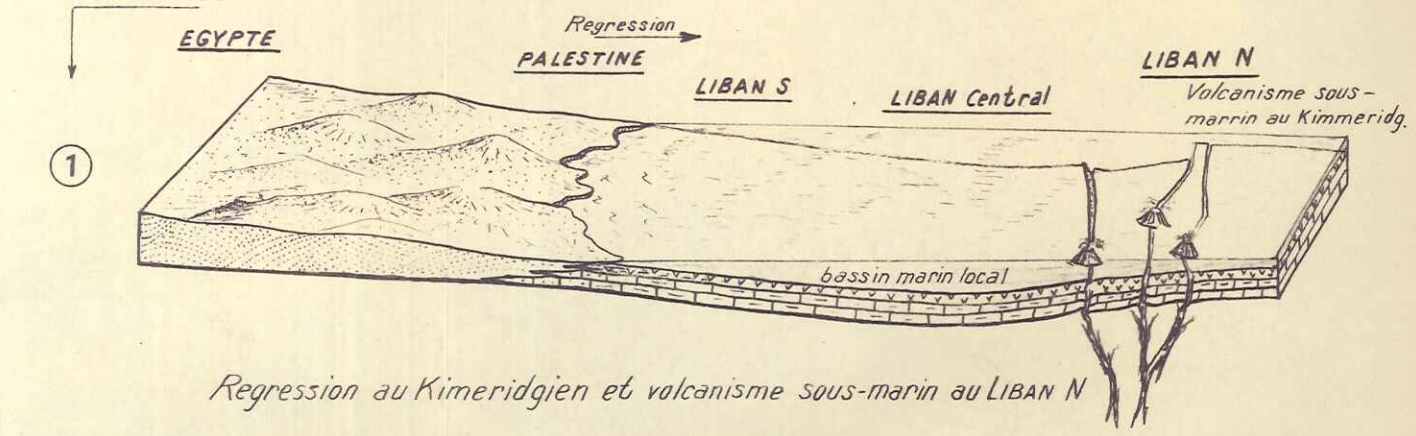
Pl. 46

Les Differentes Phases De l'évolution Des Mouvements Jurassiques

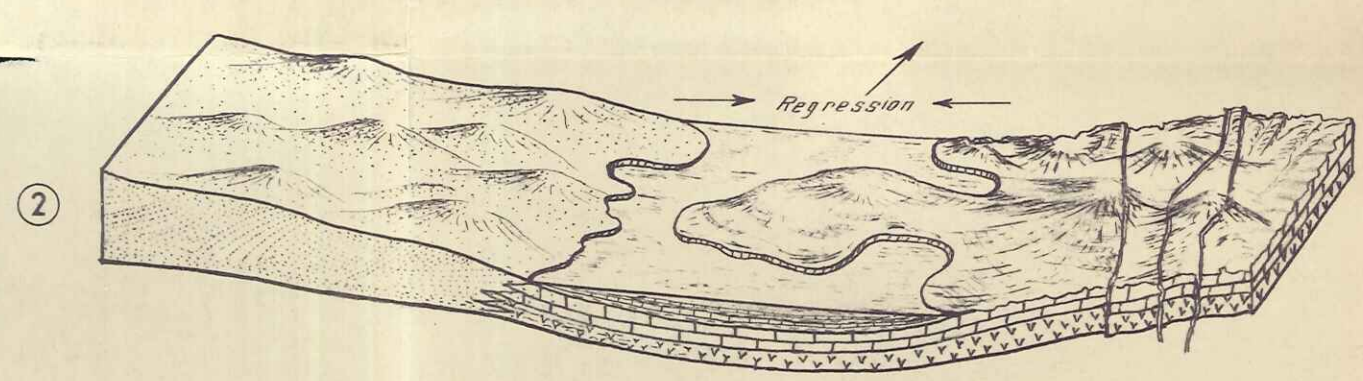
Entre l'EGYPTE et le LIBAN

SUD NORD

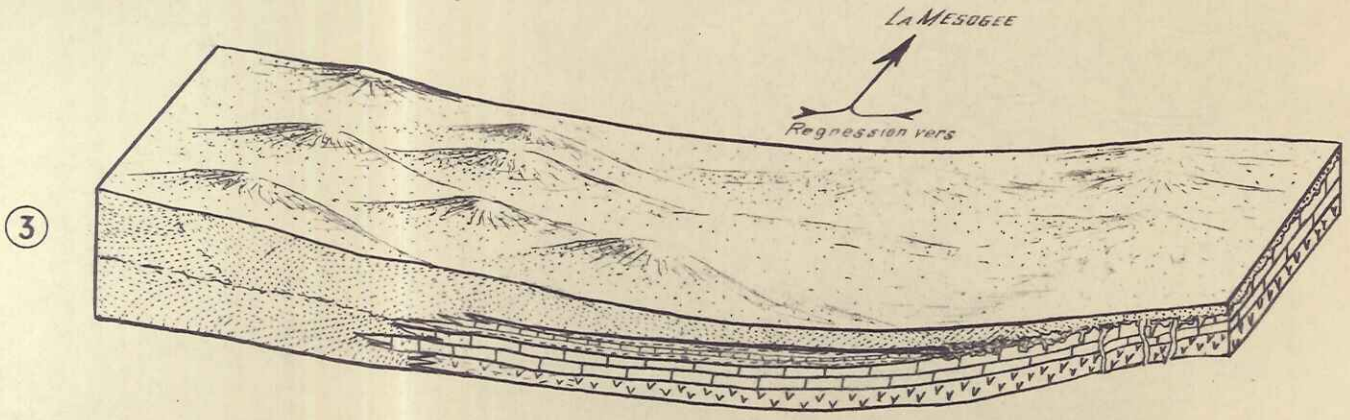
N.os des Phases



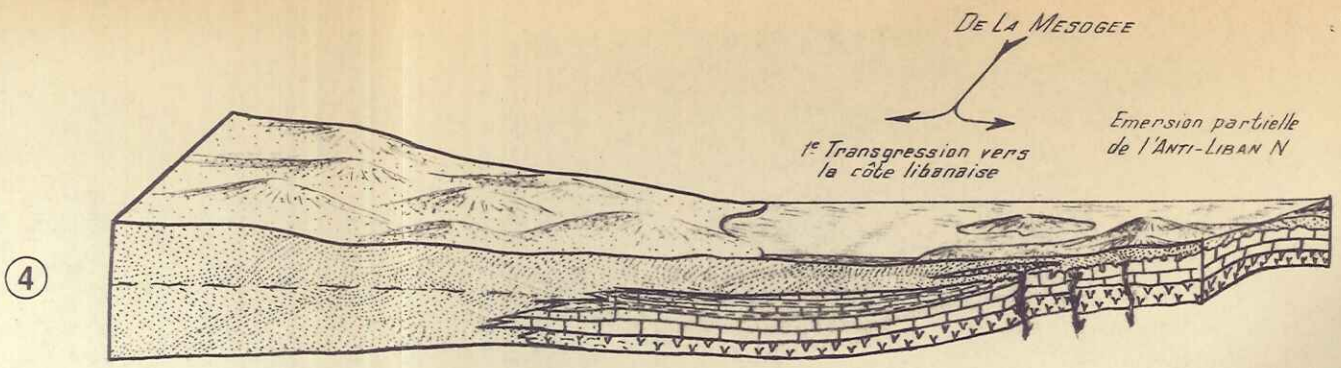
Regression au Kimeridgien et volcanisme sous-marin au LIBAN N



Bassin marin local au LIBAN et ANTI-LIBAN central et emersion au LIBAN nord

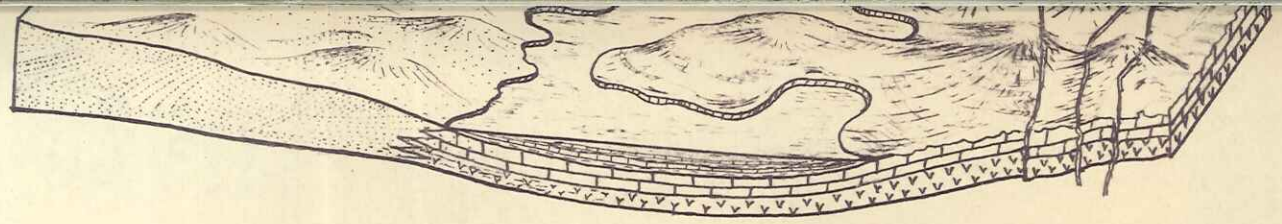


Emersion totale et dépôts continentaux



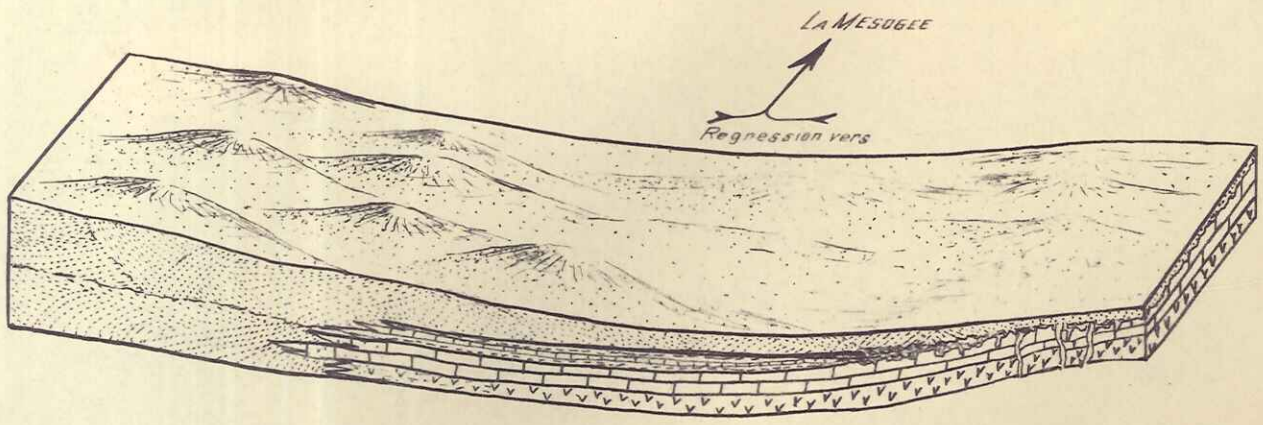
Début de la transgression crétacée

②



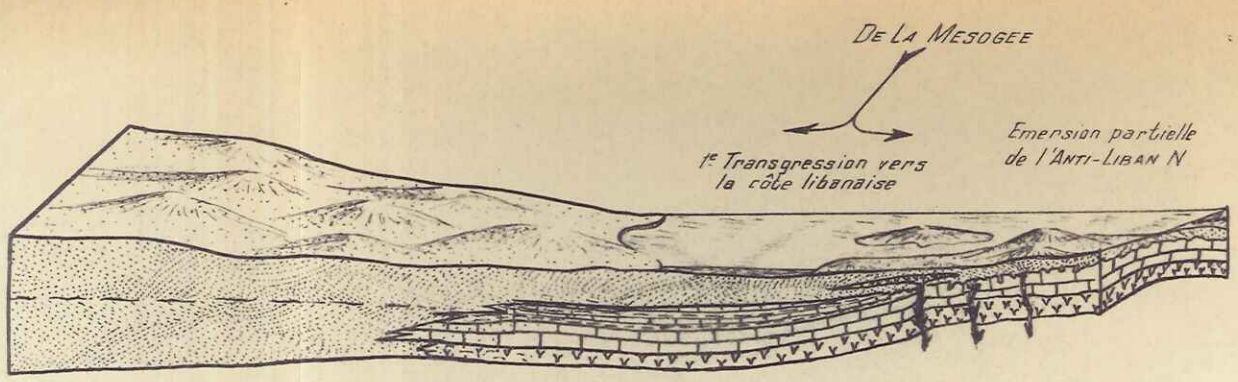
Bassin marin local au LIBAN et ANTI-LIBAN central et emersion au LIBAN nord

③



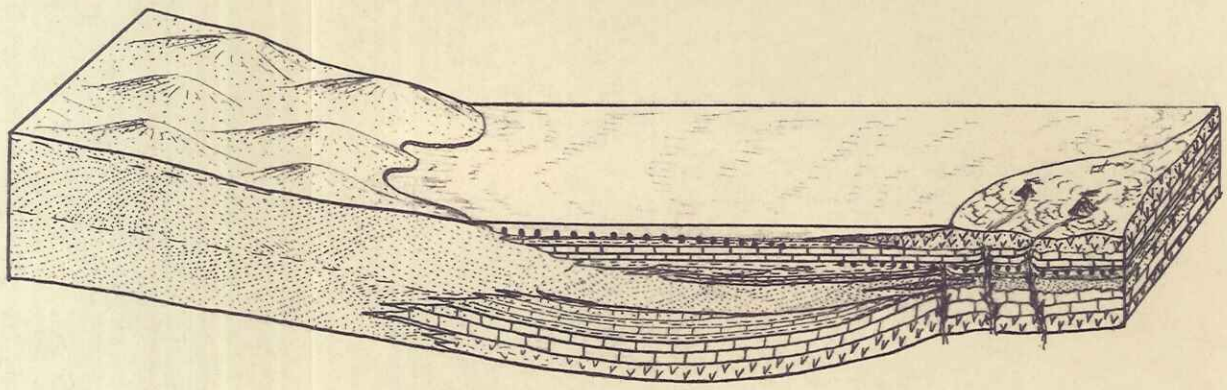
Emersion totale et dépôts continentaux

④



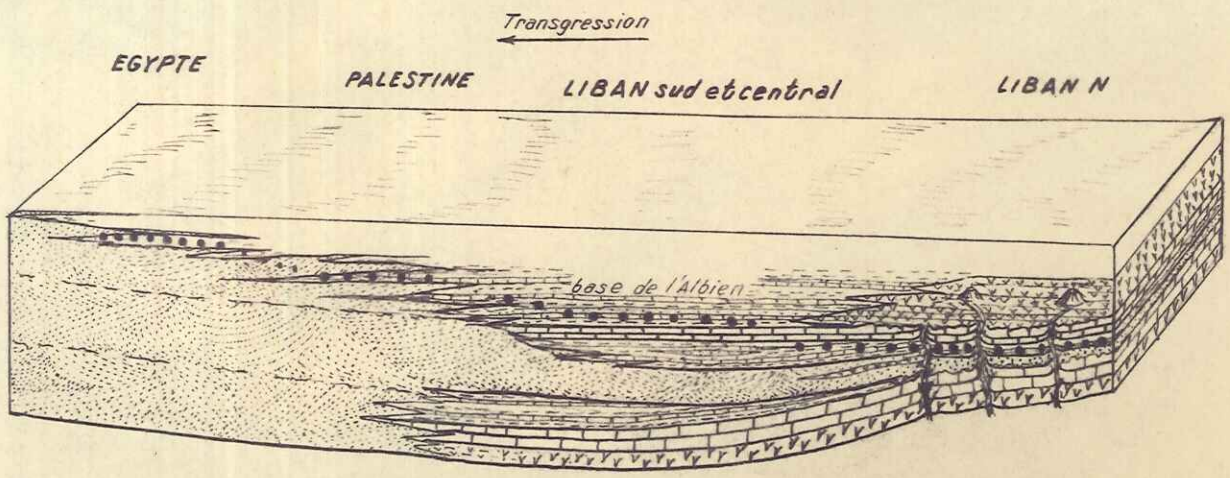
Début de la transgression crétacée

⑤



Dépôts de l'Aptien et formation d'oolithes ferrifères au LIBAN et ANTI-LIBAN central

⑥



Transgression avancée vers le sud, formation d'oolithes ferrifères dans l'ALBIEN en PALESTINE et au SENONIEN en EGYPTE

5e phase , à deux stades :

1) Immersion totale, faciès plus profond que celui de la 4e phase, mais de caractère récifal ; formation de la Falaise Blanche - Aptien moyen (Rhéxistasie).

2) Comblement de la fosse locale et formation d'oolithes dans l'Aptien supérieur au Liban Central et Anti-Liban Central et Sud. En même temps, émersion partielle au Liban Nord et volcanisme local.

6e phase, à deux stades :

1) Transgression partielle et momentanée en Palestine, dépôt d'oolithes ferrifères dans la série gréseuse de l'Albien inférieur ; au Liban, immersion totale.

2) Toujours en direction Sud, en Egypte avancement de la transgression mais à un stade très tardif par rapport au Nord, formation d'oolithes dans le Crétacé supérieur (faciès littoral et conglomératique).

La planche n° 47, avec les coupes relevées du Nord vers le Sud, indique l'évolution de la régression et de la transgression accompagnant les différentes phases de l'orogénèse. Elle montre en outre l'importance des dépôts continentaux connus sous le terme de Grès de Nubie, en Egypte.

1.3 CONCLUSION.

Cette étude montre que tous les gisements oolithiques sont semblables au point de vue origine de dépôts et milieu de sédimentation. Elle met en évidence la relation directe qui existe entre les mouvements orogéniques d'un côté et la formation d'oolithes ferrifères dans les bassins littoraux, de l'autre.

En outre, elle montre que le faisceau ferrifère de l'Aptien au Liban et celui du Sénonien en Egypte se classent parmi les rares gisements de fer oolithiques qui se rencontrent dans

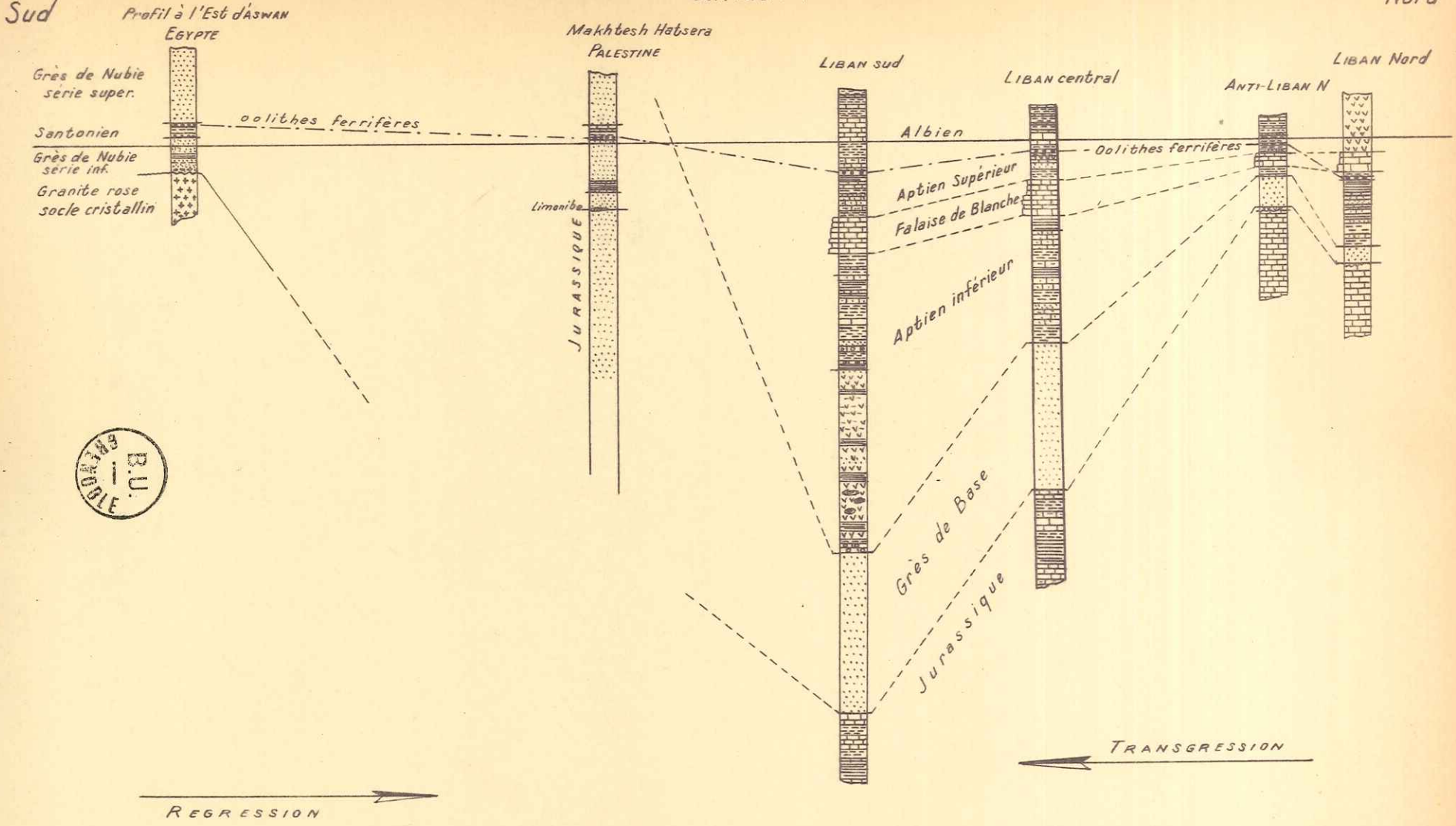
Tableau de correlation entre le LIBAN la PALESTINE et l'EGYPTE

Pl. 47

Ech. vert. 1:7.500

Sud

Nord



GRENOBLE B.U. I

le Crétacé.

D'autre part, E.N. EGERAN et E. GÖKSU [14] ont signalé l'absence de gisements sédimentaires dans la série mésozoïque en Turquie, de même la présence de gisements sédimentaires n'a pas été signalé en Syrie.

Ces observations nous ont permis d'esquisser, dans les grandes lignes, un ensemble de bassins qui se rapportent à une même orogénèse ; ce sont, du Nord au Sud : Bassin du Liban Nord, Bassin du Liban Central et Bassin de l'Anti-Liban, la série d'oolithes ferrifères dans l'Albien en Palestine et finalement, au Sud, le gisement oolithique du Sénonien actuellement exploité en Egypte.

CHAPITRE III.

1.1. RESERVES DES PAYS MEDITERRANEENS.

Avant de terminer cette étude, et pour encadrer le Liban dans l'unité géographique dont il fait partie, nous avons trouvé utile de donner un relevé rapide des réserves des pays méditerranéens producteurs du minerai et du fer.

Dans le tableau que nous reproduisons, les chiffres sont basés sur les études présentées à l'occasion du 19e Congrès géologique international : Symposium sur le Fer, qui a eu lieu à Alger en 1952.

Pour obtenir les chiffres des réserves en 1961, nous avons tenu compte des quantités exploitées entre 1952 et 1961, en nous basant sur les statistiques faites par la B.U.G. Minerals Yearbook [7], excepté les réserves de l'Egypte et celles du Liban. Ainsi nos chiffres représentent le minimum des quantités disponibles dans ces pays car, le potentiel des gisements découverts entre 1952 et 1961 n'entre pas dans nos calculs. (Voir tableau des réserves des pays méditerranéens).

1.2 ENRICHISSEMENT ET POSSIBILITES D'EXPLOITATION.

D'après les analyses d'échantillons prélevés des différents gisements, nous avons constaté que notre minerai est de type siliceux, considéré comme minerai pauvre dans l'industrie sidérurgique. Cependant, les procédés d'enrichissement ont permis l'exploitation d'immenses gisements de ce type.

RESERVES EN MINERAIS DE FER DES PAYS MEDITERRANEENS

état début 1961

mé en millions de tonnes sauf les quantités exploitées en tonne

certaines 1952	Quantités exploitées entre 1952 et 1961	Réserves en 1961					
		certaines	% Fe	Probables	% Fe	Possibles	
,19	39,160	4,15	40	1,77	57	0,50	
12	502,289	3.198,54	45	2.587,10	40	13,00	
89	11.675	23,88	59-60	36,88	42-50	10,00	
89	14.226	26,88	43-60	133,50	-	11,50	
40	2.108	3,39	47-51	16,85	40-42	8,50	
00	7.099	(35,00 5,00	55-65 31	42,00	21	12,00	
00	261	52,00	30-40	60,00	35-47	412,00	d
	-	-	-	-	-	-	
735	1.041	9,73		7,57	Provisoires (1957)		
	-	-	-	-	-	-	
54	10.362	20,63	50	7,00	50	25,00	
00	28.495	63,97	52-55	56,00	+50	-	
00	15.053	33,50	43	30,00	40-45	12,00	
iffre	pas de chiffre	30,00	60	15,00	50-60	15,00	
	-	-	-	-	-	-	

B.U. GRENOBLE

Pour donner une idée de ces procédés, nous en citons les plus importants sans tenir compte du four Martin actuellement utilisé en Lorraine.

1° - Par hydrogénation : consiste à utiliser le gaz d'hydrogène comme réducteur et combustible en même temps. Procédé déjà mis au point et utilisé aux Etats-Unis.

2° - Procédé Renn ; réduction du minerai dans un four spécial utilisant la poudre de charbon comme combustible et réducteur, mis au point et construit par KRUPP en Allemagne.

3° - Par concentration mécanique : le minerai à 30 % de fer, broyé en poudre, est envoyé dans une centrifugeuse à spirales à eau. Après le traitement, la silice est séparée de l'oxyde et l'on obtient alors un concentré à 60 % de fer. Ce procédé est actuellement utilisé par la Quebec Cartier Mining au Canada, voir DROLET (J.P.) [3].

4° - Enrichissement par traitement chimique : procédé découvert par E. HERZOG et L. BACKER [17].

> "Cette méthode consiste à faire dissoudre les silicates complexes dans une solution de soude caustique, concentrée entre 30 et 50 % à la température d'ébullition 125-135° C environ.
>
> En opérant avec 5 parties d'une solution de NaOH à 40 % pour une partie de minerai de Saizerais broyé à 2 mm, nous avons obtenu au bout de 20 à 30 minutes et après lavage à la soude chaude et à l'eau :
>
> 1° - un produit solide renfermant au moins 97 % du fer total, la chaux et la magnésie ;
> - une faible fraction du phosphore (10 à 20 % du total) ;
> - une fraction de la silice, de l'ordre de 50 à 20 % des teneurs initiales ;
>
> 2° - une solution renfermant 50 à 80 % de la silice, toute l'alumine, 80 % du phosphore et 2 à 3 % du fer contenu dans les minerais bruts (voir tableau joint).

RESULTATS D'ESSAIS D'ENRICHISSEMENT PAR VOIE CHIMIQUE DU MINERAI DE FER DE LORRAINE

PAR E. HERZOG.

A. Minerais calcaires.

	Fe	SiO2	CaO	P2O5	Al2O3	MgO	Mn	S	Perte à 450°
Minerai brut %	31,56	12,55	13,35	1,35	2,75	1,82	0,30	0,16	8,52
Minerai traité %	39,0-43,0	2,0-7,0	13,0-18,0	0,25-0,35	0,1,90	1,5-2,0	0,30-0,40	0,015-0,02	5-10
450°C.....	43-48	2,2-7,8	14,5-20	0,3-0,4	0-1,1	1,6-2,2	0,30-0,45	0,015-0,02	

B.U. INPG

B. Minerais siliceux

Brut %	30,8	20,99	4,04	1,22	4,66	2,14	0,39	0,40	17,11
Traité %	38,4-45	5-13	4,5-5,8	0,25-0,35	0-1	2-3	0,4-0,5	0,015-0,025	5,5-15
450°C.....	42-50	5,5-14,5	5-6,5	0,25-0,35	0-1,1	2,2-3,3	0,45-0,55	0,015-0,025	

La solution peut être utilisée plusieurs fois, jusqu'à ce qu'elle renferme environ 10 à 15 % de SiO2. Ensuite, elle peut être régénérée par une addition de chaux qui fait précipiter le phosphate, une partie de la silice et de l'alumine ; il en résulte un produit de la composition suivante :

SiO2, 30-35 % ; P2O5, 3-4 % ; Al2O3, 10-15 % ; Fe, 1-2 % ; CaO, 45-50 %."

Nous pensons que ce procédé serait celui qui convient le mieux pour l'enrichissement de notre minerai oolithique, car les essais ont été faits sur des minerais semblables à ceux de nos gisements. A souligner que l'important avantage de ce procédé, c'est qu'on utilise un produit chimique de bon marché, évitant l'emploi du gaz ou du charbon qui ne sont pas de production locale.

1.2.2 POSSIBILITES D'EXPLOITATION.

Le développement rapide de l'industrie lourde pendant la deuxième guerre mondiale a conduit à l'exploitation accélérée des gisements de minerai de fer. D'après W. LINDGREN [23] :

"La région du Lac Supérieur, aux Etats-Unis a livré pendant les années de la guerre 340 millions de tonnes de ces minerais riches."

Ainsi, les sidérurgistes américains étaint obligés de se diriger vers les fournisseurs des sidérurgistes européens qui, eux-mêmes, ont dû se diriger vers de nouvelles sources d'approvisionnement.

A l'occasion du 19e Congrès géologique international, F. CUSSET [10] dit :

"Si le fer doit continuer à jouer, dans la civilisation humaine, le même rôle qu'aujourd'hui, il faudra bien que l'on exploite de plus en plus des substances qui n'auront pas été jusqu'alors considérées comme des "minerais de fer". Leurs accumulations constitueront alors des "gisements."

Il est certain que l'exploitation économique d'un gisement est conditionnée par les trois principaux facteurs suivants :

1 - la qualité du minerai ;

2 - la grandeur du gisement ;

3 - la situation géographique.

Pour la qualité, nous avons déjà cité les différents procédés à suivre pour rendre le minerai marchand, procédés qui sont actuellement utilisés dans les pays producteurs. La grandeur des gisements libanais est justifiée par leurs réserves certaines et disponibles. De même la situation géographique est très favorable, surtout celle du Bassin Nord et du Bassin Central, au point de vue distances et facilités d'exploitation.

Cet aperçu donne une idée générale sur les possibilités d'exploitation des gisements oolithiques au Liban. Il est incontestable qu'une mise en valeur nécessite d'autres études économiques techniques plus détaillées.

CONCLUSION GENERALE

Au début de la première partie, nous avons vu qu'à la suite de mouvements du socle, un volcanisme intense s'est manifesté sur de grandes cassures transversales au Kimméridgien, dans la partie nord du pays. Ces éruptions volcaniques, correspondant essentiellement à des coulées sous-marines, ont donné naissance aux dépôts du Complexe Volcanique qui présente une couche de marne très pyriteuse à sa base.

Dans la classification génétique des différents gîtes, nous avons placé uniquement ceux qui se trouvent dans les basaltes dans la catégorie des gîtes magmatiques. Ils se sont déposés au sein du magma lors de l'éruption, nous les avons étudiés en donnant celui de BALAA n° 1 comme exemple-type de cette catégorie.

L'étude des gîtes métasomatiques et filoniens situés dans les calcaires jurassiques au-dessus du Complexe Volcanique nous a amené à analyser la tectonique du pays à laquelle est liée la formation de ces gîtes, et nous avons constaté que la région où se localise ce type de concentrations minérales présente une tectonique cassante ; des failles E-W qui datent des mouvements jurassiques recoupent en effet toute la série stratigraphique. Durant l'orogénèse antémiocène responsable des reliefs actuels du pays, ces failles ont rejoué, et, sur leur tracé, des phénomènes métasomatiques se sont produits, qui ont mis en solution la pyrite du Complexe Volcanique. Emigrées en direction ascendante suivant les grandes cassures, les solutions sulfureuses se sont déposées dans les couches supérieures pour donner naissance aux gîtes métasomatiques actuels.

Ainsi, nous avons donc pu établir une filiation entre le gîte primaire, rappelons-le, la pyrite du Complexe Volcanique et les gîtes secondaires métasomatiques ou filoniens.

Pour les autres gîtes secondaires, dont la formation est due aux phénomènes météoriques, l'étude génétique de différents exemples-types a montré qu'une partie de ces gîtes doit son origine directement aux basaltes sous-jacents, tandis que l'autre partie provient du remaniement de concentrations secondaires préexistantes.

Dans la deuxième partie, consacrée à l'étude des gisements oolithiques, l'examen radiocristallographique des échantillons prélevés dans les différentes localités a montré que la constitution minéralogique du minerai est semblable dans les trois bassins du Liban Nord, Liban Central et de l'Anti-Liban. Cette observation, jointe aux études stratigraphiques, nous permet d'attribuer la formation du faisceau rencontré dans tous les gisements à un même moment accompagné de conditions propices à la formation d'oolithes ferrifères.

En admettant les conditions fondamentales de la théorie génétique pour la formation des gisements oolitiques, et compte tenu des observations stratigraphiques et paléogéographiques, l'origine de ces gisements peut être attribuée en partie (bassin du Liban Nord) aux croûtes d'hématite qui se trouvaient dans les Grès de base, soumis à l'érosion pendant la formation d'oolithes. Pour les bassins du Liban et de l'Anti-Liban Central, les oolithes doivent leur origine en grande partie à la coulée basaltique qui a eu lieu au Liban Nord à la même époque.

L'étude minéralogique et génétique des différentes formes des minerais oolithiques a permis d'apporter des éléments nouveaux en faveur de l'hypothèse de la précipitation directe de

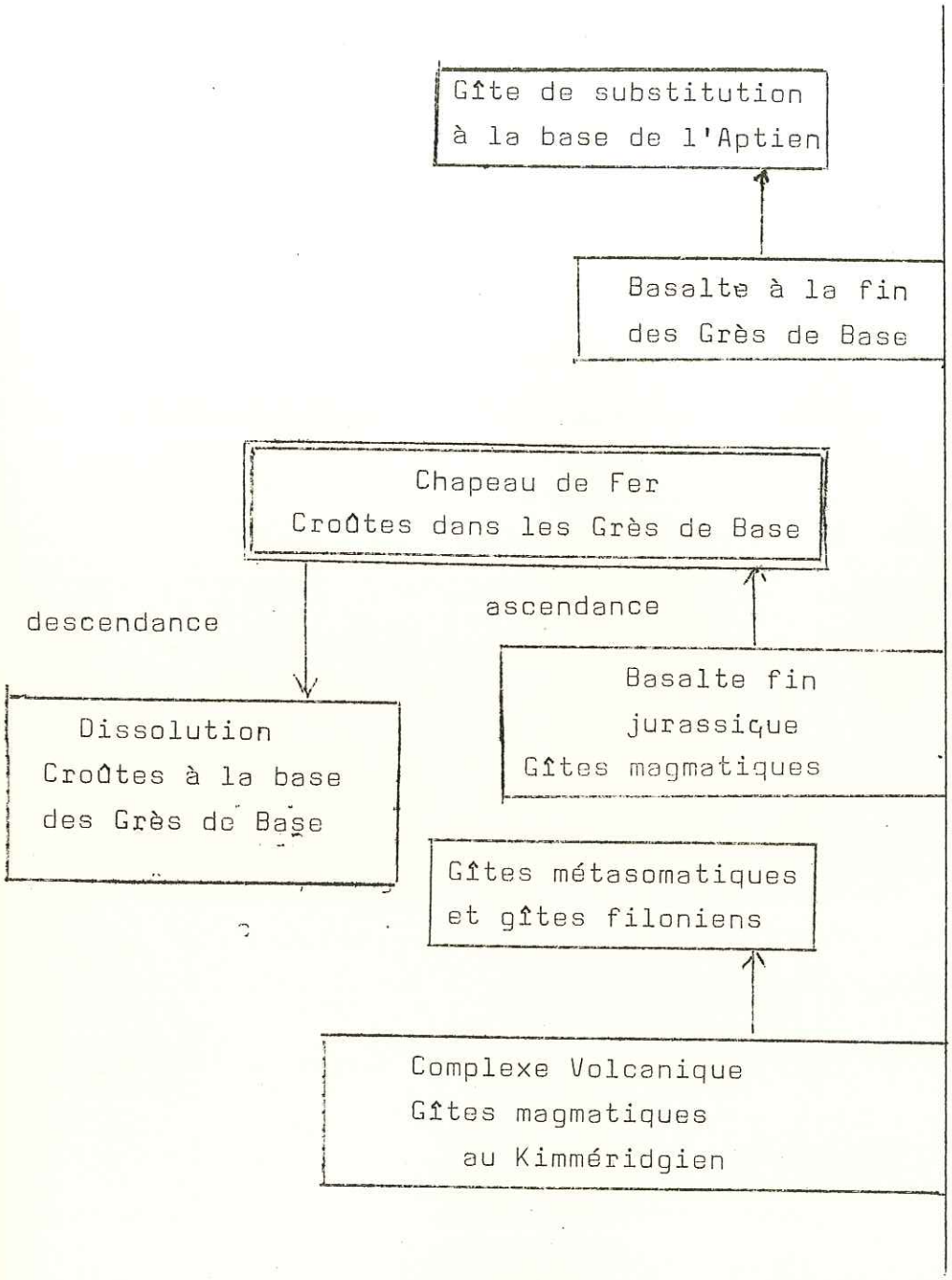
ces minerais ; ceci plus particulièrement grâce à l'étude d'ovoïdes ferrifères rencontrées dans les intercalaires du faisceau du bassin du Liban Central.

D'autre part, la comparaison des gisements de fer oolithiques du Liban avec les autres gisements oolithiques reconnus dans les pays situés au Sud du Liban, nous a permis de montrer les liens paléogéographiques qui existent entre les différents bassins qui se sont établis pendant les mouvements jurassiques au Liban et, plus tard, en Palestine et en Egypte.

En outre, nous avons pu constater que tous les gîtes ferrifères étudiés doivent leur origine aux coulées basaltiques qui se sont succédées depuis le Kimméridgien jusqu à l'Albien. Au cours de longues périodes géologiques, plusieurs phénomènes génétiques ont agi différemment pour contribuer à la formation de diverses catégories de gîtes. Ces phénomènes peuvent être résumés par le schéma (voir page suivante).

Nous constatons ainsi la liaison permanente entre les phénomènes magmatiques, tectoniques et sédimentologiques qui ont déterminé l'histoire géologique du Liban, et dont la succession au cours des temps a permis la formation et la mise en place de nos gisements de fer.

Du point de vue économique, l'importance des divers gisements, compte tenu de différents procédés d'enrichissement, des réserves exploitables à ciel ouvert et des réserves disponibles, permet d'envisager une exploitation rentable des gisements oolithiques, tandis que l'exploitation des gîtes secondaires se trouvera toujours limitée.


Gîte de substitution
à la base de l'Aptien
Basalte à la fin
des Grès de Base
Chapeau de Fer
Croûtes dans les Grès de Base
descendance
ascendance
Basalte fin
jurassique
Gîtes magmatiques
Dissolution
Croûtes à la base
des Grès de Base
Gîtes métasomatiques
et gîtes filoniens
Complexe Volcanique
Gîtes magmatiques
au Kimméridgien
Remaniements donnant naissance aux gisements
de fer oolithiques.

Bien qu'il reste encore de nombreux problèmes à reprendre en détail, nous souhaitons que ce travail contribue à poser les bases d'un inventaire des ressources du sous-sol libanais.

Et, si nous avions pu montrer l'importance économique des gisements de fer du Liban, en montrant leur place dans l'histoire des formations géologiques du pays, nous aurions alors atteint notre but le plus cher.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE.

1. AGARD (J.), DESTOMBES (J.), NAUDET (R.), VAN LECKWIJCK (W.). 1952.- Les gisements de fer du Maroc (zone française). 19e Congrès Géol. Int., Symposium..... fer, t. I, Alger.

2. ARONIS (G.) 1952.- Les minerais de fer de Grèce. 19e Congrès Géol. Int., Symposium.... fer, t. II, Alger.

3. BETIER (G.) 1952.- Etudes sur les gisements de fer de l'Algérie, Int. Geol. Congress, 19th, Algeria, Symposium ..... fer, t. I, p. 35-77, illus.

4. BICHELONNE (J.) et ANGOT (P.) 1939.- Le bassin ferrifère de Lorraine : Commission d'études géologiques du Bassin Lorrain (Comité des Forges et des Mines de Fer de l'Est de la France et Association Minière d'Alsace et de Lorraine), 483 p., 73 fig., 24 pl.

5. BLONDEL (F.) 1952.- Les gisements de Fer de l'Afrique Occidentale Française, 19e Congrès Géol. Int., Symposium ... Fer, t. I, Alger.

6. B.U.G. 1963.- Clays and Clays minerals, International series of monographs on Earth Science, vol. 12, 509 p.

7. B.U.G. 1960.- Minerals yearbook.
Metals and minerals (except Fuels), V. 1 U.S.A., Department of Interior, Bureau of Mines 125538.

8. CAILLERE (S.), KRAUTE (F.), 1952.- Sur la genèse des minerais oolithiques de Lorraine en rapport avec l'état du fer et sur l'unité chronologique et spatiale de leur évolution. Acad. Sc., Paris, C.R. t. 235, n° 9, p. 510-511.

9. CAILLERE (S.), KRAUT (F.) 1953.- Considérations sur la genèse des minerais de fer oolithiques lorrains. Int. Geol. Congr. 19th, C.R. sect. 10, f. 10, p. 101-117, illus.

9 a. CAYEUX (L.) 1909-1922.- Les minerais de fer oolithiques de France, fasc. 1 et 2, Paris.

9 b. CAYEUX (L.) 1941.- Causes anciennes et causes actuelles en Géologie, 79 p.

10. CUSSET (F.), TORCY (F. de), MAUBEUGE (P.) 1952.- Etudes sur les gisements de fer français, 19e Congrès Géol. Int., Symposium.... fer, t. II, Alger.

11. DE ALVARADO (A), PASTOR MENDIVIL (M.), MONTERO RUIZ (R.) 1952.- Los Yacimientos de hierro en Espana, 19e Congr. Géol. Int., Symposium.... fer, Alger t.II.

12. DUBERTRET (L.) 1952.- Note sur les indices de minerai de fer de la Syrie. Int. Geol. Congr., 19th, Algeria, Symposium... fer, t. I, p. 609.

13. DROLET (J-P.) 1960.- Exploitation de Quebec Cartier Mining, Reproduit de l'Ingénieur, Revue trimestrielle canadienne

14. EGERAN (E-N.), GÖKSU (E.) 1952.- Les gisements de fer de la Turquie, Int. Geol. Cong. 19th. Algeria, p. 619-630, illus.

15. ERHART (H.) 1956.- La genèse des sols en tant que phénomène géologique, 90 p.

16. GOTTIS (C.) 1952.- Les gisements de fer en Tunisie, Int. Geol. Congr., 19th, Algeria, Symposium... fer, t. I, p. 211-220, illus.

17. HERZOG (E.) BACKER (L.) 1961.- Sur l'enrichissement des minerais siliceux de Lorraine par traitement chimique. Acad. Sc., séance du 24 avril.

18. HEYBROEK (F.) 1942.- La Géologie d'une partie du Liban Sud, Thèse. Leidsche Geolog. Me de Deslingen, t. 12, p.251-470, pl. 4-5, pl. h-t., carte géol. au 1/50 000 coul.

19. KOHN (Dr) 1920.- Die Kemie im töglichen Leben, 356 p., 22 fig.

20. KOLBE (H.) 1957.- Zur Geologie der Eisenerzvorkommen Ägyptens Germany Geol. Landesanst., Geol. Jb., Bd. 74, p.611-627.

21. LACROIX (A.) 1901-1909.- Minéralogie de la France et de ses Colonies, t. III, Paris, p. 380-383.

22. LEBANON, Direction T.P. 1952.- Note sur les indices de minerai de fer du Liban, Int. Geol. Congr., 19th, Algeria Symposium... fer, t. I, p. 563.

23. LINDGREN (W.) 1933.- Mineral Deposits, 930 p., 333 fig.

24. MARIN (A.) 1952.- Los Yacimientos de hierro de Marruecos, 19e Congr. Géol. Int., Symposium..... fer, Alger.

24 a. MILLER (W.D.), KELLER 1963.- Clays and Clay minerals, monograph n° 13, Earth Science series, Pergamon Press 368 p.

25. NÖTH (L.) 1952.- Die Eisenerzlagerstätten Jugoslaviens, 19e Congr. Géol. Int., Symposium.... fer, t. II, Alger.

26. PENTA (F.) 1952.- Memoria sul Ferro in Italia, 19e Congr. Géol. Int., Symposium..... fer, t. II, Alger.

27. PERCIVAL (F.G.) 1952.- Les ressources mondiales en minerai de fer, Int. Geol. Congr., 19th, Algeria, Symposium..... fer, t. I, p. XVII-XXXI.

28. RAGUIN (E.) 1940/- Géologie des gîtes minéraux, 613 p., 138 fig.

29. RIOULT (M.), RIBY (R.) 1963.- Examen radiographique de quelques minerais de fer de l'Ordovicien normand ; importance des Rayons X en sédimentologie, Bull. Soc. Géol. France, [7], t. V, n° 1, p. 59-61.

30. RIVIERE (A.) 1942.- Données expérimentales sur les conditions phisico-chimiques de la sédimentation ferrugineuse en milieu marin, Soc. Géol. France, n° 16, p. 200-201.

31. ROUTHIER (P.) 1963.- Les gisements métallifères, Géologie et principes de Recherches. T. 1 et II, 1282 p., 411 fig., 1 carte ; esquisse métallogénique de l'Afrique.

32. SAADE(G.) 1954.- Ras Shamra, Ruines d'Ugarit.

33. SABBAGH (G.) 1961.- Stratigraphie et Tectonique du Liban, D.E.S., Institut Dolomieu Grenoble, 130 p. 26 pl. inédit.

34. SCHNEIDERHOHN (H.) 1952.- Classification génétique des gîtes sur une base géotectonique (43 p. dactyl., 5 fig 4 tabl. et 1 dépliant. Traduction G.et J. GLAÇON.

35. THEOBALD (N.) 1948.- Développement des minerais de fer dans les étages de l'Aalénien et du Bajocien de la vallée du Rhin moyen (Alsace, Bade). Alsace-Lorraine, Service Carte Géol., Mém. n° 8, 55 p. illus.

36. THIEBAUT (L.) 1952.- Recherche et étude économique des gîtes métallifères, 2e édition.

37. VINCENNE (H.) 1961.- Contribution à l'étude du gisement de
et SALESSE (P.) fer sédimentaire de Gara-Djebilet (Sahara occidental). C.R. Acad. Sc., t. 253, n° 25, p. 3019-3021.

38. ZUMOFFEN (G.) 1926.- Géologie du Liban, Paris, Barrere, 165 p. Carte géol. au 1.200 000 en couleurs.

CARTES UTILISEES.

Feuilles géologiques 1 : 50 000.

BEYROUTH, par L. DUBERTRET ; 1945-1951.
QARTABA, par L. DUBERTRET et R. WETZEL avec le concours de G. RENOUARD ; 1945-1951.
RACHAYA-NORD, par L. DUBERTRET ; 1945.
ZAHLÉ, par L. DUBERTRET ; par L. DUBERTRET ; 1945-1953.

et

Carte géologique au 1 : 200 000 du Liban, par L. DUBERTRET

Feuilles topographiques 1 : 50 000.

BEYROUTH
QARTABA
RACHAYA-NORD
SIR ED DANIEH
ZAHLÉ

et

Carte routière du Guide Bleu au 1 : 50 000.

Vu,
Grenoble le octobre 1964
Le Président du Jury
R. BARBIER

Vu,
Grenoble le octobre 1964
Le Doyen de la Faculté des Sciences
L. WEIL

Vu et Permis d'imprimer
Grenoble le Octobre 1964
Le Recteur de l'Académie de Grenoble
R. TREHIN

BIBLIOTHEQUE
GRENOBLE
UNIVERSITAIRE