

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Aboubakr Belkaid – Tlemcen–

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et
l'Univers**

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



MÉMOIRE

**Les maghrébides, fracturation et minéralisations
sulfurées. Cas d'étude Ténès-Cherchell.**

Réalisé par : HADDOU SID AHMED

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER

En Géologie des bassins sédimentaires

Mr.BENADLA.Mustapha
Mr.BOUCIF.Abelkader
Mr.BELMOUHOU.B.A

Maitre de conférence Univ.Tlemcen
Maitre de conférence Univ.Tlemcen
Maitre de conférence Univ.Tlemcen

Président
Examinateur
Encadreur

Année Universitaire : 2024/2025

Table des matières

DEDICACES	
REMERCIEMENTS	
RESUME	
ABSTRACT	
ملخص	

CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

	Page
INTREDUCTION	7
Problématique	8
Méthodologie	8
Cadre géographique et géologique régional	9
1. Cadre géographique	9
2. Cadre géologique régional	10
3. Tectonique	16
4. Magmatisme	17

CHAPITRE DEUXIEME : Etude statistique des données analytiques

Partie 1 Ténès	19
1. Analyse discriminante	19
-Discrmination par la moyenne	19
-Discrmination par les fonctions discriminantes	20
2. Analyse factoriel	25
3. Analyse en composantes principales	26
Partie 2 Cherchell	29
1. Analyse discriminante	29
-Discrmination par la moyenne	30
-Discrmination par les fonctions discriminantes	30
2. Analyse factorielle	31
3. Analyse en composantes principales	31

CHAPITRE TROISIEME : Etude de la fracturation

Partie 1 Ténès	34
Partie 2 Cherchell	35
Conclusion général	37
REFERENCE BIBIOGRAPHIQUE	39
Liste des figures	40
Liste des tableaux	40

Dédicaces

Je dédie ce travail de fin d'étude à :

Nos très chers parents, pour tous ce qu'ils ont fait pour notre réussite.

À, mes sœurs et à tout la famille HADDOU et ZOHRET BOUHALOUAN.

A tous mes amis de l'étude.

A toutes les enseignants du département des sciences de la Terre de l'Université de Tlemcen.

A tous les étudiants de la faculté SNV-STU, Université de Tlemcen.

A tous mes collègues de la promotion Master 2 de géologie 2024 – 2025 (option géologie des bassins sédimentaires).

Finalement, je dédié ce modeste travail à toute personnes qui m'ont encouragé et aidé au long de mes études

REMERCIEMENTS

A l'issu de ce travail, il nous est très agréable d'adresser nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la formation et la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements s'adressent tout d'abord aux membres de jury.

Nous tenons à exprimer nos plus profonds remerciements à Monsieur BELMOUHOUAB Abdelkader., Maitre de Conférence à l'Université de Tlemcen, pour nous avoir accordé sa confiance en acceptant d'encadrer ce mémoire.

Nos remerciements vont aussi, à Monsieur BENADLA Mustapha., Maitre de Conférence à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'il nous a fait d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance.

On tient aussi à remercier Monsieur BOUCIF.Abelkader ., Maitre-Conférence à l'Université de Tlemcen, qui a bien voulu examiner et critiquer ce travail.

Nos profondes reconnaissances s'adressent à l'ensemble des enseignants du département des sciences de la Terre de l'Université de Tlemcen, qui ont contribué à notre formation.

Enfin, nous tenons aussi à exprimer notre remerciement à tous nos collègues de la promotion géologie des bassins sédimentaires (2024 – 2025).

HADDOU SIDAHMED

RESUME :1

En Algérie, la portion occidentale du secteur central des Maghrébides est représentée respectivement d'Ouest en Est par les deux secteurs Ténès et Cherchell. Les formations géologiques qui y sont observées sont recoupées par des fractures diversement orientées. Celles-ci montrent des occurrences de deux types de minéralisations, primaire sulfurée et secondaire oxydée.

Les minéralisations sulfurées sont représentées essentiellement par de la chalcopryrite et dans une moindre mesure galène et sphalérite. Par endroits seules et quelquefois associées aux oxydes, contenues dans une gangue dominée par des carbonates et renfermant en outre, des minéraux d'altérations hydrothermales.

Les minéralisations oxydées sont constituées essentiellement par de l'hématite.

Les corps minéralisés se présentent essentiellement sous forme de veinules recoupant les formations géologiques plus rarement sous forme de lentilles et de nids qui parsèment ces formations. Les différentes morphologies sont fonction de la nature de l'encaissant.

Le tableau (Tab.1.) constitue une base de données et il résume la nature des produits du remplissage des fractures, les teneurs en métaux (Cu-Pb-Zn et Ag) ainsi que les directions de fractures qui recoupent les formations géologiques observées dans ces deux secteurs.

Mots-clés : Maghrébides, Ténès, Cherchell, fractures, minéralisations, chalcopryrite, galène, sphalérite, hématite, carbonates, hydrothermal, Cu-Pb-Zn-Ag.

RESUME :2

Dans l'Ouest du secteur central des Maghrébides algériens, les zones de Ténès et de Cherchell présentent des formations géologiques fracturées contenant deux types de minéralisations : sulfurées primaires (chalcopryrite, galène, sphalérite) et oxydées secondaires (hématite). Ces minéralisations apparaissent surtout en veinules, parfois en lentilles ou en nids, selon la nature des roches encaissantes. Un tableau récapitule les données sur la composition des fractures, les teneurs en métaux (Cu, Pb, Zn, Ag) et leurs orientations.

Mots-clés : Maghrébides, Ténès, Cherchell, fractures, minéralisations, chalcopryrite, galène, sphalérite, hématite, carbonates, hydrothermal, Cu-Pb-Zn-Ag.

ABSTRACT :

In the western part of the central Maghrebides in Algeria, the Ténès and Cherchell areas display geological formations cut by fractures hosting two types of mineralizations:

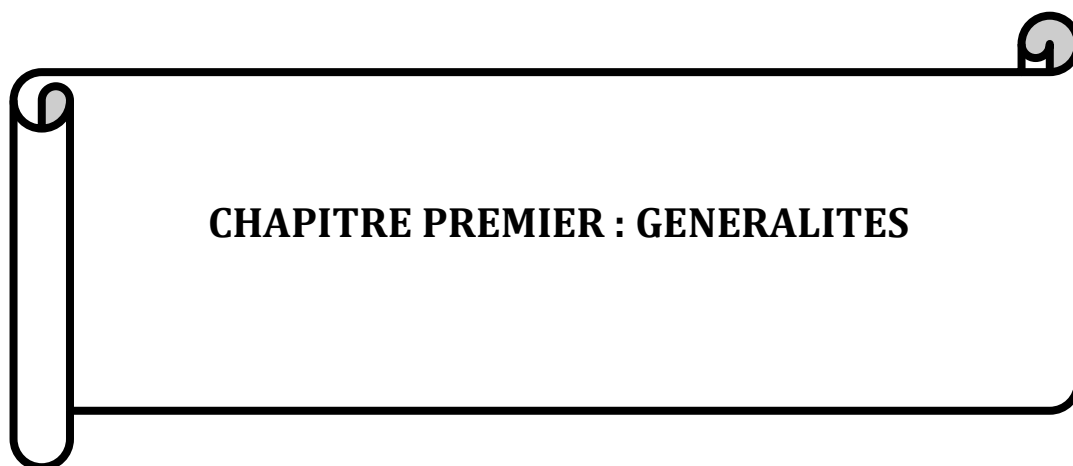
- Primary sulfide mineralizations (chalcopryrite, galena, sphalerite)
- Secondary oxidized mineralizations (hematite).

These mineralizations occur mainly as veinlets, and occasionally as lenses or nests, depending on the nature of the host rocks. Table (1) summarizes the characteristics of fracture fillings, metal contents (Cu, Pb, Zn, Ag), and fracture orientations.

Keywords : Maghrebides, Ténès, Cherchell, fractures, mineralizations, chalcopryrite, galena, sphalerite, hematite, carbonates, hydrothermal, Cu-Pb-Zn-Ag.

ملخص :
في الجزء الغربي من القطاع المركزي للمغاريبيات في الجزائر، تُظهر منطقتا تنس وشرشال تكوينات جيولوجية مقطّعة بشقوق تحتوي على نوعين من التمعّنات:
• تمعدّنات كبريتية أولية (الكوبيريت، غالينا، سفاليريت)
• تمعدّنات مؤكسدة ثانوية (هيماتيت)
تظهر هذه التمعّدات بشكل رئيسي على هيئة عروق صغيرة، وأحياناً كعدسات أو أعشاش، وذلك حسب طبيعة الصخور الحاضنة. يقدّم الجدول (1) ملخصاً عن طبيعة مواد ملء الشقوق، نسب المعادن (النحاس، الرصاص، الزنك، الفضة)، واتجاهات الشقوق.

الكلمات المفتاحية: المغاريبيات، تنس، شرشال، الشقوق، التمعّدات، الكالكوبيريت، الغالينا، السفاليريت، الهيماتيت، كربونات، مائية حرارية، نحاس-رصاص-زنك-فضة



CHAPITRE PREMIER : GENERALITES

Introduction

La chaîne des maghrébides est la chaîne orogénique qui s'étend à travers le Maroc à l'Ouest, l'Algérie au centre et la Tunisie à l'Est, représente une région géologique complexe, marquée par une tectonique de collision, des processus de déformation et une importante richesse minière. Cette chaîne est le résultat de l'orogénèse alpine, qui a entraîné la collision de la plaque africaine au Sud avec la plaque eurasiennne au Nord. Ce processus a créé une série de structures géologiques complexes comprenant des plis, des failles et des fractures et qui sont responsables des caractéristiques géomorphologiques de la région.

Parmi les aspects géologiques les plus frappants de cette région, figure la fracturation des roches et la présence de diverses minéralisations. Ces deux facteurs jouent un rôle clé dans la formation de gisements miniers.

La région Ténès-Cherchell, située sur la côte méditerranéenne de l'Algérie, localisée à une soixantaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger, occupe la portion occidentale du secteur central de cette chaîne. Cette région offre un exemple pour examiner l'impact de la fracturation sur la distribution des minéralisations et éventuellement la formation des gisements métallifères.

La fin du siècle passé, la région en question a connu d'intenses travaux de prospection minière visiblement pour le cuivre. Ceux-ci ont été entrepris par les équipes de l'Office National de Recherche Géologique et Minière (ORGM) que nous remercions vivement à cette occasion. Ces travaux ont permis de mettre en place une banque de données qui seront en partie, à la base de la préparation et de la mise au jour de ce modeste mémoire qui comprend deux objectifs, à examiner

Le premier objectif de ce travail consiste en la définition d'un guide de recherche de ces minéralisations pouvant contribuer à cibler d'éventuelles concentrations minérales sub affleurâtes. D'autre part, la définition d'une tectonique polyphasée ou jeu tectonique (anté et/ou post minéralisation) dans ce secteur pourrait être mise en évidence et constitue le deuxième objectif de ce travail.

➤ Travaux de terrain

Les données utilisées dans le cadre de ce travail constituent les quelques résultats des travaux de terrain effectués par les équipes de l'ORGM. Ces données consistent en :

- Mesure de directions et de pendages de 155 fractures
- Divers échantillonnages destinés à l'étude pétrographique par l'étude des échantillons en lames minces, métallographique en sections polies et analyses des éléments chimiques, spectrale et chimique.

➤ Travaux de laboratoire

- Analyse chimique de Cuivre, Argent, Plomb et Zinc
- Etude en lame mince des minéraux de la gangue
- Etude métallographique des sulfures et des oxydes

➤ Travaux de bureau

- Rassembler en un tableau unique les différentes données pour constituer une base de données pour réaliser ce travail de synthèse

Problématique :

Des occurrences minérales sulfurées apparaissent en remplissage de certaines familles de fractures recoupant les formations observables dans les secteurs en question.

Ces minéralisations épigénétiques associées à des oxy-hydroxydes de fer et contenues dans une gangue dominée par des carbonates de fer et de minéraux d'altérations hydrothermales posent pour leur compréhension, deux types de problèmes :

D' une part, la nature de la phase support de ces minéralisations et le type de métaux à extraire.

D'autre part, l'utilisation de ces minéralisations comme traceur des phases tectoniques successives ayant affecté la mégastructure, autrement dit la mise en évidence d'une chronologie de leur formation par rapport à une tectonique polyphasée caractéristique du bassin méditerranéo-alpin en vue de la définition d'un métallotecte pouvant servir à définir une nouvelle cible à explorer plus en détail.

Méthodologie

Pour répondre aux objectifs ci dessous, la méthodologie définie et appliquée dans le cadre de ce mémoire, vise :

- une étude de la fracturation elle même en usant de la géochimie.
- une définition des différents facteurs à l'origine de ces minéralisations. Pour ce volet, différentes méthodes statistiques seront utilisées
- une définition d'un indice de prospection .

Cette méthodologie se base sur 3 chapitres :

Chap 1 traite des généralités

Chap 2 sera consacré à l'étude des 2 régions (Ténès et Cherchell). Celui-ci évoque

- ❖ une étude statistique par des méthodes :
 - discriminante (directions des fractures) sur la base de la distribution des teneurs en métaux pour établir leur chronologie, définir une nouvelle cible à explorer.
 - multivariable par une analyse factorielle (AFC) et une analyse en composantes principales (ACP) (teneurs en métaux) pour la définition des facteurs contrôlant ces minéralisations
- ❖ une étude de la fracturation par la stéréographie.
- Enfin, une discussion et une conclusion sur les résultats obtenus forment le contenu du **Chap 3**.

Cadre géographique et géologique régional

1. Cadre géographique

Le secteur Cherchell se localise à l'Ouest d'Alger, au Nord de la ville Miliana (fig.1.). La méditerranée le délimite au Nord et il s'enfonce vers le Sud sur une distance allant au maximum sur 10Km. Il présente un relief accidenté, caractérisé par l'existence de nombreux contreforts montagneux où de l'Ouest à l'Est on distingue les points culminants de Lari Ezouggar (256m), dj Gournaya (997m), Gouraya (991m), Koudiat Collat Tenfa (659m), Lemri (900m), dj Tileuamane, dj Madine (592m), dj Hamchache et dj Boumâad.



fig.1. Localisation de la région d'étude

Le versant nord de ces contreforts montagneux plonge directement en mer. Ce relief est entaillé par de nombreux cours d'eau profonds engendrant des falaises abruptes. Parmi les cours d'eau qu'on rencontre d'W en E, Oued el Kébir, Oued es Sebt, oued Ygrane, Oued Messelmoune, Oued el Azib, Oued Aifer, Oued Bellah et Oued ez Zaouia.

L'accès à ce territoire est rendu possible grâce à l'existence de routes communales reliant les villages à la route nationale RN11 (Ténès-Cherchell) ainsi que des pistes praticables même durant l'hiver.

Le climat est de type méditerranéen avec un hiver pluvieux et un été chaud. Les habitants de cette région vivent d'une agriculture de montagne et le manque d'infrastructures fait d'elle une région déshéritée et pauvre.

Sur le plan administratif, les sites Lemri, Quatre Mamelons relèvent de la daïra de Cherchell et Gouraya est rattaché à la daïra du même nom (Gouraya). Outre cela on rencontre dans la wilaya de Tipaza le champ minier de Sidi Semiane avec ses deux indices Larbaa et Azib.



fig.2 . Localisation des sites du secteur Cherchell

2. Cadre géologique régional

Introduction

La région d'étude se distingue par la présence des deux zones structurales, externe et interne des Maghrébides (à l'Ouest au niveau du cap Ténès). Ainsi son contexte géologique et son architecture tectonique sont rattachés aux structures régionales de mégazone. Les mouvements tectoniques caractéristiques y ont engendré des nappes de charriage, des plis et plissements d'orientation principale sublatitudinale et deux principales familles de failles de directions NE-SW et NW-SE. Dans ce contexte, le cadre géologique sera présenté sous forme d'unités structurales constituant les deux domaines structuraux. Les coupes établies sur la base des données de l'Office National de la Recherche Géologique et Minière (ORM) montrent la lithostratigraphie des différentes unités structurales observées dans la région d'étude.

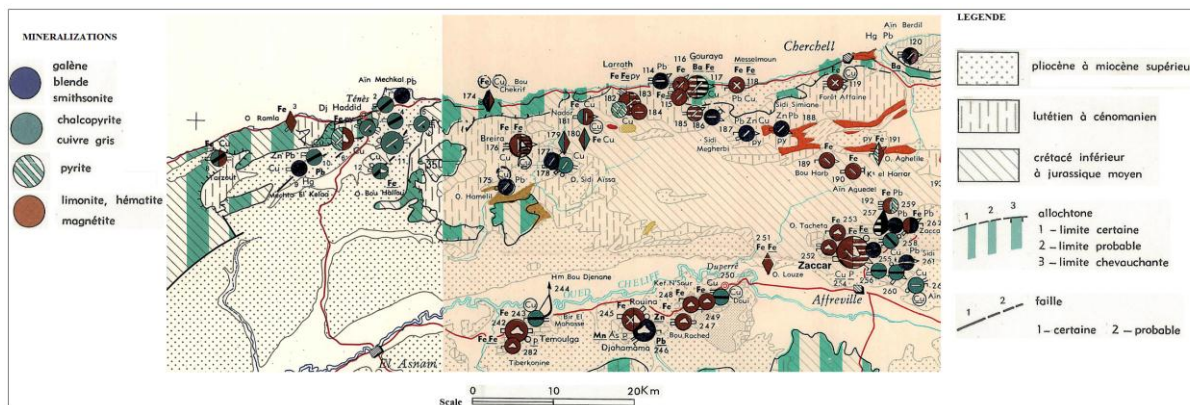


Fig. 3. Carte géologique de la région d'étude

- ❖ **Zone externe** : Les formations de la zone externe sont représentées par des sédiments mésozoïques et cénozoïques en positions autochtone et allochtone, un complexe néoautochtone post nappes et la dorsale kabyle.

(fig.3.). Les terrains autochtones sont représentés par un flysch massylien d'âge Crétacé inférieur et les terrains allochtones par trois nappes de charriage de différents âges.

La nappe de dj Bou Mâad d'âge Cénomanién- Coniacien, la plus ancienne développée dans la portion sud de la région d'étude (fig.3.).

Deux autres nappes éocènes superposées sont observables dans la moitié septentrionale de cette région (fig.3.).

➤ **Unité autochtone :**

Les terrains de cette unité sont représentés par les sédiments grés-argileux connus sous le nom de flysch massylien daté du Crétacé inférieur (Valanginién-Albien).

Les coupes (fig. 4. et .) montrent une alternance irrégulière d'argilites, d'aleurolites, de grès et par endroits des grès quartzeux.

➤ **Unités allochtones**

Nappe de djebel Bou Mâad (fig.4.): Ce complexe est formé de flysch terrigéno-carbonaté daté du Crétacé inférieur

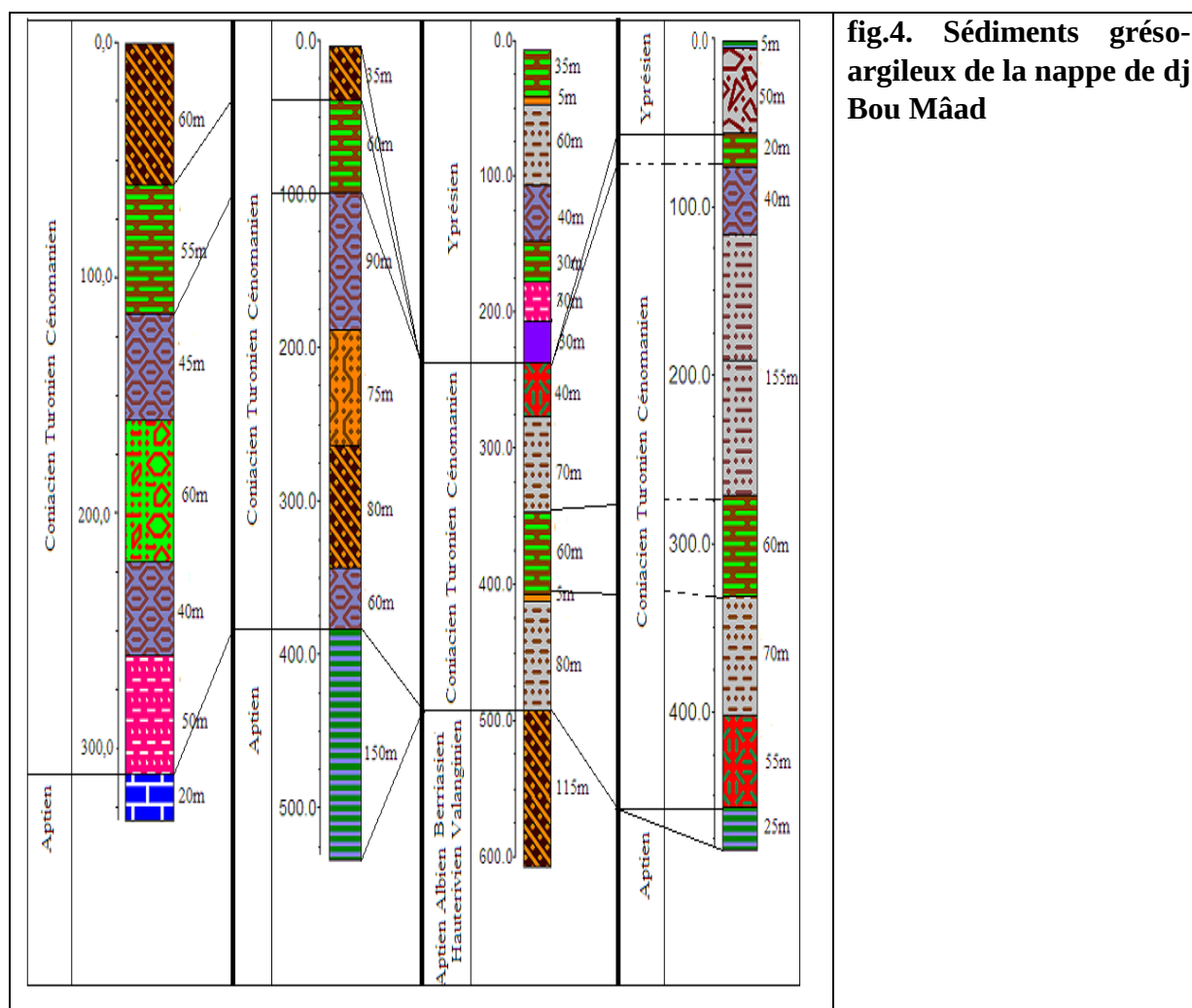


fig.4. Sédiments grés-argileux de la nappe de dj Bou Mâad

Nappe inférieure : Cette nappe longe la cote. Elle est constituée de blocs hétérométriques de calcaires cénomaniens emballés dans des reliques de sédiments carbonato-argileux.

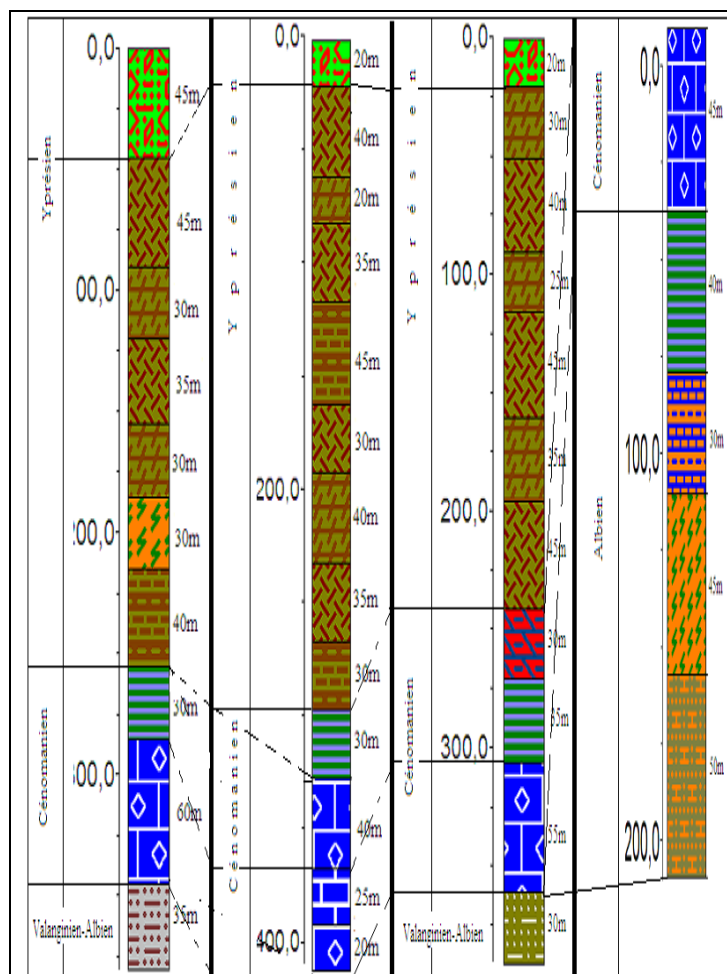


fig.5. Colonnes comparatives des coupes de faciès telliens et de la nappe inférieure

Kef el Arous O.Damous dj Gouraya Cap Larès

Nappe supérieure : Elle présente une affinité flysch, constituée d'une alternance irrégulière d'argilites, de bancs d'aleurolites et de grès en lentilles et en blocs du flysch guerrouche (fig.6.).



13

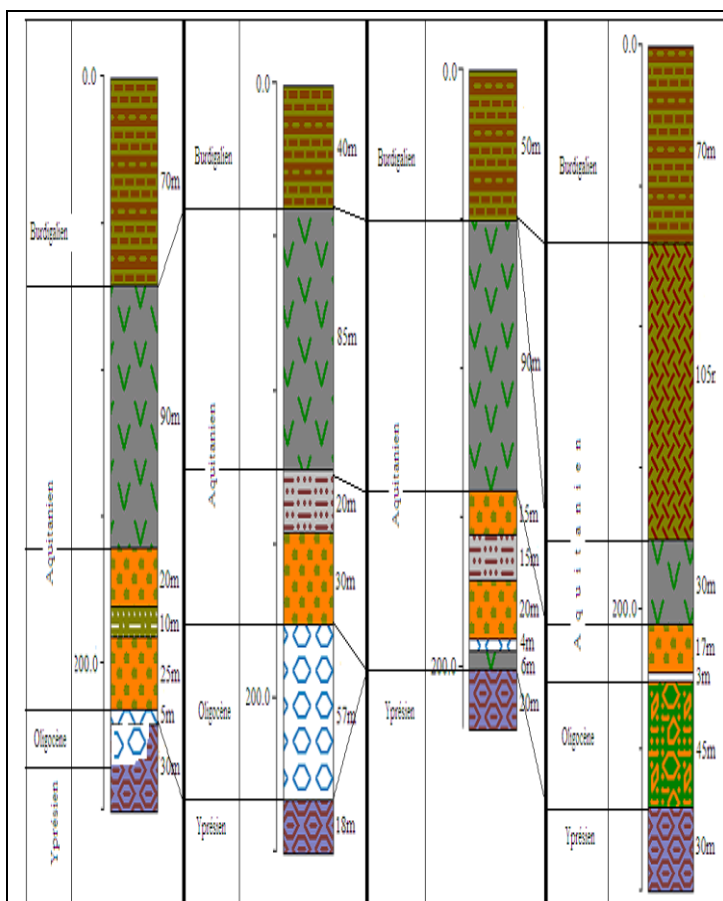
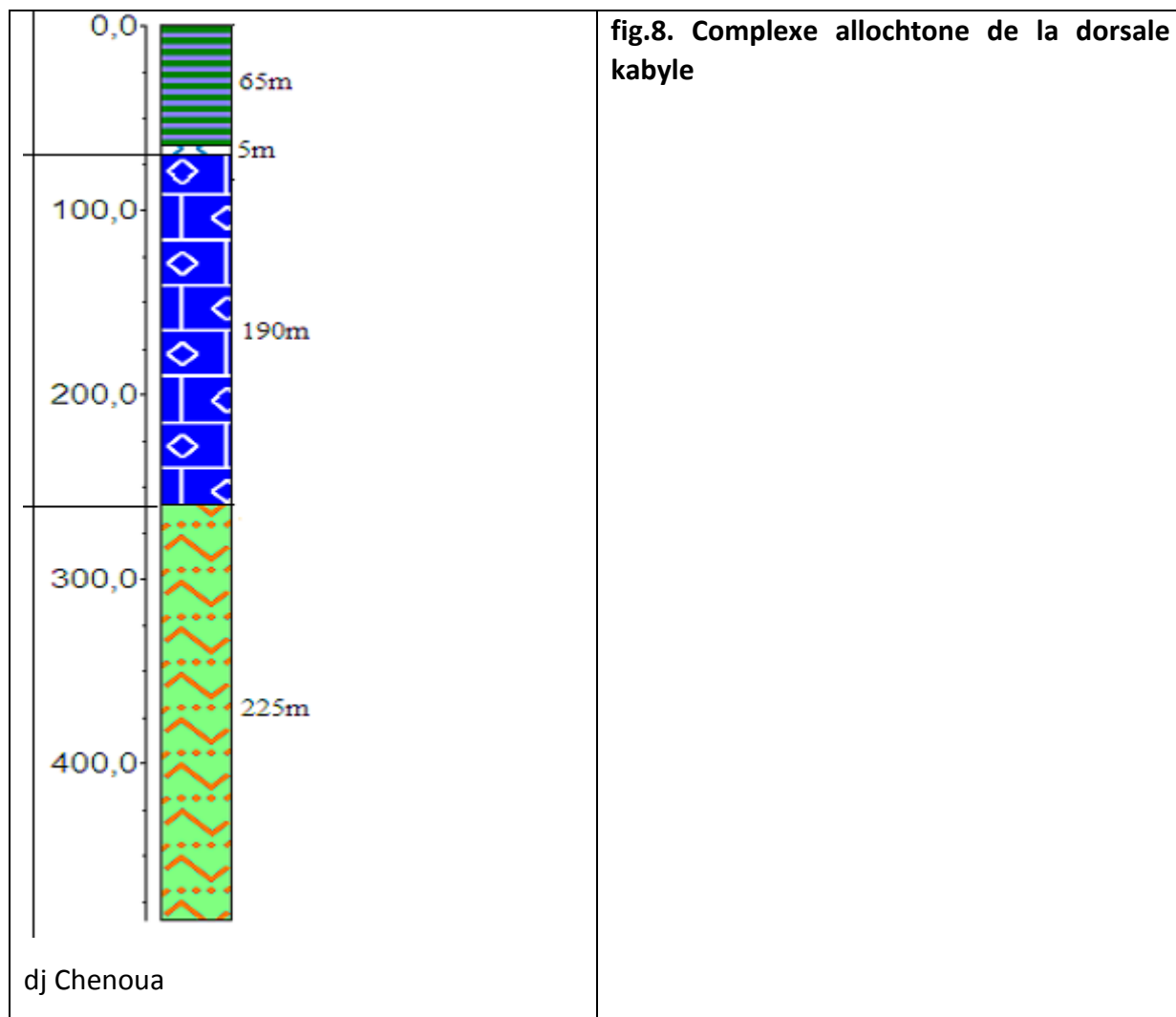


fig.7. Colonnes comparatives du complexe néoautochtone

SAEK Souhalia dj Bouchekif Cap Semada O.
Messelmoun

Dorsale Kabyle

Elle est représentée essentiellement par les calcaires massifs roses liasiques de dj Chenoua (fig.8).



Zone interne

La zone interne est représentée par le massif de Chenoua constitué de terrains paléozoïques ou plus anciens ainsi que des terrains d'âge Trias – Eocène. Les coupes (fig.9.) montrent les colonnes lithostratigraphiques de cette zone structurale.

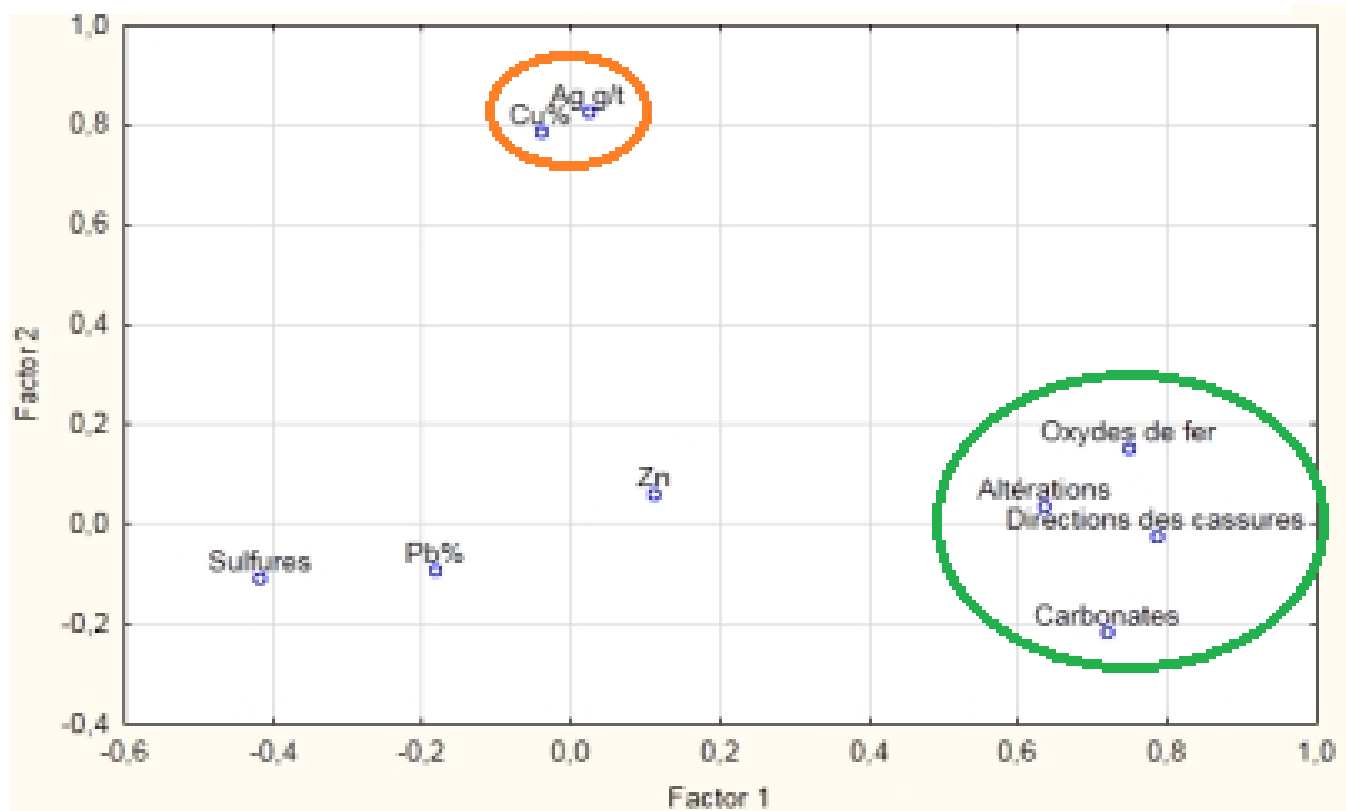
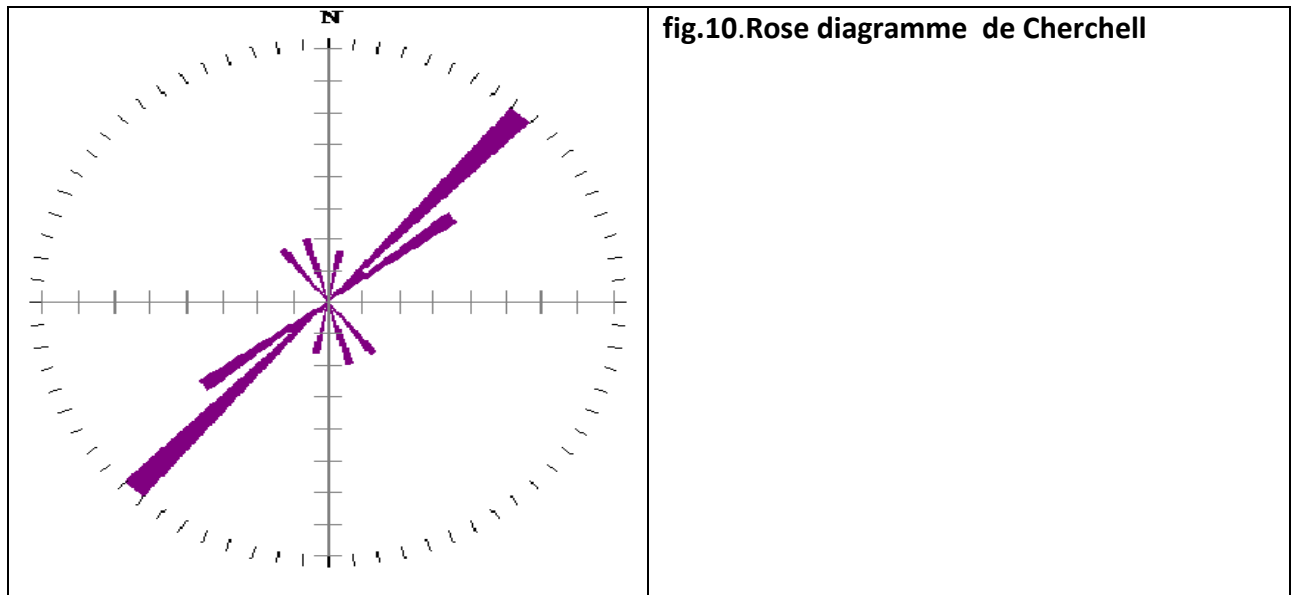


fig.9 . Coupes lithostratigraphiques des dépôts de dj Chenoua

3. Tectonique

La région d'étude se localise dans la zone externe des Maghrébides. L'évolution géologique et structurale de cette région est conditionnée par celle de tout le bassin méditerranéo-alpin. Au cours du Miocène, cette région a subi des mouvements tectoniques ayant conduit à la mise en place des structures plissées représentées par des nappes de charriage (domaine des nappes telliennes), des plis et plissements d'orientation principale sublatitudinale (résultats des effets de compression d'orientation NE-SW) et une tectonique cassante représentée par deux principales familles de failles, la première de direction NE-SW et la deuxième sublongitudinale de direction NW-SE (fig.10).



4. Magmatisme

Les terrains magmatiques sont concentrés en une bande étroite le long de la côte.

Ils sont représentés par des formations volcaniques et des formations plutoniques développées aussi bien sur l'autochtone et sur l'allochtone.

Les Formations volcaniques :

Les formations volcaniques sont constituées de coulées de laves de basaltes, andésito-basaltes, andésites, dacites, rhyodacites, des extrusions de rhyolite et des tufs ainsi que des dykes, dômes et intrusions formant un horizon volcano - sédimentaire . Elles forment une tranche de la coupe du complexe néo-autochtone (**fig.7.**) observables au Nord de la région depuis Beni Haoua à l'Ouest à Si Abdelkader Souhalia, dj Bouchekif, Cap Semada et à Cap Sirat à l'Est.

Au Sud-Est, dans la région de Cherchell, ces terrains ceinturent la dépression de Menaceur bien développés à Menaceur, Oued Sebt et Oued Messelmoune.

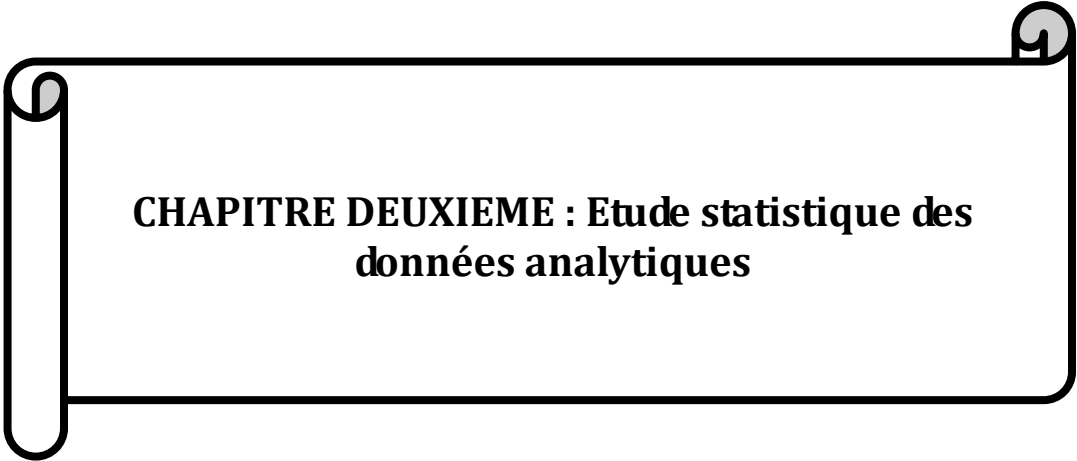
Les formations plutoniques :

Elles sont peu abondantes dans la région d'étude représentées par des microgranodiorites et des diorites,

Elles forment des laccolites et de dykes peu puissants observables à la base des formations volcaniques visibles à Hadrjet en Nous et à korb Oudjaout, granite et grano-syenite porphyrique.

Au Sud de la ville Gouraya, s'observe une intrusion de diorite quartzeuse gris foncé à verdâtre et dans la région de Damous une intrusion de granodiorite à amphibole.

Enfin des pointements isolés de lamprophyres et de kersantites, des sills de granite s'observent dans l'entourage immédiat des roches intrusives à Quatre Mamelons et à Gouraya.



CHAPITRE DEUXIEME : Etude statistique des données analytiques

I-Secteur Ténès

I-1-Analyse discriminante

I-1-1 Discrimination par la moyenne

Direction des cassures	Cu%	Ag g/t	Zn	Pb%	N
N0°	1,969167	819,5833	0,465625	1,202976	12
N20°	1,200692	72,5700	0,436539	1,407418	26
N30°	1,671081	80,8337	0,438514	1,195946	37
N40°	1,338148	107,0615	0,483796	1,167989	27
N60°	0,840000	45,6250	0,462500	1,666071	4
N95°	0,475000	167,4068	0,462500	1,221429	4
N120°	0,988875	124,3284	0,529688	1,131250	8
N150°	0,551429	146,3487	0,503572	1,118367	7
N170°	1,450286	167,4068	0,462500	1,221429	7
N220°	0,548000	131,0051	0,462500	1,221429	4
N230°	0,388400	135,9254	0,462500	1,221429	5
N310°	5,398334	347,6667	0,435417	1,059524	6
N325°	0,797500	167,4068	0,534375	0,941072	4
N340°	2,687500	85,6017	0,462500	1,103571	4
Total	155				

Tab.1. Teneurs moyennes en Cu (%) et en Ag (g/t) selon les directions des fractures

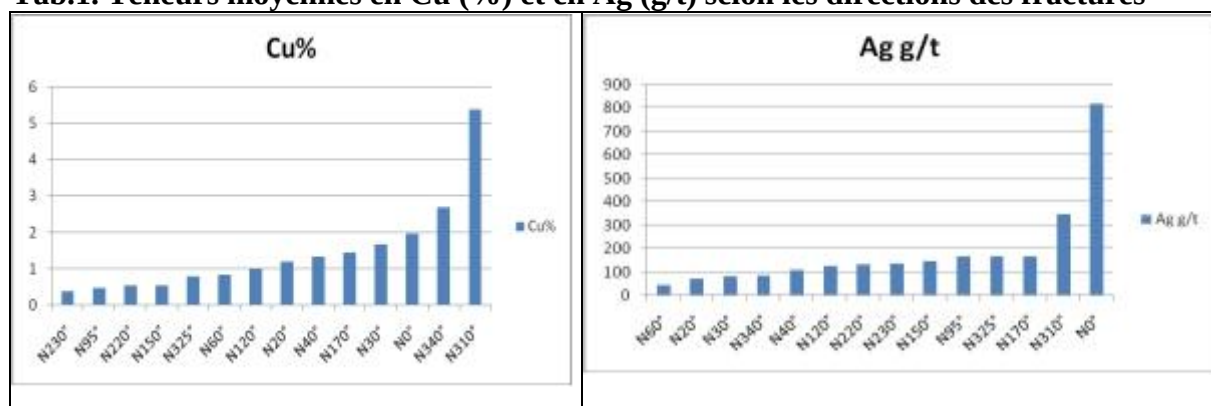


Fig.11.Représentation graphiques des teneurs moyennes en Cu (%) et en Ag (g/t) selon les directions des fractures.

L'étude de la distribution des deux métaux, cuivre et argent, selon les directions des fractures a permis de distinguer des directions préférentielles discriminées sur la base des teneurs moyennes en ces deux métaux (Tab.1., fig.11.).

Pour l'élément cuivre, trois directions de fractures caractérisées par différents ordres de grandeurs des teneurs ont été mises en évidence :

Ainsi, les fractures orientées NNW se caractérisent par les plus fortes teneurs en ce métal. Les fractures de direction NNE se distinguent par des teneurs moyennes et celles de directions ENE et ESE montrent les contenus les plus faibles.

Le réseau de fractures NNW et NNE semble le témoin d'une tectonique antérieure ou syn-minéralisation engendrée par des solutions hydrothermales minéralisatrices. Les fractures orientées ENE et ESE semblent postérieures au flux minéralisateur et représente probablement des remobilisations de la minéralisation cuprifère déjà mise en place.

Pour l'élément argent, apparemment deux générations de ce métal sont distinguées. Une première génération associée au cuivre mise en place suivant une direction proche de la direction méridionale. Les autres contenus à teneurs moyennes $107\text{g/t} \leq \text{Ag} \leq 167\text{g/t}$ sont observables dans les fractures orientées ESE, SSE et WSW. Les plus faibles teneurs sont observées dans les fractures de direction NNE.

Apparemment deux phases minéralisatrices ont été à l'origine de la mise en place de la minéralisation argentifère ; une première associée au cuivre et une seconde liée probablement à l'argent natif ou associée à un autre sulfure tel le tétraédrite. Des déterminations métallographiques et des analyses chimiques fines des différentes phases pourront fournir des éléments de réponse.

I-1-2 Discrimination par les fonctions discriminantes

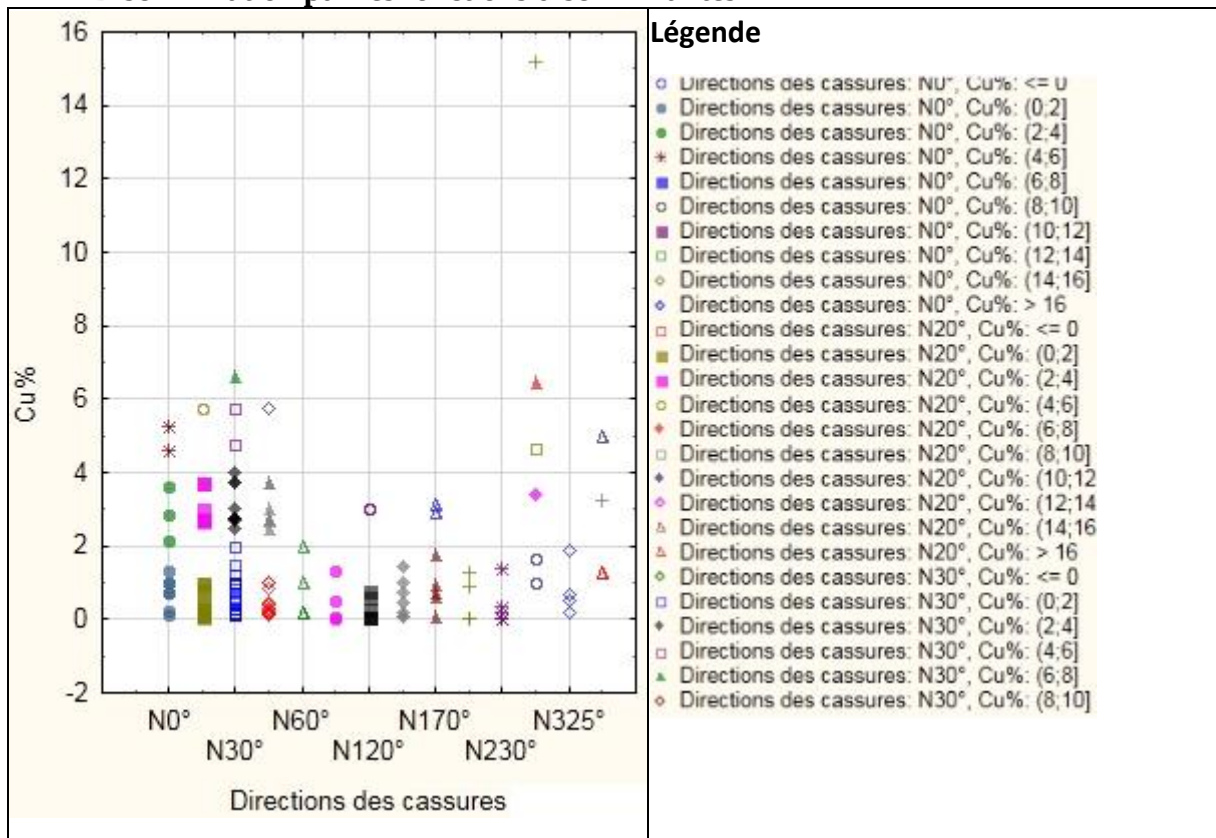


Fig.12. Nombre d'échantillons analysés et valeurs de teneurs en cuivre par direction de fractures

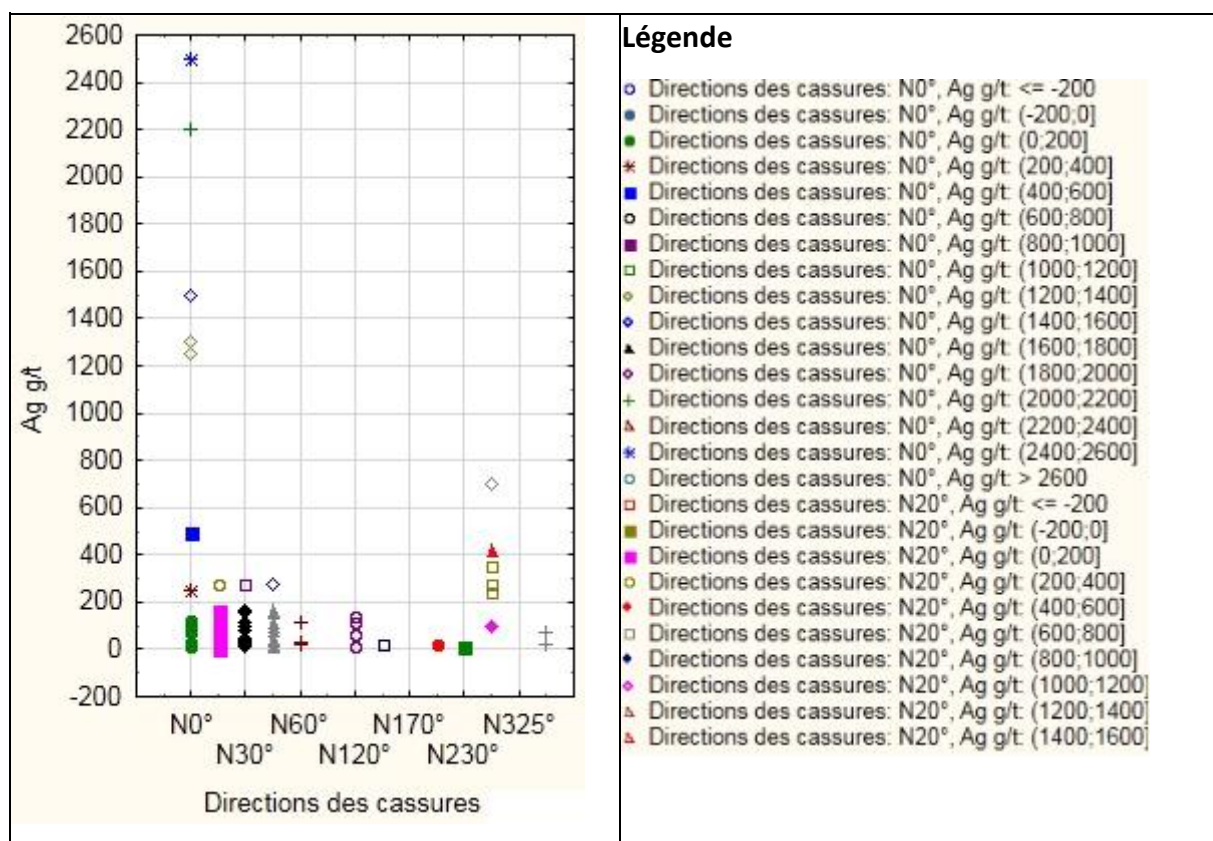


Fig.13. Nombre d'échantillons analysés et valeurs de teneurs en argent par direction de fractures.

N=155	Wilks' λ	Partial- λ	F-remove	p-value	Toler.	1-Toler.
Ag g/t	0,631396	0,604335	6,950018	0,000000	0,856484	0,143516
Cu%	0,512500	0,744536	3,642330	0,000059	0,850074	0,149927
Zn%	0,419751	0,909049	1,062074	0,397134	0,976276	0,023724
Pb%	0,417604	0,913723	1,002340	0,452488	0,979699	0,020301

Tab .2. Analyse des fonctions discriminantes

La discrimination par les fonctions discriminantes permet de définir les directions les plus perspectives en vue de définir un indice de prospection et la nature des éléments discriminants. L'ébauche est basée sur le calcul des paramètres discriminatoires qui orientent vers la détermination de cet indice, directions de fractures les plus prometteuses. Dans ce cadre il apparait que l'élément Ag est l'élément qui contribue le plus à la discrimination entre les fractures suivi par Cu, Zn en 3^{ème} lieu en enfin Pb qui contribue le moins à la discrimination (Tab.2.).

Fonctions supprimées	Eigen-	Canonicl	Wilks'	Chi-Sqr.	df	p-value
0	0,664326	0,631788	0,381574	139,7001	52	0,000000
1	0,351867	0,510179	0,635064	65,8342	36	0,001744
2	0,129359	0,338440	0,858523	22,1186	22	0,452828
3	0,031374	0,174413	0,969580	4,4794	10	0,923142

Tab.3. Tests de Chi²

Pour aboutir à l'indice envisagé, le nombre de fonctions nécessaires pour la discrimination est quatre (Tab.3.).

L'étude des corrélations (éléments chimiques, directions des fractures et fonctions discriminantes) figure dans les tableaux (Tab.4.et .5.).

	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Tab .4. Coefficients standards des variables canoniques
Ag g/t	1,073819	0,034899	-0,108061	0,039779	
Cu%	-0,362879	-0,968858	0,069838	-0,318000	
Zn	0,118703	0,336084	0,605510	-0,728434	
Pb%	-0,018702	0,245777	-0,714958	-0,669925	
Eigenval	0,664326	0,351867	0,129359	0,031374	
Cum.Prop	0,564459	0,863430	0,973342	1,000000	
Variables	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Tab.5. Moyennes des variables canoniques
N0°	2,579282	-0,18193	-0,197363	0,016209	
N20°	-0,370915	0,16390	-0,464858	-0,060548	
N30°	-0,423205	-0,21656	-0,069299	0,183046	
N40°	-0,186768	0,12024	0,250825	-0,062364	
N60°	-0,384552	0,61010	-0,747714	-0,623372	
N95°	0,211490	0,56466	-0,040702	0,185334	
N120°	0,017505	0,46192	0,593214	-0,296636	
N150°	0,166410	0,60661	0,418291	0,013030	
N170°	0,007634	0,02038	-0,001469	0,006690	
N220°	0,046909	0,51907	-0,022739	0,166431	
N230°	0,100452	0,60879	-0,031190	0,196412	
N310°	-0,105488	-2,35370	0,187110	-0,212864	
N325°	0,248856	0,47796	0,928532	0,017509	
N340°	-0,581188	-0,75132	0,286687	-0,040634	

Le tableau des Coefficients standards des variables canoniques (Tab.4.) montre que Ag est corrélé à Root 1, Cu à Root2 Zn et Pb aux Root3 et Root4. Par ailleurs, la proportion cumulée de la variance montre que Root 1 explique 56% de la variabilité, Root2 explique 30% de la variabilité et les deux fonctions discriminantes restantes Root3 et Root4 expliquent les 14% qui restent de la variabilité. De ce résultat, il découle que les deux fonctions les plus discriminantes sont Root 1 et Root2. Celles-ci sont donc les deux fonctions à retenir.Ce résultat est confirmé par ma Matrice de la structure factorielle (Tab.6.).

Le tableau des moyennes des variables canoniques (Tab.5.) montre que la direction N0° est corrélée à la fonction Root 1, la direction N310° à la fonction Root 2. Les deux autres fonctions présentent un faible pouvoir discriminatoire, par conséquent elles ne seront pas prises en considération dans l'interprétation.

Variables	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Tab.6. Matrice de la structure factorielle.
Ag g/t	0,936786	-0,334721	-0,077522	-0,066218	
Cu%	0,048271	-0,921493	0,041019	-0,383194	
Zn	0,087674	0,236247	0,702538	-0,665538	
Pb%	-0,062620	0,160660	-0,787968	-0,591078	

Conclusion

A l'issue de ce traitement, il apparaît que les structures subméridiennes constituent une cible à approfondir la recherche des minéralisations concentrées sous-jacentes.

Traitements statistiques multivariés : Les traitements statistiques multivariés sont représentés par l'analyse factorielle (AFC) et l'analyse en composantes principales (ACP). Ils visent de mettre en évidence les tendances entre les variables prises dans le calcul.

I-2-Analyse factorielle (AFC)

L'analyse factorielle a permis d'individualiser deux facteurs (F1 et F2) (Tab.7. et fig.14.)

Variables	Factor 1	Factor 2
Directions des cassures	0,786082	-0,021719
Altérations	0,633727	0,035930
Oxydes de fer	0,747554	0,152103
Carbonates	0,718803	-0,216960
Sulfures	- 0,418387	-0,105802
Cu%	- 0,041201	0,789292
Ag g/t	0,022135	0,826680
Zn	0,109981	0,059878
Pb%	- 0,182466	-0,089968
Expl.Var	2,317674	1,401225
Prp.Totl	0,257519	0,155692

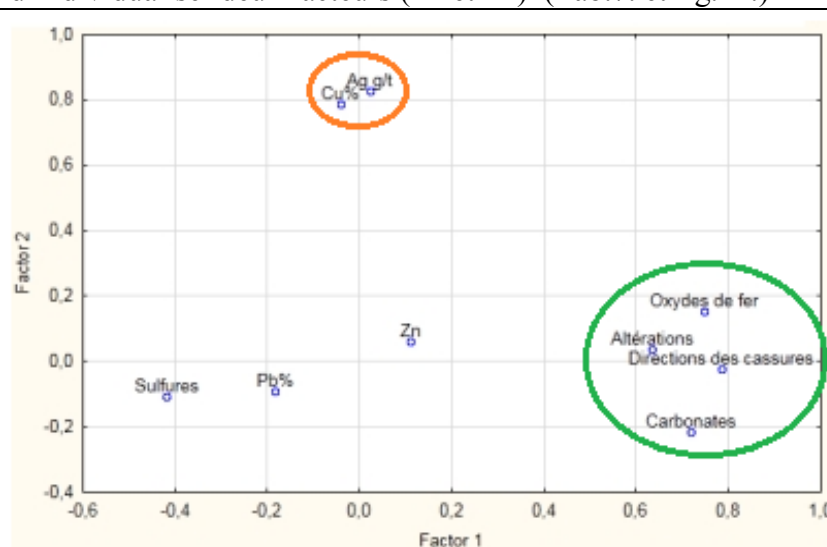


Fig.14. Factor Loadings (Varimax raw)

Tab.7. Factor Loadings (Varimax raw)

Le facteur (F1) est corrélé à (Directions des cassures, Altérations, Oxydes de fer et Carbonates), (noter les forts coefficients positifs pour cette association géochimique). Ce facteur doit être mis en relation avec les conditions géologiques (lithologie et tectonique) des minéralisations

Le facteur (F2) montre une forte corrélation avec (Cu et Ag). Il présente un rapport manifeste avec la minéralisation. Ce facteur traduit l'existence, dans la région d'étude, une minéralisation cupro- argentifère.

Le facteur 1 montre les taux de chargement les plus élevés de Directions des cassures, d'oxydes de fer et de carbonates. Les taux de charge les plus faibles pour ce facteur sont les soufres, le Zn et le Pb%. Les autres tarifs se situent entre les deux. Le facteur 2 montre les taux de charge les plus élevés pour Cu% et Ag g/t, les taux de charge les plus faibles pour les soufres, Zn% et Pb%, et les taux de charge intermédiaires pour d'autres éléments.

I-3-Analyse en composantes principales

Le même résultat est obtenu par l'analyse en composantes principale. Le tableau (Tab.8.) permet d'individualiser trois facteurs. Ceux-ci expliquent 57% de la variabilité.

Nombre de valeurs	Eigenvalue	% Total	Cumulative	Cumulative
1	2,050195	25,62743	2,050195	25,6274
2	1,400608	17,50760	3,450803	43,1350
3	1,148971	14,36214	4,599774	57,4972
4	0,963385	12,04232	5,563160	69,5395
5	0,831910	10,39887	6,395069	79,9384
6	0,699322	8,74153	7,094391	88,6799
7	0,590311	7,37888	7,684702	96,0588
8	0,315298	3,94122	8,000000	100,0000

Tab.8. Valeurs propres de la matrice de corrélation

Variables	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Directions des cassures	-0,786765	-0,026272	-0,127402
Oxydes de fer	-0,719852	0,143184	0,160835
Carbonates	-0,763490	-0,217506	0,113989
Sulfures	0,474460	-0,107977	-0,398450
Cu%	0,020389	0,790687	-0,000019
Ag g/t	-0,009987	0,824435	0,084029
Zn	-0,175690	0,070326	-0,769337
Pb%	0,271287	-0,103075	0,579806
Encaissant	-0,328078	-0,338552	0,003148

Tab.9. Facteurs loadings des variables

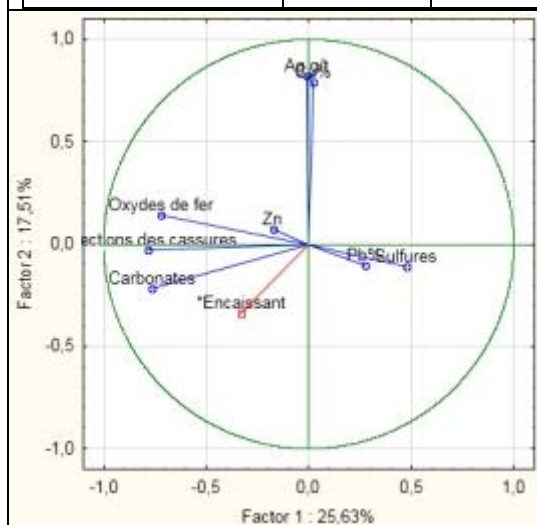


Fig.15. Cercle de corrélation F1Vs F2

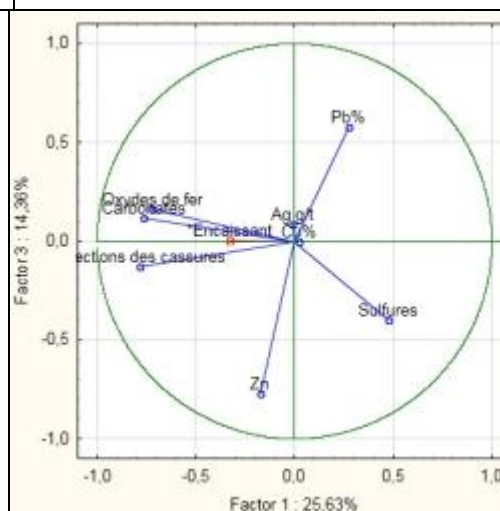


Fig.16. Cercle de corrélation F1Vs F3

Le tableau (Tab.9.) et les figures (fig.15 et 16.) montrent les trois facteurs retenus pour l'interprétation.

Le facteur (F1) est corrélé aux paramètres (Directions des cassures- Oxydes de fer et Carbonates. Ce facteur traduit les conditions géologiques des minéralisations présentes dans le secteur en question.

Le facteur (F2) est corrélé aux éléments (Cu-Ag) traduit la présence d'une minéralisation cupro-argentifère.

Le facteur (F3) corrélé aux éléments (Pb-Zn) traduit la présence d'un autre type de minéralisation probablement celle des sulfures visibles dans ce secteur.

Conclusion

Le résultat obtenu à l'issue de ces traitements a permis de mieux comprendre la nature de la minéralisation. Il donne un certain sens à la présence d'une minéralisation à Cu-Ag essentiellement associée à des oxydes de fer et des minéraux d'altérations hydrothermales et encaissée dans des carbonates.

II-Secteur Cherchel

II-1-Analyse discriminante

II-1-1-Discrimination par la moyenne

Directions des cassures	Cu%	Ag g/t	N
N40°	4,117500	86,7500	12
N320°	4,801000	101,6000	10
N10°	0,465000	12,5750	2
All Grps	4,097917	86,7563	24

Tbl.N° 10 Means

L'étude de la distribution des deux métaux, cuivre et argent, selon les directions des fractures a permis de distinguer des directions préférentielles discriminées sur la base des teneurs moyennes en ces deux métaux (Tab.10. ,fig..).

Pour l'élément cuivre, Deux directions de fractures caractérisées par différents ordres de grandeurs des teneurs ont été mises en évidence :

Ainsi, les fractures orientées NNW se caractérisent par les plus fortes teneurs en ce métal. Les fractures de direction NNE se distinguent par des teneurs moyennes et celles de directions N montrent les contenus les plus faibles.

Le réseau de fractures NNW et NNE semble le témoin d'une tectonique antérieure ou syn-minéralisation engendrée par des solutions hydrothermales minéralisatrices. Les fractures orientées N semblent postérieures au flux minéralisateur et représente probablement des remobilisations de la minéralisation cuprifère déjà mise en place.

Pour l'élément argent, apparemment deux générations de ce métal sont distinguées. Une première génération associée au cuivre . à teneurs moyennes $86.75\text{g/t} \leq \text{Ag} \leq 101.6\text{g/t}$ sont observables dans les fractures orientées NNW, NNE. Les plus faibles teneurs sont observées dans les fractures de direction N.

Apparemment deux phases minéralisatrices ont été à l'origine de la mise en place de la minéralisation argentifère ; une première associée au cuivre et une seconde liée probablement à l'argent natif ou associée à un autre sulfure tel le tétraédrite. Des déterminations métallographiques et des analyses chimiques fines des différentes phases pourront fournir des éléments de réponse.

II-1-2 Discrimination par les fonctions discriminantes

Roots Removed	Eigen-	Canonicl	Wilks'	Chi-Sqr.	df	p-value
0	0,043863	0,204988	0,957980	0,880029	4	0,927408

Tbl N°11 Chi-Square Tests with Successive Roots Removed

Test de Wilks ($p = 0,927$) :

Pour aboutir à l'indice envisagé, le nombre de fonctions nécessaires pour la discrimination est un (Tab.11.).

L'étude des corrélations (éléments chimiques, directions des fractures et fonctions discriminantes) figure dans les tableaux (Tab.12.et .14.).

Variables	Root 1
Cu%	-0,397047
Ag g/t	-0,782488
Eigenval	0,043863
Cum.Prop	0,999857

Tbl.N°12 Standardized Coefficients for Canonical Variables

Le tableau des Coefficients standards des variables canoniques (Tab.12.) montre que Ag est corrélé à Root 1, . Par ailleurs, la proportion cumulée de la variance montre que Root 1 explique 99% de la variabilité,. De ce résultat, il découle que la fonctions les plus discriminantes sont Root 1. Celles-ci sont donc le fonctions à retenir.Ce résultat est confirmé par ma Matrice de la structure factorielle (Tab.12.).

Variables	Root 1
Cu%	-0,686770
Ag g/t	-0,929498

Tbl.N°13 Factor Structure Matrix, Correlations Variables - Canonical Roots (Pooled-within-groups correlations)

Group	Root 1
N40°	-0,000878
N320°	-0,123025
N10°	0,620388

Tbl.N°14 Means of Canonical Variables

Le tableau des moyennes des variables canoniques (Tab.14.) montre que la direction N10° est corrélée à la fonction Root 1,.

Conclusion

A l'issue de ce traitement, il apparaît que les structures subméridiennes constituent une cible à approfondir la recherche des minéralisations concentrées sous-jacentes.

Traitements statistiques multivariées : Les traitements statistiques multivariées sont représentés par l'analyse factorielle (AFC) et l'analyse en composantes principales (ACP). Ils visent de mettre en évidence les tendances entre les variables prises dans le calcul.

II-2-Analyse factorielle

Variable	Factor
Directions des cassures	-0,277456
Cu%	0,813492
Ag g/t	0,819681
Expl.Var	1,410627
Prp.Totl	0,470209

Tbl.N°16 Factor Loadings. Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)

Le facteur (F1) est corrélé à (Directions des cassures, Altérations, Oxydes de fer et Carbonates), (noter les forts coefficients positifs pour cette association géochimique). Ce facteur doit être mis en relation avec les conditions géologiques (lithologie et tectonique) des minéralisations

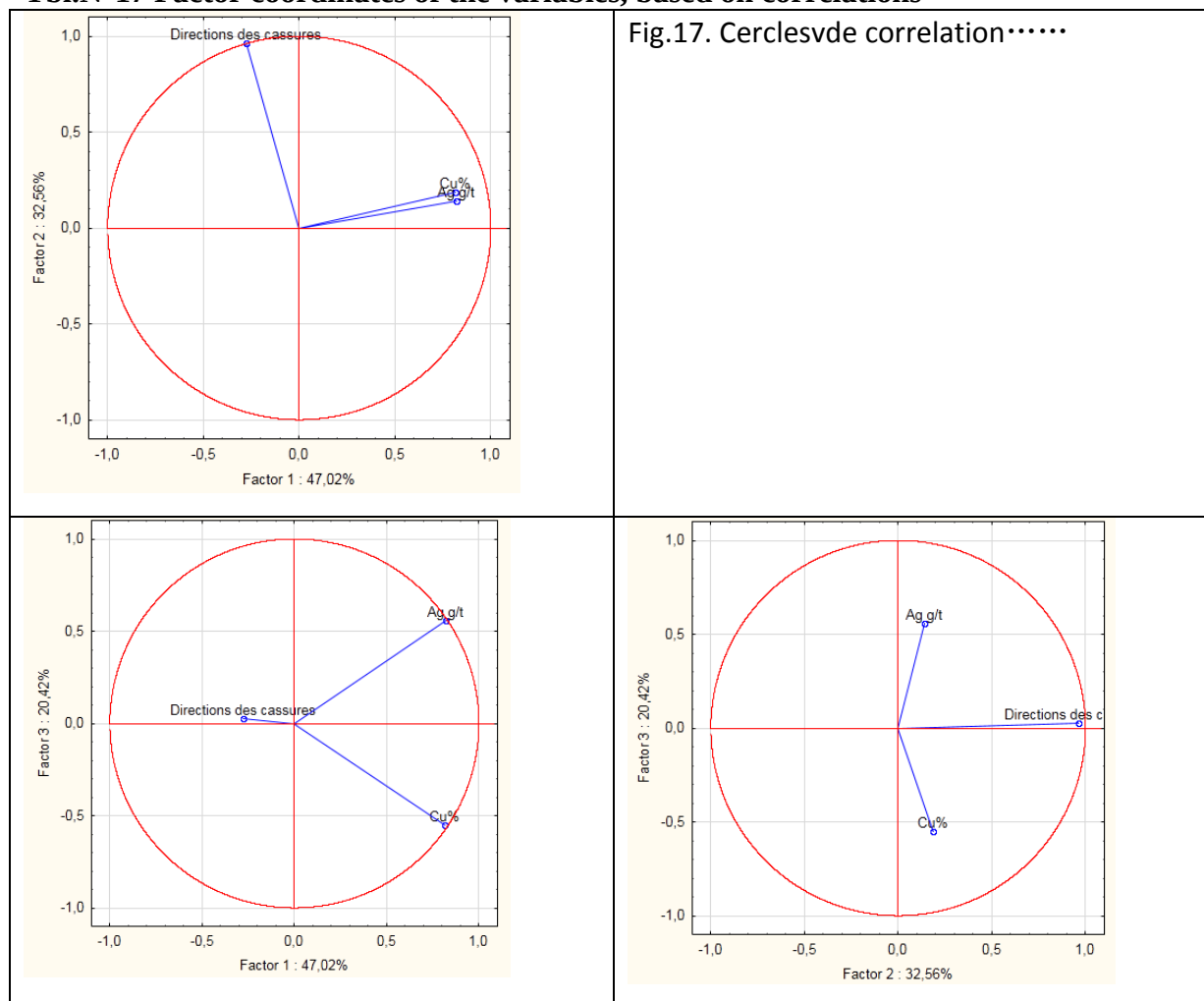
Le facteur (F1) montre une forte corrélation avec (Cu et Ag). Il présente un rapport manifeste avec la minéralisation. Ce facteur traduit l'existence, dans la région d'étude, une minéralisation cupro-argentifère.

Le facteur 1 montre les taux de chargement les plus élevés de Directions des cassures, d'oxydes de fer et de carbonates. Les taux de charge les plus faibles pour ce facteur sont les soufres, le Zn et le Pb%. Les autres tarifs se situent entre les deux.

II-3-Analyse en composantes principales

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Directions des cassures	-0,277456	0,960380	0,026256
Cu%	0,813492	0,186736	-0,550782
Ag g/t	0,819681	0,139755	0,555511

Tbl.N°17 Factor coordinates of the variables, based on correlations



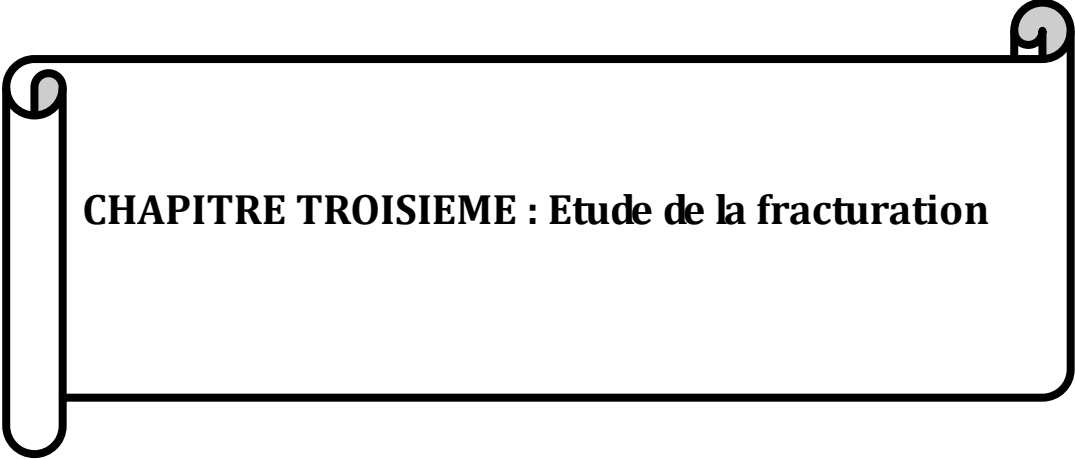
Le facteur (F1) est corrélé aux paramètres (Directions des cassures). Ce facteur traduit les conditions géologiques des minéralisations présentes dans le secteur en question.

Le facteur (F1) est corrélé aux éléments (Cu-Ag) traduit la présence d'une minéralisation cupro-argentifère.

Le facteur (F3) corrélé aux éléments (Cu-Ag) traduit la présence d'un autre type de minéralisation probablement celle des sulfures visibles dans ce secteur.

Conclusion

Le résultat obtenu à l'issue de ces traitements a permis de mieux comprendre la nature de la minéralisation. Il donne un certain sens à la présence d'une minéralisation à Cu-Ag essentiellement associée à des oxydes de fer et des minéraux d'altérations hydrothermales et encaissée dans des carbonates.



CHAPITRE TROISIEME : Etude de la fracturation

Stéréonet

Introduction

Pour l'étude de la fracturation de la région Ténès Cherchell, un total de 180 mesures de directions des fractures ont été effectuées par les équipes de l'ORGM auxquels je rends un grand hommage.

Ainsi, 155 mesures ont été effectuées à Ténès et 25 à Cherchell.

Le logiciel utilisé dans ce cadre est le Rockworks 16. Celui-ci lit les données planes, linéaires ou de pente de la feuille de données et l'affichage de leurs orientations sur le diagramme de stéréonets (fig.18 et 19.).

Les représentations des données (planes ou linéaires et de pente) s'effectuent selon les projections Wulf (angle égal) et Schmidt (surface égale).

La densité de points est matérialisée par des lignes ou des contours colorés.

Représentation des données sur un stéréonet : La représentation des données sur les canevas (Wulf et Schmidt) ainsi que les paramètres statistiques figurent sur les schémas (fig.18 et 19.).

Partie 1 Ténès

*Secteur Ténès

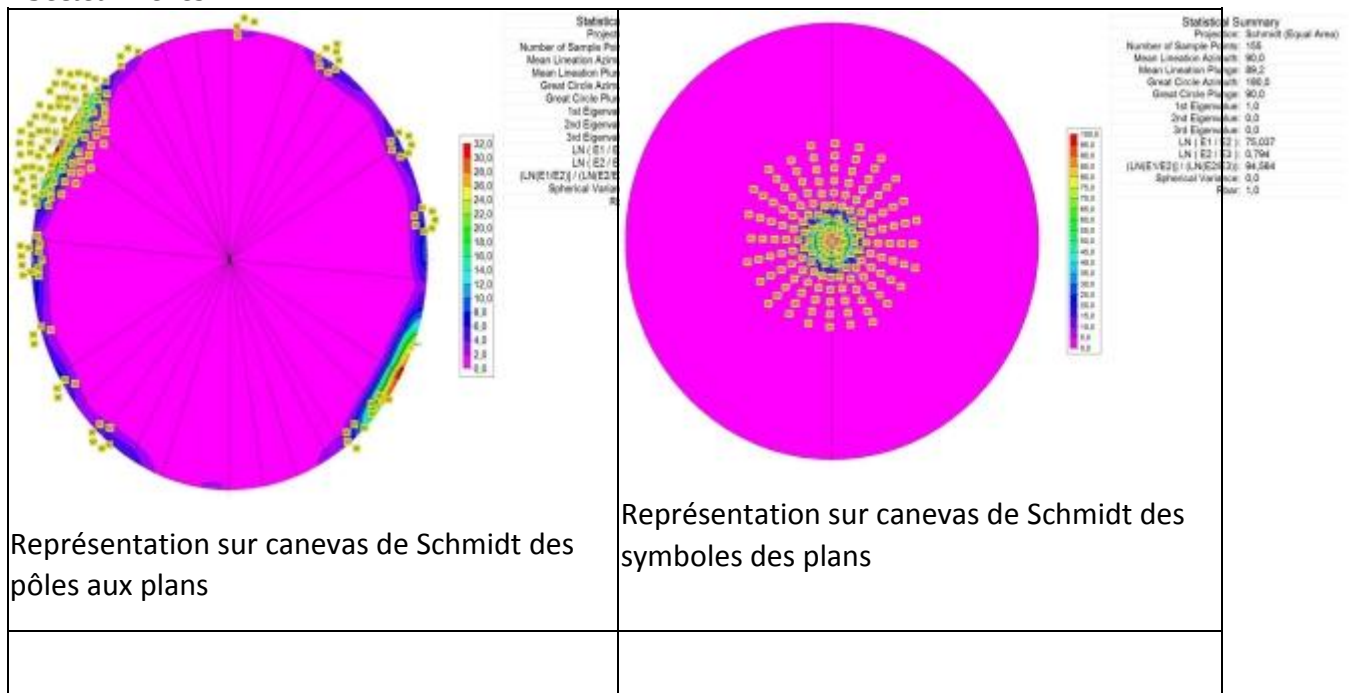


Fig.18. Représentation sur canevas de Schmidt des pôles aux plans et symboles des plans

Partie 2 Chercell

*Secteur Chercell

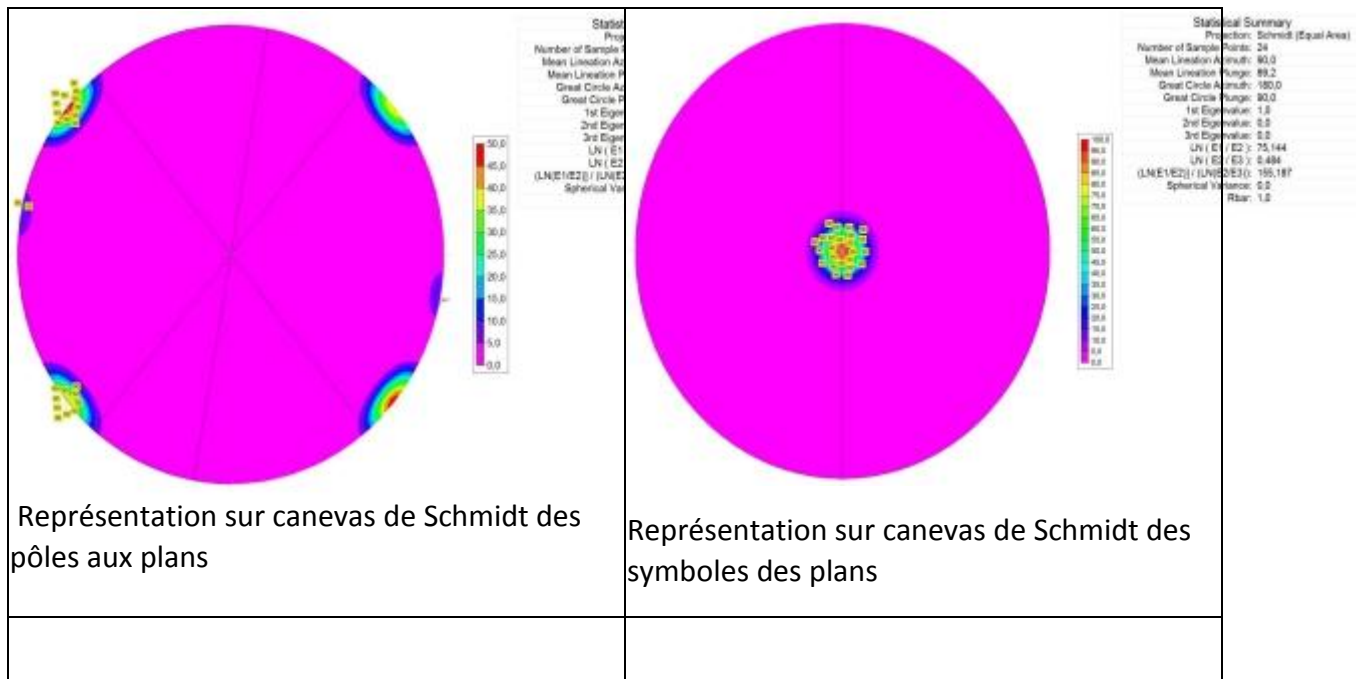
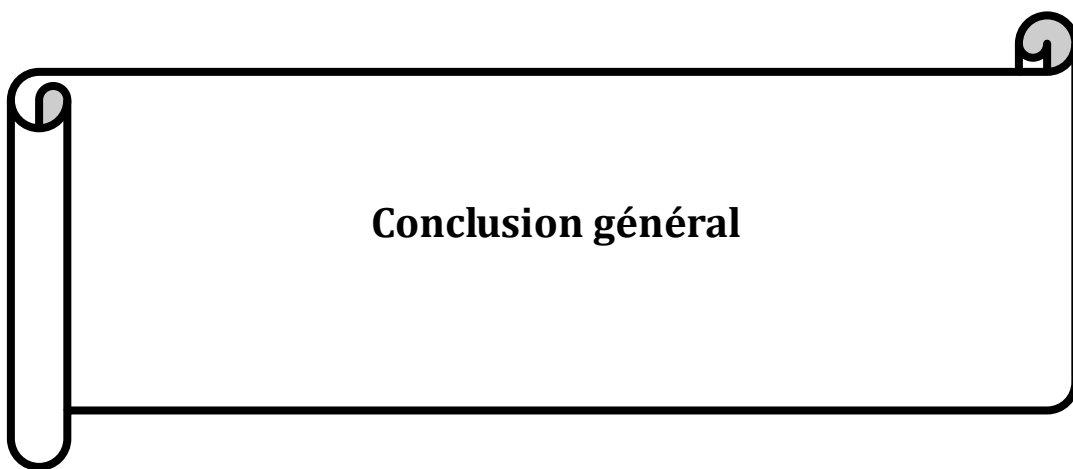


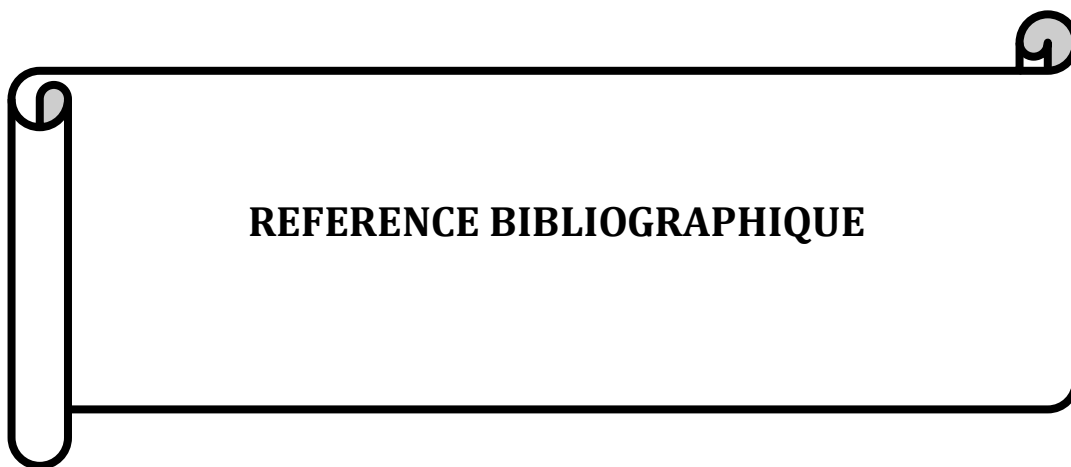
Fig.19. Représentation sur canevas de Schmidt des pôles aux plans et symboles des plans



Conclusion général

A l'issue du traitement par discrimination, il apparait pour les deux secteurs (Ténès et Cherchell) que les structures subméridiennes constituent une cible à approfondir la recherche des minéralisations concentrées sous-jacentes.

Le résultat obtenu à l'issue des traitements statistiques a permis de mieux comprendre la nature de la minéralisation. Il donne un certain sens à la présence d'une minéralisation à Cu-Ag essentiellement associée à des oxydes de fer et des minéraux d'altérations hydrothermales et encaissée dans des carbonates.



REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Andriotti. J. L (1993) Etude géostatistique du corps C3 Palmeipolis (Tocantins, Brésil) Cu et Zn. C.E.S.E.V.- E.N.S.G. 54p.

Armstrong M, Carigman J (1997) Géostatistique linéaire : application au domaine Minier, Les Presses de l'Ecole des Mines. 112 p. ISBN : 2-911762-07-R.

Aslin GEM. (1976) The determination of arsenic and antimony in geological materials by flame atomic absorption spectrometry. J Geochem Explor 6, 321–330.

Baillargeon S (2005) Le krigeage : revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale de données de précipitations, Mémoire de maîtrise en statistique, Faculté des sciences et de génie minier Université Laval Québec avril 2005, 100 p.

Belhai. Dj (1996) Evolution tectonique de la zone ouest – algéroise (Ténès – Chenoua) : Approche stratigraphique et structurale. Doctorat es sciences. U.S.T.H.B Alger. Algérie.

Belmouhoub. A (2004) Les Minéralisations sulfurées A Cu, (Au), Pb-Zn associées aux roches volcaniques miocènes du massif de Tifraouine (sahel Oranais) : pétrographie, géochimie et prospection minière. Magister. U.S.T.H.B Alger. Algérie, 130p.

Belmouhoub. A (2022) Etude géostatistique des minéralisations associées aux roches magmatiques tertiaires de l'oranaï Algérie Nord occidentale. Doctorat U.S.T.H.B Alger. Algérie, 146p.

Garrett RG. (1969) The determination of sampling and analytical errors in exploration geochemistry. Eco Geol 64, 568–574.

Garrett RG. (1973) The determination of sampling and analytical errors in exploration geochemistry – a reply. Econ Geol 68, 282–283.

Goovaerts P. (1997) Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford, New-York: University Press.

Goovaerts P. (1999) Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. Geoderma 89, 1–45.

Guiblin P, Rivoirard J, Simmonds E.J (1995) Analyse structurale de données à distribution dissymétrique : exemple du hareng écossais, Cahiers de Géostatistique 5(1995), 137-159 Ecole des Mines de Paris 1995

Liste des figures :

Figure 1 : Localisation de la région d'étude.....	9
Figure 2 : Localisation des sites du secteur Cherchell.....	10
Fig.3. Carte géologique de la région d'étude.....	10
Fig.4. Sédiments gréso-argileux de la nappe de dj Bou Mâad.....	11
Fig.5. Colonnes comparatives des coupes de faciès telliens et de la nappe inférieure....	12
Fig.6. Colonnes comparatives de la nappe supérieure.....	13
Fig.7. Colonnes comparatives du complexe néoautochtone.....	14
Fig.8. Complexe allochtone de la dorsale kabyle.....	15
Fig.10. Rose diagramme de Cherchell.....	17
Fig.9. Coupes lithostratigraphiques des dépôts de dj Chenoua.....	16
Fig.11. Représentation graphiques des teneurs moyennes en Cu (%) et en Ag (g/t) selon les directions des fractures.	19
Fig.12. Nombre d'échantillons analysés et valeurs de teneurs en cuivre par direction de fractures.....	20
Fig.13. Nombre d'échantillons analysés et valeurs de teneurs en argent par direction de fractures.	21
Fig.14. Factor Loadings (Varimax raw)	25
Fig.15. Cercle de corrélation F1Vs F2.....	27
Fig.16. Cercle de corrélation F1Vs F3.....	27
Fig.17. Cercles de corrélation.....	32
Fig.18. Représentation sur canevas de Schmidt des pôles aux plans et symboles des plans.....	34
Fig.19. Représentation sur canevas de Schmidt des pôles aux plans et symboles des plans.....	35

Liste des tableaux :

Tableau 1: Teneurs moyennes en Cu (%) et en Ag (g/t) selon les directions des fractures.....	19
Tab.2. Analyse des fonctions discriminantes.....	21
Tab.3. Tests de Chi2	22
Tab.4. Coefficients standards des variables canoniques.....	23
Tab.5. Moyennes des variables canoniques.....	23
Tab.6. Matrice de la structure factorielle.....	24
Tab.7. Factor Loadings (Varimax raw)	25
Tab.8. Valeurs propres de la matrice de corrélation	26
Tab.9. Facteurs loadings des variables	27
Tbl.N°10 Teneurs moyennes en Cu (%) et en Ag (g/t) selon les directions des fractures....	29
Tbl.N°11 Chi-Square Tests with Successive Roots Removed	29
Tbl.N°12 Standardized Coefficients for Canonical Variables.....	30
Tbl.N°13 Factor Structure Matrix, Correlations Variables - Canonical Roots (Pooled-within-groups correlations).....	30
Tbl.N°14 Means of Canonical Variables.....	30
Tbl.N°16 Factor Loadings. Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000).....	31
Tbl.N°17 Factor coordinates of the variables, based on correlations.....	31