

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



DÉPARTEMENT GÉNIE MINIER

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME  
D'INGÉNIEUR D'ETAT EN GÉNIE MINIER

THEME

# CONCEPTION ET RÉALISATION D'UN LOGICIEL DE PÉTROGRAPHIE «MINERALSEYE»

Dirigé par :

- Dr M.Charaf CHABOU

Réalisé par :

- Mr.MALKI Islem

Promotion : Juin 2009

## Remerciements

Par ses conseils et ses suggestions, Mr Moulley Charaf CHABOU, mon promoteur, m'a aidé énormément à élaborer ce projet alors je lui dis : MERCI BEAUCOUP, d'avoir cru à ce projet et de m'avoir soutenu afin d'arriver à un résultat assez satisfaisant.

J'adresse également mes vifs remerciements à tous ceux et celles qui, directement ou indirectement ont contribué à faciliter mon travail.

Je remercie les membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner mon modeste travail.

Je tiens à remercier tout particulièrement et à témoigner toute ma reconnaissance aux enseignants du département Génie Minier, qui m'ont supporté pendant trois longues années.

Par votre bienveillance, votre gentillesse, et surtout votre patience, je vous dis tous Merci.

## المُلخَص

الهدف من هذا العمل هو تحقيق اطلّس رقمي في البتروغرافيا يمكن استعماله في التّعليم و لإغراض علمية .

و قد استعملنا لذلك لغة البرنّاجج Visual Basic .

البرنّاجج جاهز و يمكن تطويره بإضافة وظائف اخرى

الكلمات المفتاحية:

بتروغرافيا (علم الصخور) - علم المعادن - Visual Basic - MineralsEye

## Résumé

Le but de ce travail est de réaliser un petit atlas numérique de pétrographie (MineralsEye) qui pourra être utilisé à des fins pédagogiques (enseignement) et pratiques. Le langage informatique utilisé pour la réalisation de ce logiciel est le Visual Basic. L'application est opérationnelle et pourra être améliorée par ajout d'autres fonctions.

### Mots clés :

Pétrographie - Minéralogie - Visual basic - MineralsEye

## Abstract

The purpose of this work is to achieve petrographic software (MineralsEye) that can be used for educational purposes (teaching) and in practices. We used Visual Basic programming language. The application is operational and can be improved by adding other features.

### Key words :

Petrography - Mineralogy - Visual Basic - MineralsEye.

# Dédicaces



*e dédie ce modeste travail*



*ma chère mère qui m'a soutenu durant mes études  
mon cher père qui m'a conseillé  
mon cher frère et ma chère soeur  
toute ma famille.*



*toute la promotion Génie Minier  
tout (es) mes Amis (es)*



*slem*

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Les Roches</b>	<b>3</b>
1.1 Introduction . . . . .	3
1.2 Les Roches Magmatiques . . . . .	4
1.2.1 Classification des roches magmatiques . . . . .	6
1.3 Les Roches Métamorphiques . . . . .	11
1.3.1 Classification des roches métamorphiques . . . . .	12
1.4 Les roches Sédimentaires . . . . .	14
1.4.1 Classification des roches sédimentaires . . . . .	15
<b>2 Les Minéraux</b>	<b>18</b>
2.1 Introduction . . . . .	18
2.2 Critères de détermination des minéraux sous microscope polarisant . . . . .	19
2.2.1 Les critères en Lumière Polarisé Non Analysée (LPNA) . . . . .	19
2.2.2 Les critères en Lumière Polarisé Analysée (LPA) . . . . .	22
2.3 Classification des minéraux . . . . .	27
2.3.1 Classe 1 - Éléments natifs . . . . .	27
2.3.2 Classe 2 - Sulfures et sulfosels . . . . .	28

2.3.3	Classe 3 - Oxydes et hydroxydes . . . . .	29
2.3.4	Classe 4 - Halogénures . . . . .	30
2.3.5	Classe 5 - Carbonates, nitrates, borates . . . . .	30
2.3.6	Classe 6 - Sulfates, chromates, molybdates, tungstates . . . . .	31
2.3.7	Classe 7 - Phosphates, arséniate, vanadates . . . . .	32
2.3.8	Classe 8 - Les silicates . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Conception et réalisation</b>	<b>36</b>
3.1	Introduction . . . . .	36
3.2	L'environnement de développement Visual Basic . . . . .	37
3.2.1	L'écran de travail . . . . .	37
3.2.2	Fenêtre projet . . . . .	39
3.2.3	La feuille interface utilisateur . . . . .	40
3.2.4	La boîte à outils . . . . .	42
3.2.5	La fenêtre des propriétés . . . . .	44
3.2.6	La fenêtre de Code . . . . .	45
3.2.7	Aide de Visual Basic . . . . .	46
3.3	Ce qui a été utilisé dans l'application . . . . .	46
3.3.1	Architecture Client/serveur . . . . .	47
3.3.2	C'est quoi le " Data Environment " (environnement de données) . . . . .	49
3.3.3	C'est quoi une requête . . . . .	49
3.3.4	Code utilisé dans les fenêtres (formulaire) descriptions des minéraux : . . . . .	51
3.4	Code source utilisé dans le laboratoire virtuel . . . . .	53
3.5	La recherche dans la base de données . . . . .	55
3.5.1	Comment filtrer les enregistrements du recordset . . . . .	56

3.5.2	Comment trier des enregistrements dans un recordset . . . . .	57
3.6	Conclusion . . . . .	57
<b>4</b>	<b>Spécifications fonctionnelles</b>	<b>58</b>
4.1	Architecture fonctionnelle de l'application MineralsEye . . . . .	58
4.1.1	Les fonctions principales (encadrées en rouge) . . . . .	59
4.1.2	Les fonctions secondaires (encadrées en bleu) . . . . .	59
4.2	Fonctionnalités de l'application MineralsEye . . . . .	60
4.2.1	La fenêtre principale . . . . .	62
4.2.2	le menu . . . . .	62
4.2.3	le menu Flottant . . . . .	63
4.2.4	La mise à jour . . . . .	63
4.2.5	Un glossaire . . . . .	63
4.2.6	Section quiz . . . . .	63
4.2.7	Minéraux silicatés . . . . .	66
4.2.8	Minéraux non silicatés . . . . .	73
4.2.9	Base de données des roches . . . . .	74
4.2.10	Laboratoire virtuel . . . . .	75
	<b>Conclusion générale</b>	<b>87</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>88</b>

# Table des figures

1.1	Cycle évolutif (ou cycle des roches)[15]	4
1.2	Intrusions, formation des roches plutoniques (D.G.R.N.E., Dejonghe, 1998)	5
1.3	Formation des roches volcaniques (D.G.R.N.E., Dejonghe, 1998)	5
1.4	Classification des roches magmatiques de Streckeisen. A- Classification des roches à feldspaths et feldspathoïdes. B- Classification des roches ultrabasiques. Ol : Olivine ; Opx : Orthopyroxène ; Cpx : Clinopyroxène.[3]	7
1.5	La représentation	8
1.6	Nomenclature des roches volcaniques courantes(Diagramme de TAS, Le Bas et al., 1986).[7]	10
1.7	Les sous divisions dans le diagramme de TAS [7]	11
1.8	Les différents types de métamorphismes	12
1.9	Métamorphisme, évolution des principales roches (Bourque, 2000)	13
1.10	Genèse des roches sédimentaires [15]	14
2.1	Les formes	19
2.2	Biotite en section basale et en section allongée	20
2.3	Inclusion du Zircon dans la Biotite	20

2.4	Le pléochroïsme . . . . .	21
2.5	Les cassures de l'olivine [E.N.P] . . . . .	22
2.6	Les clivages de la biotite [E.N.P] . . . . .	22
2.7	Echelle Lévy/Newton . . . . .	23
2.8	Les différents types de macles [17] . . . . .	23
2.9	Plagioclase zoné [17] . . . . .	24
2.10	Exsolution d'albite dans l'orthose [17] . . . . .	24
2.11	Exsolution d'OPX dans des CPX . . . . .	25
2.12	Détermination de l'angle d'extinction [17] . . . . .	26
2.13	Technique de mesure de l'allongement[17] . . . . .	27
3.1	New Project . . . . .	37
3.2	Vue d'ensemble "Visual Basic 6" . . . . .	38
3.3	La barre d'outils . . . . .	39
3.4	Fenêtre projet . . . . .	40
3.5	Form Layout . . . . .	41
3.6	La feuille interface utilisateur . . . . .	42
3.7	ToolBox . . . . .	43
3.8	Propriétés . . . . .	45
3.9	Code . . . . .	46
3.10	Architecture de l'application " MinérauxEye " . . . . .	47
3.11	Système d'information . . . . .	50
3.12	Exemple d'utilisation du Timer . . . . .	51
3.13	Portion du code . . . . .	52
3.14	API . . . . .	53

3.15	Portion de code(Laboratoire Virtuel)	54
4.1	Choix de la résolution	60
4.2	Clé de sécurité	61
4.3	Boite de dialogue	61
4.4	Accès autorisé	62
4.5	La fenêtre principale	62
4.6	Menu	63
4.7	Quiz	64
4.8	Là, on peut passer au deuxième quiz	64
4.9	Si on clique sur " correction " sans remplir les champs	65
4.10	Si on clique sur " correction " sans remplir <b>tous</b> les champs	65
4.11	Après avoir sélectionner les phyllosilicates	66
4.12	Fenêtre description	67
4.13	Le chemin d'accès	67
4.14	la barre d'information primaire	68
4.15	On a choisit description en LPA	68
4.16	Bloc note	69
4.17	Zoom LPnA	70
4.18	Fenêtre du Zoom en LPnA	71
4.19	La vidéo	71
4.20	Description en lpa	72
4.21	Les informations sur la roche	73
4.22	Passage aux autres minéraux par deux manière	73
4.23	Minéraux non silicatès	74

4.24	Base de données des roches . . . . .	75
4.25	Laboratoire virtuel . . . . .	76
4.26	Menu pour ajouter une lame mince . . . . .	77
4.27	Fenêtre principale pour ajouter une lame mince . . . . .	78
4.28	Ajout des flux multimédia . . . . .	78
4.29	Injection d'image . . . . .	79
4.30	Lecteur vidéo . . . . .	79
4.31	Injection de la vidéo . . . . .	80
4.32	Fenêtre consultation . . . . .	81
4.33	Le Rapport . . . . .	82
4.34	La recherche . . . . .	83
4.35	Résultat de la recherche . . . . .	84
4.36	Fenêtre de dialogue désignant si la recherche a abouti . . . . .	84
4.37	Lexique . . . . .	85
4.38	Chemin d'accès . . . . .	86
4.39	Accès automatique . . . . .	86

# Introduction générale

La pétrographie est la science qui s'intéresse aux minéraux et aux roches, on sait qu'à travers le monde il existe plus de quatre mille minéraux et plus de mille roches.

Il existe une multitude d'ouvrages de pétrographie, qui décrivent les roches et les minéraux, avec des images en couleur ou en noir et blanc, tout dépend de l'époque d'impression.

Comme on est dans un monde numérique, où l'information doit être trouvée rapidement et facilement, la mise en place d'une application informatique qui répond à ces critères est indispensable, ce qui constitue l'objectif de notre travail.

L'avantage de l'application «MineralsEye », en plus d'être graphique, est d'être conviviale et très facile à utiliser .Par la présence de plusieurs raccourcis, l'information est très vite atteinte. Ce logiciel peut être utilisé à des fins didactiques comme un outil pour TP (travaux pratiques) de pétrographie en le reliant à un Data Show.

Pour développer une telle application qui constitue une approche (un croquis) dans le domaine de la pétrographie, on a utilisé un outil de développement qui est le Visual Basic 6 et sa Library MSDN.

Le premier chapitre est consacré aux roches : on a décrit les différentes classifications des roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires. Dans le second chapitre, on est passé au microscopique avec la classification standard des minéraux, et les critères de reconnaissance

des minéraux en lumière polarisée et en lumière naturelle.

Le troisième chapitre est consacré à la conception et la réalisation de l'application, en commençant par présenter l'outil de développement «Microsoft visual basic »et en terminant par quelques portions de code avec des explications tout en passant en revue l'architecture de l'application «MineralsEye ».

Enfin, dans le quatrième chapitre , on accèdera à l'application, et on montrera comment elle fonctionne.

# LES ROCHES

## 1.1 Introduction

Il existe une notion évolutive dans l'étude des roches et leur classification. En pétrographie, la classification fondamentale se base sur l'origine des roches et leurs genèses. On distingue ainsi trois grandes familles de roches :

- Les roches magmatiques (ou roches ignées) : qui sont le produit du refroidissement et de la consolidation de bains silicatés en fusion, appelés magmas. Ce refroidissement pouvant se faire soit à la surface de la terre (les roches volcaniques), soit au sein de l'écorce terrestre (les roches plutoniques).
- Les roches métamorphiques : qui sont formées à partir de roches préexistantes (sédimentaires ou bien magmatiques) essentiellement par des recristallisations dues à des élévations de température et/ou de pression.
- Les roches sédimentaires : qui se forment à partir de la désintégration d'autres roches à la surface de la terre, ou à partir de la précipitation chimique ou biochimique de solutions.

Ces roches proviennent toutes d'un magma en fusion et subissent une évolution dans le temps. Prenons un exemple, une roche sédimentaire peut être le produit de l'altération de roches métamorphiques, elles-mêmes étant le produit du métamorphisme de roches, soit magmatiques,

soit sédimentaires, soit métamorphiques. Cette relation est appelée «cycle d'évolution » des trois grands groupes de roches. (Fig.1.1).

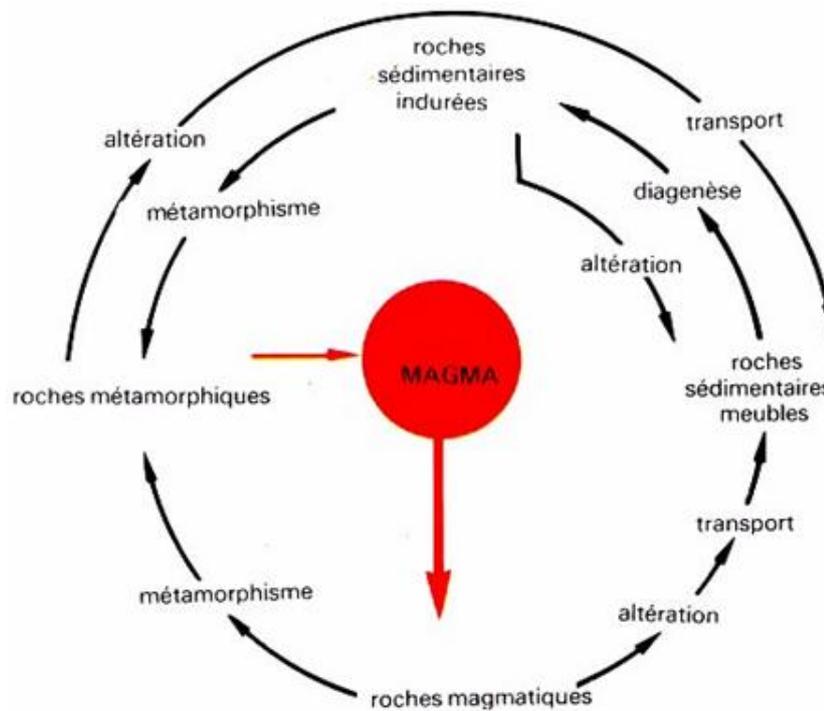


FIG. 1.1 – Cycle évolutif (ou cycle des roches)[15]

## 1.2 Les Roches Magmatiques

Selon la vitesse du refroidissement du magma on distingue :

- Les roches plutoniques issues d'un refroidissement lent et en profondeur du magma ce qui engendre des minéraux bien cristallisés (Fig.1.2).
- Les roches volcaniques cristallisent en surface et donc plus rapidement que les roches plutoniques et possèdent souvent des cristaux de moins grande taille.

Certaines roches volcaniques solidifiées trop vite n'ont pas cristallisé et donnent des verres (roches vitreuses) (Fig.1.3). [3]

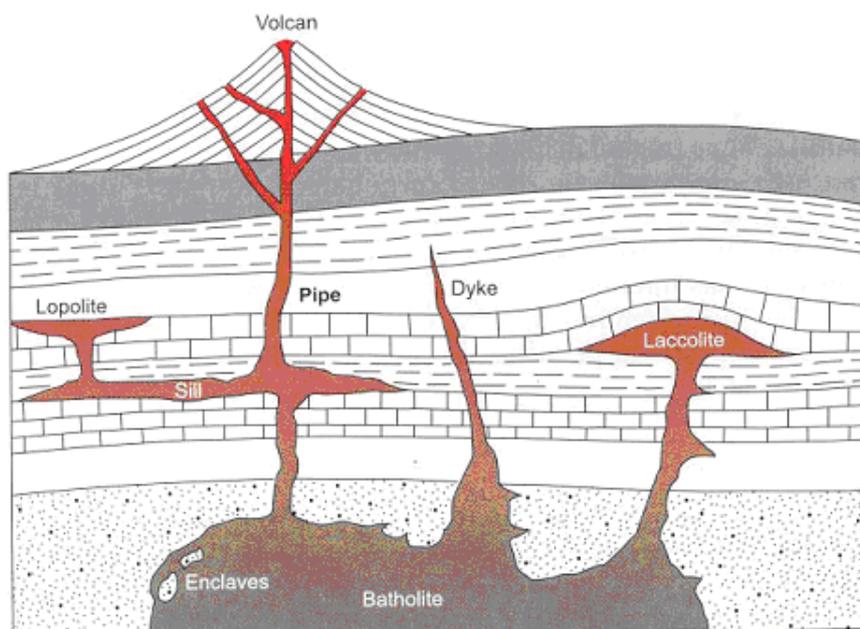


FIG. 1.2 – Intrusions, formation des roches plutoniques (D.G.R.N.E., Dejonghe, 1998)

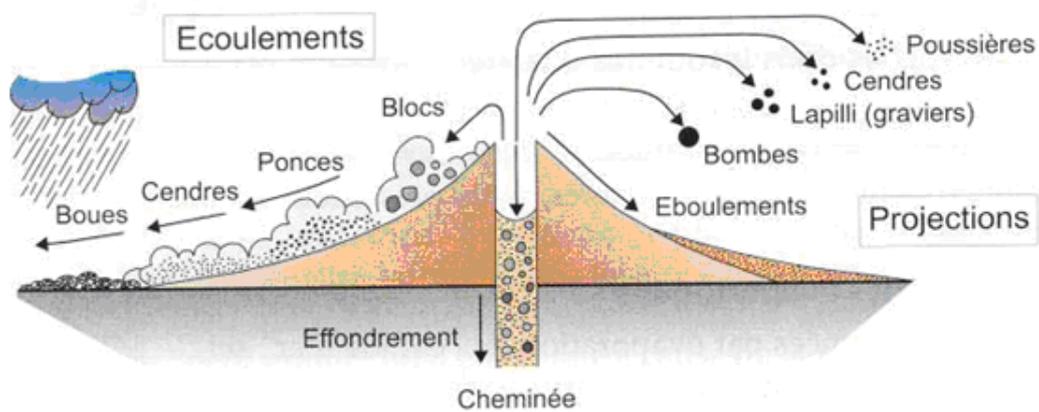


FIG. 1.3 – Formation des roches volcaniques (D.G.R.N.E., Dejonghe, 1998)

### 1.2.1 Classification des roches magmatiques

Les roches magmatiques ne renferment qu'une dizaine de minéraux essentiels qui peuvent s'associer suivant des combinaisons diverses, certains étant cependant incompatibles comme quartz et feldspathoïde ou quartz et olivine. Il a donc fallu établir des coupures, avec tout ce que cela a d'arbitraire, tout en sachant que, chimiquement, il y a un passage progressif d'un terme à l'autre.

#### A. Classification des roches plutoniques

##### Classification triangulaire de Streckeisen

Elle repose sur l'incompatibilité quartz-feldspathoïdes et consiste donc à opposer deux triangles équilatéraux par une de leur base A-P.

Quel que soit le point choisi à l'intérieur d'un des triangles, la somme des trois hauteurs qui en sont issues a toujours la même valeur (100 %).

Les sommets du triangle supérieur sont occupés par le quartz (Q), les feldspaths alcalins (A) et les plagioclases (P). La détermination des minéraux se faisant au microscope, les feldspaths alcalins sont représentés par l'orthose, l'orthose perthitique et le microcline, et les plagioclases par les feldspaths calco-sodiques identifiables à leur macle polysynthétique.

Les sommets du triangle inférieur sont occupés par les feldspaths alcalins (A), les plagioclases (P) et les feldspathoïdes (F).

Ne peuvent être placées dans le double triangle de Streckeisen que les roches qui contiennent moins de 90 % de minéraux colorés, les roches holomélanocrates en sont donc exclues. Ces minéraux colorés sont : biotite + amphibole + pyroxène + olivine + opaques.

Les roches contenant plus de 90 % de minéraux colorés sont classées en fonction de leur teneur respective en olivine, orthopyroxène et clinopyroxène qui occupent les trois sommets d'un autre triangle (Figure 1.4.B). [3]

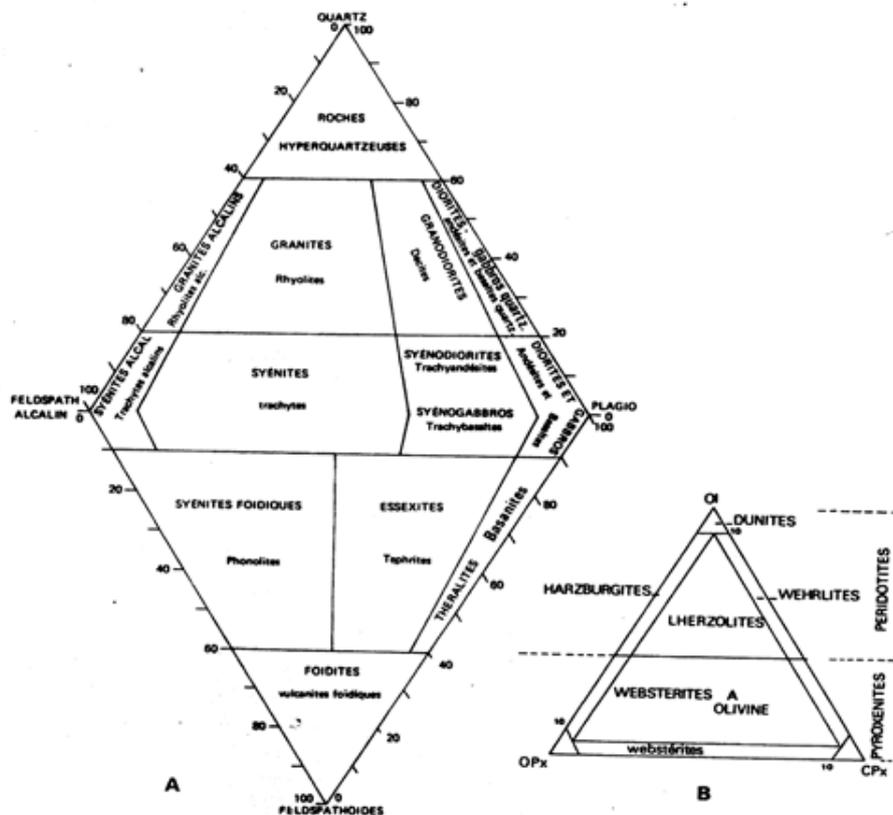


FIG. 1.4 – Classification des roches magmatiques de Streckeisen. A- Classification des roches à feldspaths et feldspathoïdes. B- Classification des roches ultrabasiques. Ol : Olivine; Opx : Orthopyroxène; Cpx : Clinopyroxène.[3]

N.B : ce schéma englobe les roches plutoniques (en majuscules) et leurs équivalents volcaniques (en minuscules)

EXEMPLE :

On a calculé la composition minéralogique d’une roche plutonique dont la texture est grenue. On obtient les proportions suivantes des minéraux : Q =25% , A=20% , P=55% On les porte sur le diagramme de Streckeisen. On aura alors une **Granodiorite**.

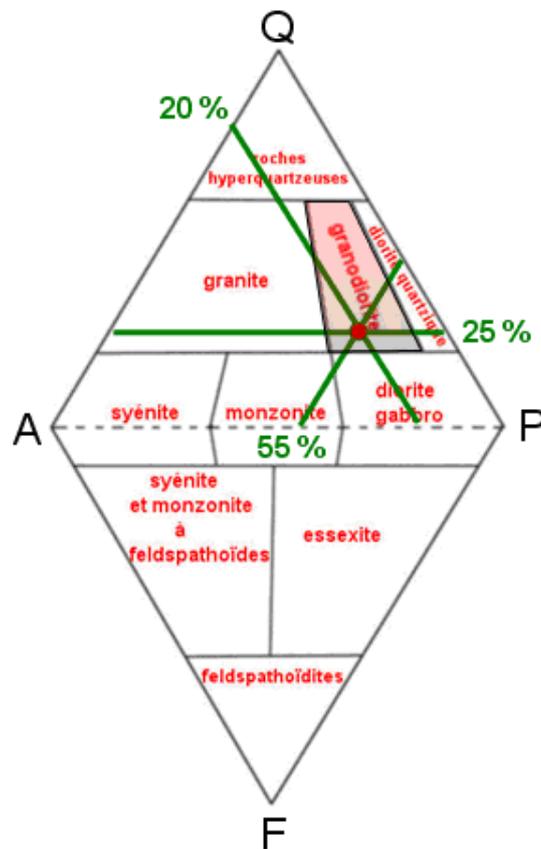


FIG. 1.5 – La représentation

## B. Classification des roches volcaniques

### Classification normative

Cette classification se base sur les résultats d'une analyse chimique et consiste à recomposer des minéraux virtuels (dits normatifs), selon des règles internationales.

Cette classification présente de nombreux avantages :

- Elle constitue le seul moyen de caractériser une roche.
- En outre, elle permet de s'affranchir des conditions de cristallisation, ce qui donne la possibilité d'une part, de déterminer la composition d'une roche vitreuse et, d'autre part, de connaître la composition du magma à l'origine de la formation d'une roche. [8]

## Diagramme de TAS

La composition minéralogique réelle des roches volcaniques est parfois impossible à déterminer à cause de la finesse du grain et de la présence de verre. La classification de ces roches est basée sur la composition chimique. La nomenclature des roches volcaniques adoptées par l'U.I.S.G. est fondée sur le diagramme  $[\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}]$  (%) vs.  $\text{SiO}_2$  (%), appelé également diagramme TAS (Total Alkalies Silica), dans lequel différents champs ont été tracés (Fig.1.6).

Le diagramme TAS est divisé en 15 champs, dont deux contiennent des sous divisions basées sur d'autres critères chimiques, ce qui conduit à distinguer 17 noms de roches volcaniques : basalte, andésite basaltique, andésite, dacite, rhyolite, trachy-basalte, trachy-andésite basaltique, trachy-andésite, trachyte, trachy-dacite, micro-basalte, basanite, téphrite, phonotéphrite, téphri-phonolite, phonolite et feldspathoïdite.

- La distinction entre basanite et téphrite est basée sur le pourcentage en olivine (ol) dans la norme CIPW. Si  $\text{ol} > 10\%$ , la roche est une basanite. Sinon, c'est une téphrite.
- La distinction entre trachyte et trachy-dacite est basée sur le pourcentage du quartz (Q) dans la norme CIPW. Si  $\text{Q} > 20\%$ , la roche est un trachy-dacite. Sinon, c'est un trachyte.
- Le champ des trachy-basaltes peut être divisé en deux selon les pourcentages de  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$  : si  $(\text{Na}_2\text{O} - 2) > \text{K}_2\text{O}$ , la roche est une hawaïte. Si  $(\text{Na}_2\text{O} - 2) < \text{K}_2\text{O}$ , on emploie le nom de trachy-basalte potassique .
- En utilisant le même critère, le champ des trachy-andésites basaltiques est divisé en deux : si  $(\text{Na}_2\text{O} - 2) > \text{K}_2\text{O}$ , la roche est une mugéarite. Si  $(\text{Na}_2\text{O} - 2) < \text{K}_2\text{O}$ , on emploie le nom de shoshonite .
- De la même façon, le champ des trachy-andésites est divisé en deux : si  $(\text{Na}_2\text{O} - 2) > \text{K}_2\text{O}$ , la roche est une benmoréite. Si  $(\text{Na}_2\text{O} - 2) < \text{K}_2\text{O}$ , on emploie le nom de latite.

La classification de TAS doit être utilisée en respectant les conditions suivantes :

- Les roches doivent être fraîches : dans la composition chimique, la teneur en  $H_2O^+$  est inférieure à 2 %, celle de  $CO_2$  inférieure à 0,5 %.
- Les analyses chimiques doivent être recalculées de telle façon à ce que la somme des pourcentages en oxydes soit égale à 100 % en éliminant  $H_2O$  et  $CO_2$ .
- Le rapport entre  $FeO$  et  $Fe_2O_3$  dans la norme doit être calculé selon la formule :  
 $Ox = 0,93 - 0,0042 SiO_2 - 0,022 (Na_2O + K_2O)$ , où :  $Ox = FeO / (FeO + Fe_2O_3)$ . Ce calcul est nécessaire pour être sûr que la roche n'a pas été oxydée au contact de l'air lors de sa formation.[7]

Remarque :

Certains groupes de roches, comme les dolérites, les lamprophyres, les lamproïtes, les carbonatites et les spilites ne figurent pas dans les classifications précédentes.

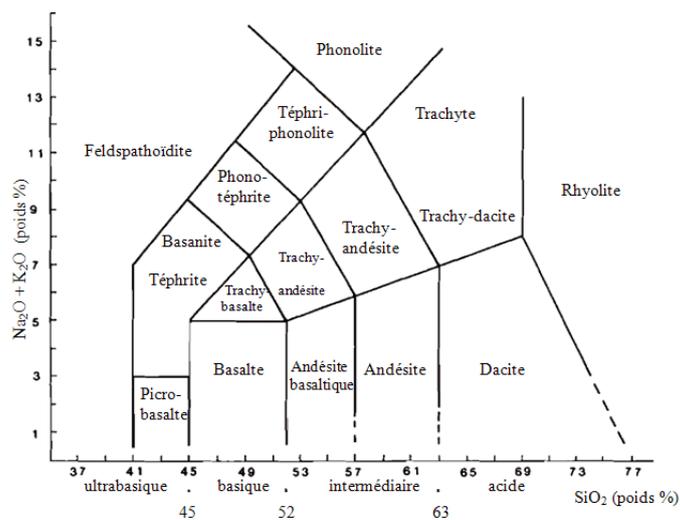


FIG. 1.6 – Nomenclature des roches volcaniques courantes (Diagramme de TAS, Le Bas et al., 1986).[7]

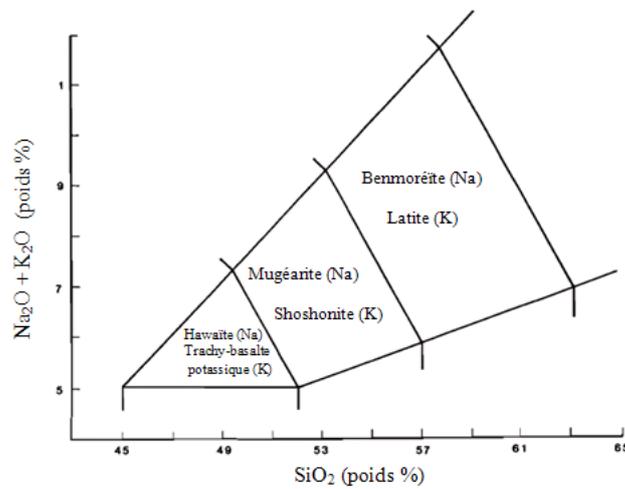


FIG. 1.7 – Les sous divisions dans le diagramme de TAS [7]

### 1.3 Les Roches Métamorphiques

Les facteurs responsables des transformations métamorphiques ont des rôles inégaux et par conséquent les roches formées ont des caractéristiques différentes en fonction du type de métamorphisme subi. Il existe plusieurs types de métamorphismes :

- Le métamorphisme général (régional), ainsi dénommé a cause de son ampleur. Les roches subissent une augmentation de température et de pression et sont presque toujours orientées ;
- Le métamorphisme de contact (thermique), dans lequel le facteur principal est une forte augmentation de température autour d'une intrusion magmatique, granitique ou gabbroïque ;
- Le métamorphisme océanique qui intéresse la croûte océanique, ultrabasique et basique. Le facteur principal est ici l'eau qui induit un métamorphisme hydrothermal avec recristallisation des minéraux sans modification des structures magmatiques primaires ;
- Le pyrométamorphisme, qui se développe grâce à une très forte augmentation de température.

Ces conditions sont réalisées lors de la mise en place de coulées basaltiques sur des sols qui subissent un recuit important alors que les basaltes eux-mêmes sont hydratés et envahis par des zéolites ;

- Le métamorphisme dynamique (cataclastique), qui intéresse de faibles volumes de roches le long de surfaces tectoniques. Les températures sont généralement faibles alors que les pressions orientées sont très importantes ;
- Le métamorphisme d’enfouissement, lorsque les roches se retrouvent à grande profondeur et donc soumises à la seule pression lithostatique qui induit des transformations minéralogiques sans transformations structurales ;
- Le métamorphisme d’impact, qui est exceptionnel et dû à la chute de grosses météorites.[10]

Les paramètres essentiels pour ces différents types de métamorphismes sont :

Métamorphisme	Température	P.orientées	P.lithostatique	Fluides
Général	***	***	***	*
Contact	***			*
Impact	***	***		
Océanique	*			***
Pyrométam	***			
Cataclastique	*	**		*
Enfouissement	*		***	*

FIG. 1.8 – Les différents types de métamorphismes

### 1.3.1 Classification des roches métamorphiques

Il n’existe pas de classification qui fasse l’unanimité entre les géologues en raison de la complexité du métamorphisme et des origines très diverses des roches métamorphiques (à l’origine soit sédimentaires, soit magmatiques ou elles-mêmes issues d’un métamorphisme antérieur).

Les géologues tentent généralement de construire des classifications qui soient basées sur la nature de la roche originelle (roche mère) et sur les conditions de pression et de température

du métamorphisme

D'une manière générale, lorsque le métamorphisme a affecté :

- Des roches sédimentaires, on parle de roches **param**étamorphiques ;
- Des roches magmatiques, on parle de roches **ortho**métamorphiques ;
- Des roches métamorphiques, on parle de roches **poly**métamorphiques.

La figure illustrant sommairement l'évolution des principales roches de la croûte terrestre.

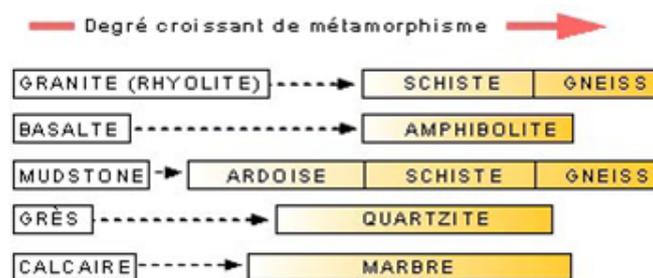


FIG. 1.9 – Métamorphisme, évolution des principales roches (Bourque, 2000)

Cette figure permet notamment de mettre en évidence qu'un métamorphisme intense d'un schiste peut donner un gneiss, de composition minéralogique semblable à celle d'un granite.

### Classification simplifiée de Schumann

Cette classification est utile pour une reconnaissance rapide des roches métamorphiques, basée principalement sur leurs caractéristiques extérieures, observables à l'échelle de l'échantillon et ne nécessitant pas d'observation en lame mince. Ces caractéristiques sont principalement : la forme des minéraux, la schistosité, la faculté de se débiter en plaquettes et la présence de minéraux typiques.[8]

	Roches de la famille du gneiss	Roches de la famille des schistes	Roches non schisteuses
Forme des minéraux	Grains moyens à grossiers	minces et allongés	grains fins à grossiers
Schistosité	peu prononcée à bien marquée	très nettement marquée	aucune
Plaques de délitement	moyennes à épaisses	minces	aucune
Minéraux typiques	feldspaths,quartz	micas,minéraux argileux	en grand nombre

### 1.4 Les roches Sédimentaires

Quatre processus conduisent à la formation des roches sédimentaires : l'altération superficielle des matériaux qui produit des particules, le transport de ces particules par les cours d'eau, le vent ou la glace qui amène ces particules dans le milieu de dépôt, la sédimentation qui fait que ces particules se déposent dans un milieu donné pour former un sédiment et, finalement, la diagenèse qui transforme le sédiment en roche sédimentaire.

Le matériel sédimentaire peut provenir de trois sources : une source **terrignène**, lorsque les particules proviennent de l'érosion du continent ; une source **allochimique**, lorsque les particules proviennent du bassin de sédimentation, principalement des coquilles ou fragments de coquilles des organismes ; une source **orthochimique** qui correspond aux précipités chimiques dans le bassin de sédimentation ou à l'intérieur du sédiment durant la diagenèse.[15]

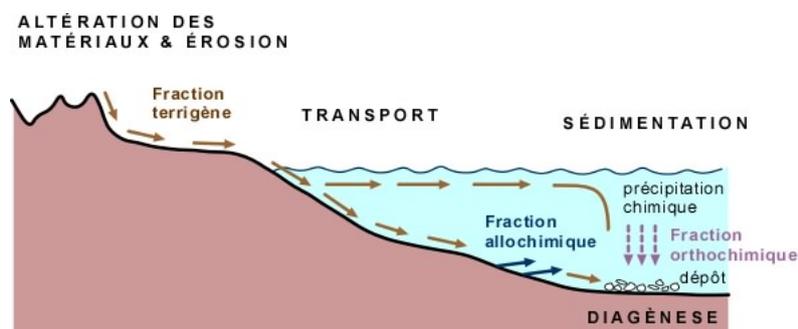


FIG. 1.10 – Genèse des roches sédimentaires [15]

### 1.4.1 Classification des roches sédimentaires

Selon l'origine et la composition des roches sédimentaires on peut établir un classement assez précis.

#### Roches détritiques :

- **Rudites** : Ces roches possèdent une majorité de particules dont le diamètre est supérieur à 2 mm.
  - Roches meubles : les particules ne sont pas soudées. Ce sont les blocs (>20 cm), les cailloux (>2 cm), et les graviers (>2 mm).
  - Roches consolidées : les particules sont soudées par un ciment. Ce sont les brèches (éléments anguleux) et les poudingues (éléments arrondis).
- **Arénites** : grains, minéraux compris entre 50 mm et 2 mm.
  - roches meubles : ce sont les sables (quartz, feldspath, muscovite, calcite, glauconie,...) ;
  - roches consolidées : ce sont les grès, c'est à dire des sables dont les grains se sont cimentés. Cette cimentation a pu être provoqué lors de la pédogenèse sous l'action de l'humus, ou en raison des fluctuations du niveau de la nappe phréatique qui favorise la précipitation du quartz ou encore à cause d'apports ioniques extérieurs.
    - Les arkoses, grès grossiers (grains anguleux, feldspath >20 %)
    - Les grauwackes, grès sombres à ciment argileux (origine marine ou orogénique)
    - Les molasses, grès mixtes à calcite, quartz et tests (origine lacustre ou littorale)
    - Les grès micacés, siliceux, calcaires
    - les quartzites

Les intraclastes sont des grains anguleux, les pellets des grains arrondis.

- **Pélites ou lutites** : essentiellement siliceuses, les grains font moins de 50 mm. Les minéraux sont généralement des argiles, des micas, du quartz, de la calcite, des tests.

Le ciment est souvent de la calcite.

On distingue les pélites, les loess (argile + calcite + quartz), les marnes.

### **Roches chimiques et biochimiques :**

Les roches chimiques ne sont formées que par des dépôts minéralogiques indépendants de l'action d'êtres vivants contrairement aux roches biochimiques.

### **Roches d'origines chimiques :**

#### **– Les roches carbonatées**

– continentales : ce sont les dépôts formés généralement par précipitation à la suite d'une diminution de la pression de  $\text{CO}_2$ , d'une augmentation de la concentration en carbonate de calcium ou encore quand la température s'élève. Cela aboutit à la formation des stalactites et stalagmites ainsi que des tufs et travertins (dépôts de source pétrifiantes).

Il ne faut pas oublier les calcaires lacustres.

– marines : ce sont :

– les calcaires oolithiques (petites concrétions qui se forment dans les mers agitées et chaudes),

– les calcaires marneux et les marnes (mélanges plus ou moins important d'argile et de calcaire. Un apport détritique peut intervenir dans leur formation). Indiquent généralement un milieu de formation peu profond.

– les dolomies, I  $(\text{Mg,Ca})_2\text{CO}_3$  ou II (la majorité des dolomies est secondaire à calcite, aragonite et giobertite). La dolomitisation peut se faire pendant la diagenèse, dans ce cas c'est la giobertite ( $\text{MgCO}_3$ ) qui remplit les pores du ciment. Après la diagenèse, c'est lors de la rencontre entre eaux interstitielles différentes (lagune, eau douce) que se produisent les remplissages, mais surtout un échange de Ca avec Mg qui donne les dolomies II (les structures deviennent peu visibles).

Les sparites correspondent à un ciment grossier tandis que les micrites correspondent à un ciment fin.

- **Les roches siliceuses** : Glauconite, tripoli, silex, meulières diagénétiques
- **Les évaporites** : roches salines provenant d'un lessivage continental ou d'une évaporation lagunaire.

Gypse (Température inférieure à 20°C) ou anhydrite (>à 20°C) Sel gemme.

### **Roches biochimiques :**

Elles sont formées par accumulation de squelettes, de tests ou de constructions d'êtres vivants :

- Calcaires d'accumulation (craies à coccolithes, à foraminifères, à entroques, coquilliers) ;
- Calcaires construits ou récifaux : Ils sont formés par l'accumulation, quasiment sur place, des squelettes des organismes constituant les récifs coralliens ;
- Roches siliceuses :
  - radiolarites (eaux tempérées) ;
  - spongolites (spicules d'éponges) ;
  - diatomites (eaux froides).[16]

# Chapitre 2

## LES MINÉRAUX

### 2.1 Introduction

La minéralogie, une des plus anciennes parmi les sciences de la terre, a pour but l'étude des minéraux, éléments ou composés naturels formant la croûte terrestre. Par extension, elle a été amenée à étudier les minéraux contenus dans les météorites et provenant d'autres parties de l'univers.

Plusieurs minéraux de la croûte terrestre cristallisent à partir d'un magma, c'est-à-dire, de la roche fondue. Cette cristallisation obéit à certaines règles. Dans un magma dont la température est supérieure à  $1200^{\circ}\text{C}$ , comme au niveau du manteau supérieur par exemple, les minéraux sont tous sous leur phase liquide. Si ce magma est introduit dans la croûte terrestre, il subit un abaissement de pression et se refroidit progressivement. En supposant qu'on maintienne la pression constante, c'est-à-dire, à un niveau constant dans la croûte, les minéraux cristallisent lorsqu'ils atteignent la température correspondant à leur limite solide-liquide (température de cristallisation).

Comme cette limite n'est pas la même pour tous les minéraux, ceux-ci ne cristallisent pas tous en même temps, mais à tour de rôle, selon leur température de cristallisation, à mesure que se refroidit le magma. Avec un abaissement de la température du magma, les minéraux dont

la température de cristallisation est la plus élevée sont les premiers à cristalliser. Le premier est l'olivine. Le second groupe à se former comprend les pyroxènes. A ce stade, le magma aura épuisé son bagage en olivine. Puis avec la cristallisation des amphiboles, puis de la biotite, le bagage en pyroxènes est épuisé. Avec l'abaissement progressif de la température, suivent le quartz, les feldspaths potassiques et la muscovite. On a donc une suite de cristallisation bien définie, contrôlée par la température. On appelle cette suite une suite discontinue, parce qu'il s'agit dans chaque cas de minéraux distincts (composition et structure cristalline distinctes).

## 2.2 Critères de détermination des minéraux sous microscope polarisant

### 2.2.1 Les critères en Lumière Polarisée Non Analysée (LPNA)

#### A.1 La forme :

On utilise le même vocabulaire que lors de l'observation des minéraux macroscopique. Cependant, en lame mince, on observe seulement 2 dimensions.



FIG. 2.1 – Les formes

On définit des sections allongées, les sections basales s'appliquent à une section subarondie d'un prisme, ou dans un plan bien particulier des minéraux. En général, un certain nombre de propriétés optiques des minéraux diffère en section basale et en section allongée.

Par exemple la biotite, pléochroïque et montrant un clivage parfait en section allongée, ne montre ni pléochroïsme ni clivage en section basale (plan des feuillets).[17]

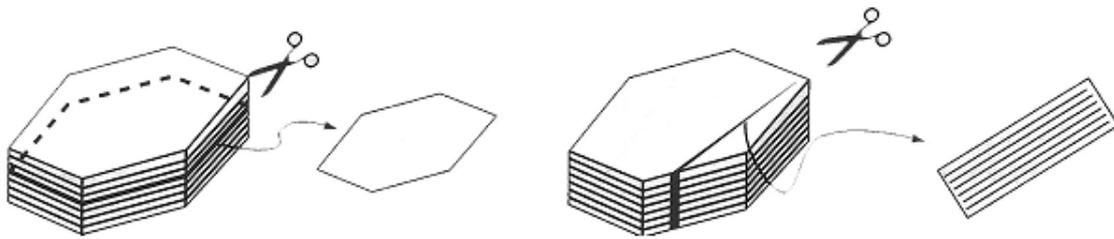


FIG. 2.2 – Biotite en section basale et en section allongée

### A.2 Altération - Pureté - Impureté - Inclusions :

L'altération se traduit souvent par la recristallisation de minéraux plus hydratés du type des Argiles (sens large) ce qui donne une "salissure" des minéraux et/ou une "dégradation" de leurs propriétés optiques. Les inclusions peuvent orienter la détermination des minéraux.

Par exemple : le Quartz est toujours très pur, les plagioclases sont souvent altérés. La Biotite contient souvent des traces sphériques noires dues à la radioactivité des zircons etc.[17]

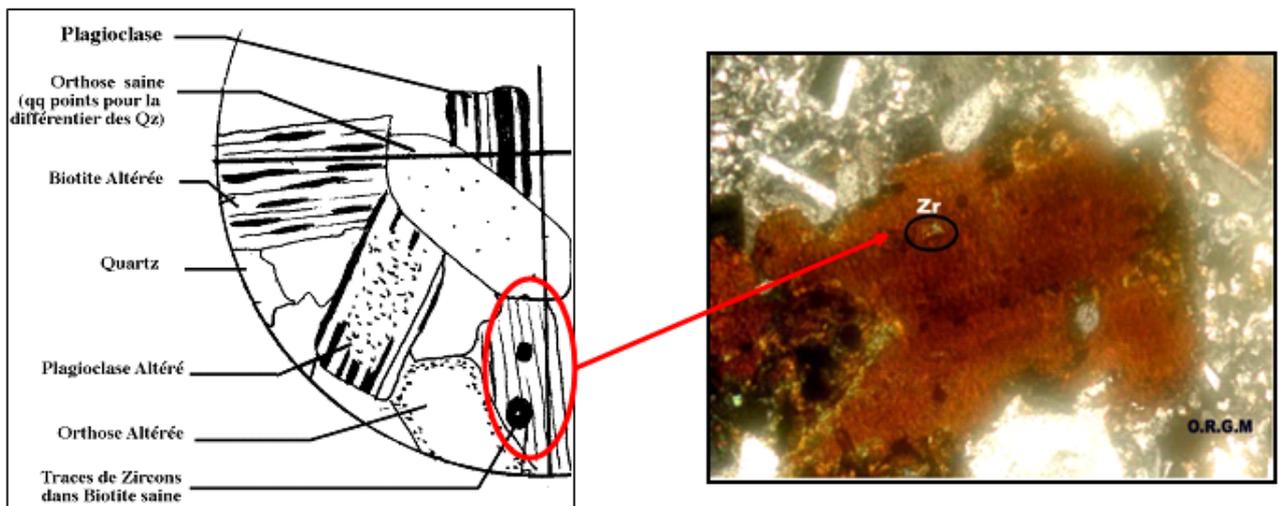


FIG. 2.3 – Inclusion du Zircon dans la Biotite

**Noter :** Pour faire la différence entre une inclusion et une altération sous microscope, il nous suffit de faire une rotation de la platine ; si on a une alternance d'extinction du minéral

par rapport à l'impureté, on dit que c'est une inclusion et si le minéral s'éteint avec l'impureté qui se trouve dedans donc c'est une altération.[17]

### A.3 La couleur - le pléochroïsme :

La couleur est un critère fiable en LPNA. Certains minéraux montrent des variations de teintes lorsque l'on tourne la platine. C'est le pléochroïsme. Ce phénomène est dû à l'absorption inégale des différentes longueurs d'onde en selon les directions de l'ellipsoïde des indices.

La couleur est maximale quand  $N'g$  est // au plan de vibration du polariseur (en général NS). Elle est minimale si c'est  $N'p$  qui est // à ce plan.[17]

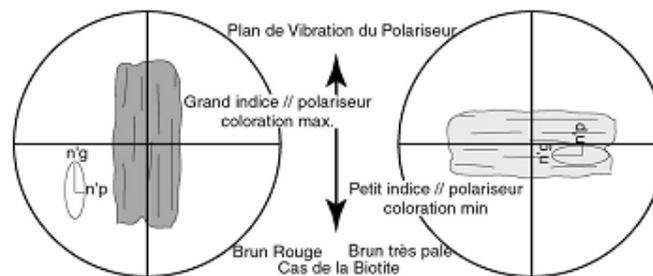


FIG. 2.4 – Le pléochroïsme

### A.4 Clivages-Cassure :

Certaines personnes ne font pas la différence en ces deux termes donc, les cassures ne s'organisent pas de façon aussi homogène que les clivages, elles peuvent être ramifiées, pas les clivages.

Certains minéraux qui possèdent plusieurs clivages peuvent n'en présenter qu'un seul en section.

D'autre part les angles observés entre plusieurs clivages ne sont caractéristiques que si la coupe du minéral est faite perpendiculairement aux plans de clivage.[17]

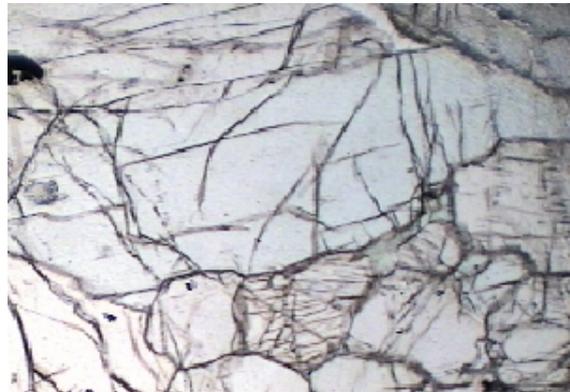


FIG. 2.5 – Les cassures de l’olivine [E.N.P]



FIG. 2.6 – Les clivages de la biotite [E.N.P]

#### A.5 Le relief :

Le relief dépend de la valeur des indices de réfraction, plus ils sont différents de l’indice de réfraction de la colle (1,54), plus le relief est fort.

Un minéral a fort relief, prend un aspect ”gras”, ses contours apparaissent plus net, sa surface parait plus rugueuse (en fermant le diaphragme pour mieux l’observer).[17]

#### 2.2.2 Les critères en Lumière Polarisé Analyisée (LPA)

##### B.1 Les Teintes de polarisation :

Les valeurs de biréfringence des minéraux données par l’échelle de Lévy/Newton.

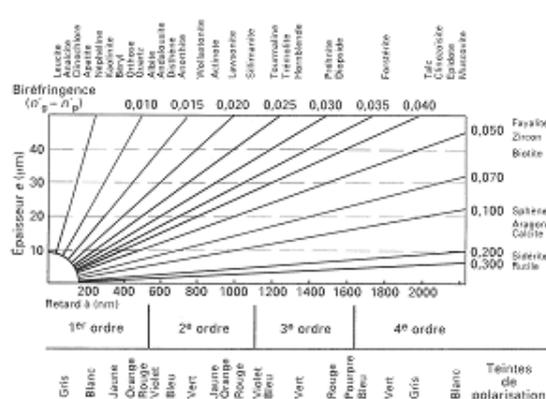


FIG. 2.7 – Echelle Lévy/Newton

**B.2 Macles :**

L'orientation différente des réseaux cristallins d'un même minéral maclé résulte dans une orientation différente de l'ellipsoïde des indices dans un même grain. De fait, l'extinction à lieu pour différentes positions du grain dans chaque partie maclée. Les couleurs de réfringence peuvent également être différentes.[17]



FIG. 2.8 – Les différents types de macles [17]

**B.3 Zonation :**

La zonation est le résultat d'une variation de composition d'un minéral au cours de sa cristallisation. L'extinction des minéraux fait apparaître des bandes concentriques moulant la forme du minéral.

Fréquent pour les plagioclases et les pyroxènes en particulier dans les roches volcaniques.[17]

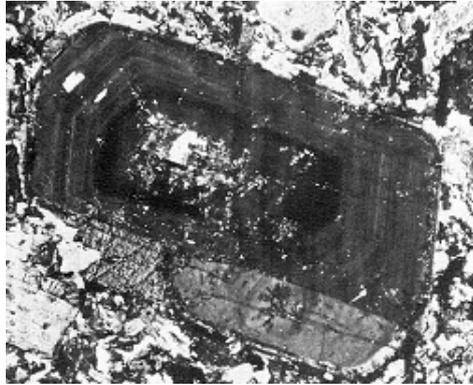


FIG. 2.9 – Plagioclase zoné [17]

#### B.4 Exsolution :

L'exsolution est le résultat de la séparation de phases minérales de composition chimique différente au sein d'un même minéral en phase solide.

Fréquent : exsolution d'albite dans l'orthose (Perthites). Exsolution d'OPX dans des CPX.[17]



FIG. 2.10 – Exsolution d'albite dans l'orthose [17]

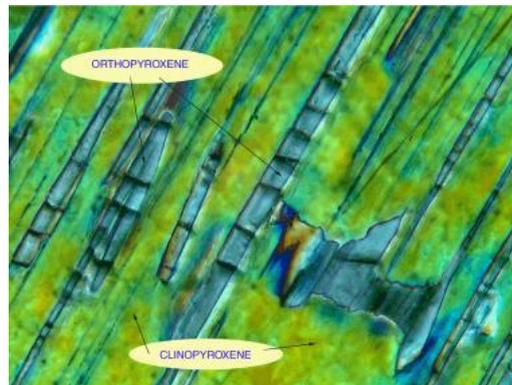


FIG. 2.11 – Exsolution d'OPX dans des CPX

### B.5 Les angles d'extinction :

A chaque extinction, la direction des indices est confondue avec la direction des polariseurs du microscope. Il y a 4 extinctions par le tour de la platine.

#### TECHNIQUE :

- Choisir une section allongée présentant un clivage net (ou une face cristalline, une macle...).
- Aligner le clivage (ou la face ou la macle) avec le fil NS des réticules et noter la graduation sur la bordure de la platine.
- Mettre l'analyseur et faire tourner la platine jusqu'à l'extinction. Noter la valeur de la graduation.
- La différence entre les 2 lectures donne l'angle d'extinction (tjrs  $<45^\circ$  sinon tourner dans l'autre sens).

#### REGLE :

Extinction droite :  $a = 0^\circ$

Minéraux des systèmes quadratique, rhomboédrique, hexagonale et orthorhombique.

Extinction oblique :  $a \neq 0^\circ$

Minéraux monocliniques parfois, et tous les minéraux triclinique.

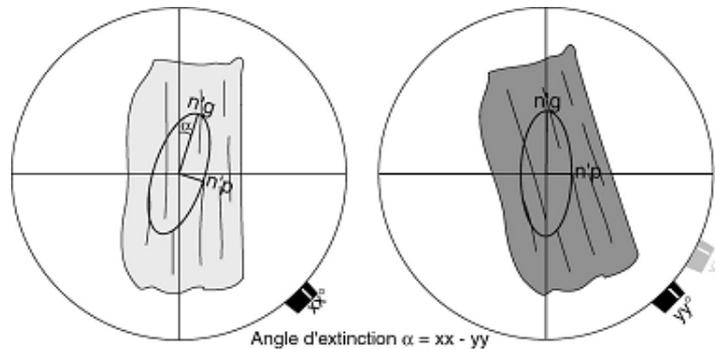


FIG. 2.12 – Détermination de l'angle d'extinction [17]

### B.6 Mesure d'allongement :

#### TECHNIQUE :

- Placer le minéral à l'extinction selon la direction la plus proche de sa direction d'allongement ;
- Tourner A DROITE de  $45^\circ$  pour obtenir l'éclairement maximum. Observer la teinte de polarisation ;
- Introduire la lame auxiliaire l (quartz teinte sensible) ou l/4 (mica quart d'onde) ;
- Observer la variation de la teinte de polarisation dans le QUADRANT Nord Est .

#### Interprétation des résultats :

- Si les couleurs de polarisation MONTENT dans l'échelle de Newton alors  $n'g$  (minéral) et NG (lame) se sont additionnée ;  $n'g$  est dans la direction de l'allongement du minéral on dit que l'allongement est positif.
- Si les couleurs de polarisation DESCENDENT dans l'échelle de newton, alors  $n'p$  (minéral) et NG (lame) se sont retranché ;  $n'p$  est dans la direction de l'allongement du minéral on dit que l'allongement est négatif.[17]

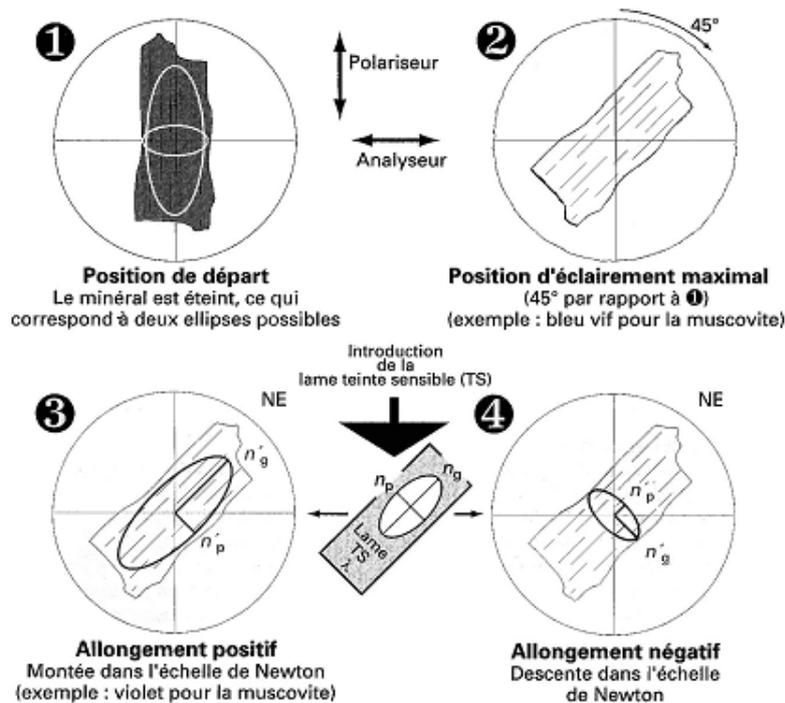


FIG. 2.13 – Technique de mesure de l'allongement[17]

## 2.3 Classification des minéraux

### 2.3.1 Classe 1 - Éléments natifs

Il existe environ 80 minéraux ou alliages natifs (Aubert et al. 1978). Ces minéraux sont généralement rares, les seuls ayant une importance historique ou économique sont : l'or, le cuivre, l'argent, le soufre, les différentes formes du carbone et les minéraux du groupe du platine. Il faut souligner le rôle de ces métaux natifs, et en particulier du cuivre, dans le développement de la civilisation. Les métaux natifs ont un fort éclat métallique, de fortes densités, ils sont malléables et ne présentent pas de clivages : or, argent, cuivre, fer, platine, etc.

Les éléments semi-métalloïdiques ont un éclat variable, métallique à submétallique, ils sont plus ou moins malléables et clivables, denses : bismuth, antimoine, arsenic, tellure, etc.

Métaux et semi-métalloïdes cristallisent dans des systèmes de haute symétrie. Les métalloïdes sont très polymorphes, par exemple le carbone peut s'exprimer sous la forme de deux minéraux aussi dissemblables que le graphite et le diamant.

Gisements : Les éléments métalliques, semi-métalloïdiques et le diamant se rencontrent presque exclusivement associés à des roches éruptives et dans les gisements détritiques qui en dérivent (placers). Le graphite est ubiquiste (domaine éruptif ou métamorphique), ainsi que le soufre (domaine sédimentaire ou fumarolien). [5]

### 2.3.2 Classe 2 - Sulfures et sulfosels

La classe des sulfures et des sulfosels présente pour le géologue minier l'une des parties les plus importantes de la minéralogie car elle renferme les minerais de presque tous les métaux autres que le fer, le manganèse, les métaux légers et précieux. La classe des sulfures et sulfosels comprend environ 600 minéraux dont 100 sont des sulfosels (Aubert et al. 1978). On groupe les séléniures, tellurures, antimoniures, arséniures et sulfo-arséniures avec les sulfures, alors que les sulfosels constituent une sous-classe distincte.

Dans les sulfures, le soufre est combiné avec un ou plusieurs métaux ; exemples : galène  $PbS$ , chalcopyrite  $CuFeS_2$ . Dans les sulfo-arséniures comme arsénopyrite  $FeAsS$ , le semi-métal occupe la place du soufre dans la structure.

Dans les sulfosels, le soufre est combiné avec un métal et un semi-métal (As et Sb, rarement Bi), celui-ci occupant la place du métal dans la structure du minéral ; exemple : énargite  $Cu_3AsS_4$ . La différence entre sulfosels et les autres minéraux contenant du soufre et des semi-métaux est donc uniquement basée sur la position occupée par le semi-métal dans la structure de ces minéraux (Berry et al. 1983, page 249 ; Klein et Hurlbut 1993, pages 350 et 369).

La plupart des sulfures et des composés analogues se trouvent dans des gîtes d'origine hy-

drothermale. On peut donc croire que les métaux lourds quittent les magmas sous forme de composés volatils et très mobiles et se déposent dans les conditions de pression et température plus basses, essentiellement sous forme de sulfures. La formation dans les roches sédimentaires argileuses et les dépôts bitumineux et houillers a lieu dans d'autres conditions. On y rencontre essentiellement pyrite et marcasite ( $\text{FeS}_2$ ). Ils se déposent en milieu réducteur en présence d'hydrogène sulfuré provenant de la décomposition anaérobie de matières organiques et vraisemblablement en présence de certaines bactéries.

Dans la zone d'oxydation, en présence d'eau et d'oxygène, presque tous les minéraux de ce groupe s'oxydent facilement et donnent naissance à des sulfates plus ou moins solubles dans l'eau, puis à des hydroxydes, oxydes, carbonates et autres composés oxygénés. [5]

### 2.3.3 Classe 3 - Oxydes et hydroxydes

Cette classe contient environ 320 minéraux. Elle comprend les composés des métaux et de quelques métalloïdes avec l'oxygène ou avec le groupe hydroxyle  $[\text{OH}]$ . Une quarantaine d'éléments peuvent former avec l'oxygène des composés simples. La majeure partie des oxydes et hydroxydes se forme dans la partie superficielle de l'écorce terrestre, dans la zone d'influence de l'atmosphère et des eaux de circulation. Certains trouvent leur origine dans les processus endogènes (magmatiques, pegmatitiques et hydrothermaux) comme le quartz, la cassitérite, le rutile, certains spinelles et oxydes de fer. Dans quelques cas ils sont liés aux phénomènes de métamorphisme : corindon, spinelle.

Les propriétés physiques des oxydes sont caractérisées par une grande rigidité, une dureté élevée, une grande stabilité chimique et un point de fusion élevé.

Ces qualités font qu'on les retrouve facilement dans les produits d'altération des roches, en particulier comme minéraux lourds dans les alluvions.

Les hydroxydes sont souvent le produit du remplacement de l'oxygène par le groupe  $[\text{OH}]$ .

Ainsi  $\text{MgO} \blacktriangleright \text{Mg}(\text{OH})_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3 \blacktriangleright 2\text{Al}(\text{OH})_3$ . Ces minéraux sont souvent lamellaires. Leur résistance mécanique est un peu plus faible que celle des oxydes. [5]

### 2.3.4 Classe 4 - Halogénures

Les halogénures incluent les chlorures dans lesquels le chlore est généralement combiné à un métal (exemple : halite  $\text{NaCl}$ ) et les fluorures dans lesquels le fluor est combiné avec un ou plusieurs métaux (exemple : fluorine  $\text{CaF}_2$ ).

La classe des halogénures rassemble 130 minéraux environ. Les chlorures et les fluorures sont de loin les plus abondants. Leur éclat est généralement vitreux ; ils sont incolores ou peu colorés (à l'exception de la fluorine et des halogénures de cuivre) ; leur dureté est faible, un certain nombre d'entre eux sont solubles dans l'eau, il s'agit en général des chlorures qui se trouvent en dépôts stratiformes résultant de l'évaporation de l'eau de mer à des périodes variées des temps géologiques. Certains bromures, chlorures et iodures de métaux lourds (Ag, Cu, Pb, Hg) se trouvent dans les zones d'oxydation de gîtes minéraux. La fluorine est très ubiquiste.

### 2.3.5 Classe 5 - Carbonates, nitrates, borates

Les carbonates contiennent le radical  $(\text{CO}_3)^{2-}$  ; exemples : calcite  $\text{CaCO}_3$ , malachite  $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$ .

Les nitrates contiennent le radical  $(\text{NO}_3)^-$  ; exemple : nitratite  $\text{NaNO}_3$ .

Les borates contiennent le radical  $(\text{BO}_3)^{3-}$  ; exemple : colemanite  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}, 5\text{H}_2\text{O}$ .

Les carbonates (quelque 100 espèces) comprennent des minéraux très importants : calcite, aragonite, dolomite. L'unité anionique fondamentale est  $(\text{CO}_3)^{2-}$ . D'aspect pierreux ils sont incolores, blancs ou peu colorés à l'exception de ceux de cuivre, cobalt, manganèse, chrome et uranium. Leur dureté est inférieure à 5 ; ils réagissent généralement (réaction faible ou violente) avec l'acide chlorhydrique dilué. Les carbonates hydratés sont essentiellement liés au

cycle exogène, anhydres ils peuvent se rencontrer dans des gisements en liaison avec des roches éruptives.

Les nitrates sont rares (moins de dix espèces). La nitronatrite (nitrate de sodium) est cependant un minéral important. Généralement solubles dans l'eau, ils résultent souvent de l'évaporation d'eaux circulant dans les sols des régions très arides.

Les borates (100 espèces environ) ont une structure formée de groupes  $(\text{BO}_3)^{3-}$  et/ou de tétraèdres  $(\text{BO}_4)^{5-}$ . D'éclat vitreux, incolores à blancs, ils ont une faible dureté et sont peu denses. Ils se trouvent dans des bassins d'évaporation d'eau de lixiviation de roches volcaniques. [6]

### 2.3.6 Classe 6 - Sulfates, chromates, molybdates, tungstates

Cette classe (environ 250 espèces) comprend des composés ioniques avec des radicaux du type  $(\text{XO}_4)$ .

Les sulfates contiennent le radical  $(\text{SO}_4)^{2-}$  ; exemple : barytine  $\text{BaSO}_4$ .

Les chromates contiennent le radical  $(\text{CrO}_4)^{2-}$  ; exemple : crocoïte  $\text{PbCrO}_4$ .

Les molybdates contiennent le radical  $(\text{MoO}_4)^{2-}$  ; exemple : wulfénite  $\text{PbMoO}_4$ .

Les tungstates contiennent le radical  $(\text{WO}_4)^{2-}$  ; exemple : wolframite  $(\text{Fe,Mn})\text{WO}_4$ .

Les sulfates (environ 220 espèces), généralement de faible dureté, densité et peuvent être anhydres comme la barytine, fréquente dans les gisements hydrothermaux, ou l'anhydrite des terrains sédimentaires ; plus souvent hydratés ce sont des minéraux secondaires trouvés dans des zones d'oxydation ou dans des dépôts d'évaporation.

Les chromates (12 espèces) et les molybdates (15 espèces) sont assez rares à l'exception de la wulfénite. Par contre les tungstates de calcium, fer et manganèse sont de très importants minéraux. De ces minéraux, seule la scheelite peut être considérée comme fréquente (généralement en filons). Elle est facilement identifiable par sa fluorescence aux ultraviolets courts et sa symétrie

quadratique. [5]

### 2.3.7 Classe 7 - Phosphates, arsénates, vanadates

Phosphates, arsénates, vanadates. Environ 360 espèces souvent rares. Les unités structurales sont des tétraèdres  $(XO_4)^{3-}$ , X étant P, As ou V.

Les phosphates contiennent le radical  $(PO_4)^{3-}$  ; exemple : apatite  $Ca_5(PO_4)_3(OH,F,Cl)$ .

Les arsénates contiennent le radical  $(AsO_4)^{3-}$  ; exemple : érythrite  $Co_3(AsO_4)_2, 8H_2O$ .

Les vanadates contiennent le radical  $(VO_4)^{3-}$  ; exemple : vanadinite  $Pb_5(VO_4)_3Cl$ .

La plus grande partie du phosphore se trouve dans la nature sous forme d'apatite. L'arsenic des sulfures ou des arséniures forme des arsénates dans les zones d'oxydation. Le vanadium, généralement dispersé à l'état primaire dans les roches et les minerais, sera concentré sous forme de vanadates par des processus secondaires. C'est pourquoi parmi ces espèces les minéraux primaires sont presque uniquement des phosphates anhydres ou hydroxylés déposés lors des phases terminales des processus magmatiques. [6]

### 2.3.8 Classe 8 - Les silicates

C'est une classe qui comprend un grand nombre d'espèces minérales (près de 600 espèces minérales ; Aubert et al. 1978) dont la structure est basée sur des agencements du tétraèdre  $(SiO_4)^{4-}$  ; exemple : albite  $NaAlSi_3O_8$ . La classe des silicates est subdivisée en six sous-classes : néosilicates (synonyme : orthosilicates ; 120 espèces minérales), disilicates (synonyme : sorosilicates ; 85 espèces minérales), cyclosilicates (45 espèces minérales), inosilicates (100 espèces minérales), phyllosilicates (150 espèces minérales), tectosilicates (90 espèces minérales). Cette subdivision en six sous-classes est basée sur des caractères structuraux.

Les silicates constituent environ 92% en poids de la totalité des minéraux formant la croûte terrestre, d'où leur extrême importance. Ils se reconnaissent assez facilement : éclat

généralement vitreux, transparents à translucides, forte dureté, densité moyenne 2,6 à 3,3, poussière incolore à grise, même pour des silicates fortement colorés.

La détermination de leurs structures a permis une classification logique tout en expliquant la plupart de leurs propriétés.

Les **néosilicates** ou silicates en îlots :

La structure des minéraux de cette classe est caractérisée par des tétraèdres  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  toujours isolés les uns des autres. Les minéraux sont généralement compacts, durs et transparents comme la plupart des silicates. Les représentant les plus abondants, sont l'olivine, un des constituants des basaltes, les silicates d'alumine et les grenats qu'on trouve dans les roches métamorphiques riches en alumine et en calcium.

Les **sorosilicates** : ils sont caractérisés par la présence, dans leur structure, de l'association de deux tétraèdres  $\text{SiO}_4$ , formant le groupe anioniques  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$ . Il n'y a que peu d'espèces minérales qui présentent ce type de structure. Mentionnons l'importante famille des épidotes qu'on rencontre dans les roches métamorphiques.

Les **cyclosilicates** sont caractérisés par des anneaux de 3, 4 ou 6 tétraèdres  $\text{SiO}_4$  composant les groupes anioniques  $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$ ,  $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$  ou  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$ . Les minéraux sont généralement prismatiques avec une symétrie rhomboédrique ou hexagonale. Les exemples les plus représentatifs sont la tourmaline et le béryl. Ce sont des minéraux occasionnels des roches éruptives et métamorphiques.

Les **inosilicates** ou silicates en chaînes :

Les tétraèdres  $\text{SiO}_4$  se lient entre eux pour former des chaînes simples ou doubles. Les proportions d'atomes d'oxygène et de silicium deviennent  $[\text{SiO}_3]^{2-}$  pour les premières,  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$  pour les secondes. Ces deux types de chaîne correspondent à deux grandes familles : les pyroxènes et les amphiboles.

Les minéraux sont caractérisés par un poids spécifique plutôt faible, une dureté moyenne, une tendance aux formes prismatiques avec deux directions de clivages parallèles à l'axe du prisme 110. L'angle entre ces deux directions de clivage est d'environ  $90^\circ$  pour les pyroxènes,  $120^\circ$  pour les amphiboles.

Les pyroxènes sont communs dans les roches éruptives basiques et diverses roches métamorphiques. On les trouve aussi dans les météorites pierreuses. Un peu plus riches en silice que les pyroxènes, les amphiboles apparaissent dans les roches moyennement basiques, dans les syénites et parfois même dans les granites.

Les **phyllosilicates** ou silicates en couches :

Les tétraèdres  $\text{SiO}_4$  sont polymérisés dans deux directions d'extension, formant des couches chargées négativement. La proportion d'atomes d'oxygène et de silicium est  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$  ; toutefois la substitution d'une partie des atomes de silicium par de l'aluminium au sein du tétraèdre  $\text{SiO}_4$ , détermine, pour certains, un groupe anionique  $[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]^{5-}$ . La disposition structurale en couches se répercute sur les propriétés physiques des minéraux : habitus en feuillets, clivage basal parfait, cohésion et dureté faibles, poids spécifique peu élevé. Presque tous sont monocliniques (pseudo-hexagonaux).

Les **tectosilicates** ou silicates en charpente :

Les tétraèdres  $\text{SiO}_4$  se lient entre eux dans toutes les directions constituant une charpente tridimensionnelle. On observe toujours une substitution partielle du silicium par l'aluminium pouvant atteindre 50 %. Dans le cas des feldspaths, les groupes anioniques deviennent alors  $[\text{AlSi}_3\text{O}_8]^-$  ou  $[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]^{2-}$ . Les charges négatives sont compensées par le potassium  $\text{K}^+$ , le sodium  $\text{Na}^+$  ou le calcium  $\text{Ca}^{2+}$  qui prend place à l'intérieur de la charpente, constituant ainsi les importantes familles des feldspaths, des feldspathoïdes et des zéolites.

Ces minéraux présentent des caractères communs : couleur blanc à gris, parfois rose à

brun clair, un poids spécifique faible, compris entre 2,2 et 2,7, une dureté constante de 6 pour les feldspaths et les feldspathoïdes, un peu plus faible pour les zéolites (4 à 5,5). Les tectosilicates constituent des familles bien individualisées, en particulier les feldspaths qui sont les principaux constituants des roches éruptives. Les feldspathoïdes sont beaucoup plus rares et n'apparaissent que dans les roches alcalines à déficit de silice. Les zéolites sont formées par circulation de solutions hydrothermales de basse température dans les anfractuosités des roches. [5][6]

# Chapitre 3

## CONCEPTION ET RÉALISATION

### 3.1 Introduction

Microsoft Visual Basic [Basic : Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code, c'est-à-dire code d'instructions symboliques multifonction pour débutants] est l'un des langages de programmation les plus performants qui soit. Au début de l'année 1999, la communauté regroupant les adeptes du développement logiciel sous Visual basic comptait environ 3,5 millions de membres, ce chiffre ne cessant d'augmenter. Visual basic est utilisé par les étudiants, les dirigeants et les techniciens pour s'initier à l'écriture de programmes pratiques sous Windows, par les professionnels du monde des affaires pour écrire des Macros au sein de leurs applications office et par les développeurs expérimentés pour concevoir de puissantes applications commerciales et des outils de productivité destinés aux entreprises.[4]

Si Visual Basic est devenu l'un des langages les plus utilisés, c'est qu'en plus d'être graphique et simple d'utilisation, il est à la fois interprété et compilé. A mesure que vous écrivez votre programme Visual Basic, vous pouvez le tester en l'exécutant de façon interprétée, jusqu'à ce que tous les bogues (bug en anglais) aient été isolés et éliminés. Une fois le programme dûment testé et tous les problèmes réglés, il ne vous reste qu'à compiler un exécutable rapide et sûr, prêt d'être distribué aux utilisateurs.[1]

Toutefois, avec le développement technologique que connaît le monde, on parle actuellement de la plateforme dotnet (.Net) avec l'outil de développement Visual Studio 2008 .Le Visual Basic est arrivé a sa version 10.

Dans cette application nous avons utilisé le langage de développement Visual Basic 6.0 (VB6) et d'autres logiciels accessoires afin d'améliorer le graphisme de l'application. On va mettre en évidence ce qu'on a utilisé pour concevoir cette application.

## 3.2 L'environnement de développement Visual Basic

Dans cette section sera présenté l'environnement Visual Basic version anglaise dans sa version entreprise et faire des exemples pratiques qui ont une relation avec ce qui a été utilisés dans la réalisation de l'application.[1]

### 3.2.1 L'écran de travail

Lorsque vous démarrez Visual Basic 6.0, vous verrez apparaître la fenêtre «New Project»(Fig.3.1).

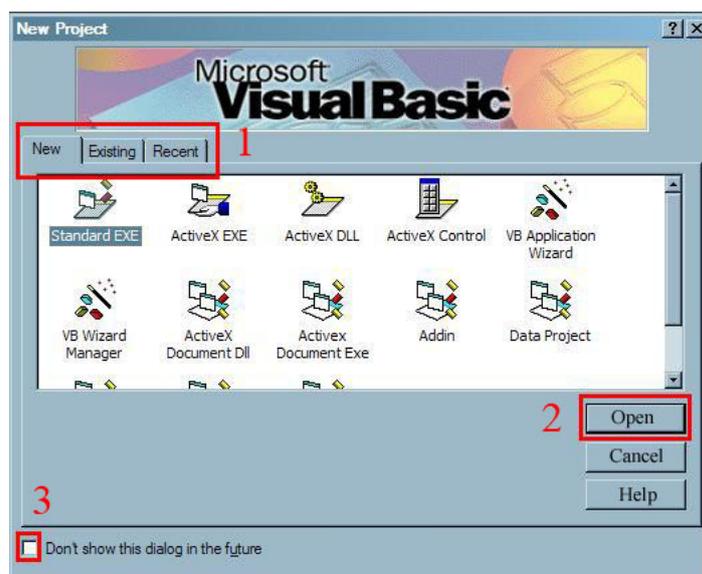


FIG. 3.1 – New Project

Cette fenêtre est caractérisée (Fig.3.1) :

1. : par des onglets, qui permettent d'ouvrir un nouveau projet, un projet existant ou bien le dernier projet qui été ouvert sur le compilateur.
2. : Après avoir choisi le projet que vous voulez faire, cliquez sur " Open ".
3. : Si vous voulez que cette fenêtre ne s'affiche plus au démarrage de VB, cochez la case indiquée (Fig.3.1).[4]

Après avoir choisi le " Standard EXE ", la fenêtre ci-dessous apparaît (Fig.3.2)

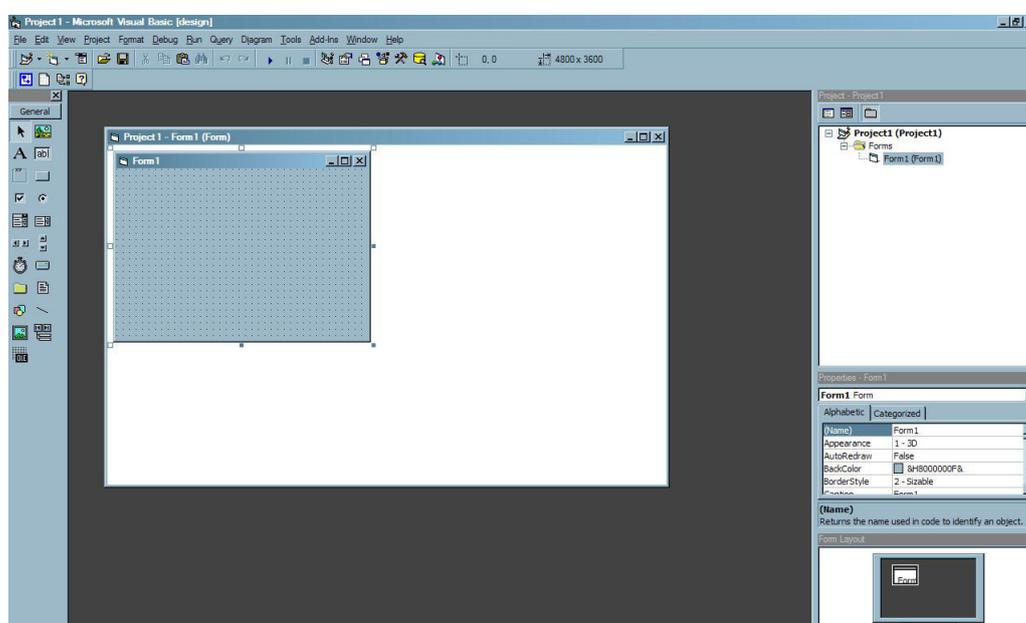


FIG. 3.2 – Vue d'ensemble "Visual Basic 6"

Cette fenêtre est divisée en plusieurs petites fenêtres. Les fonctions de ces différents panneaux sont les suivantes :

1. La barre de titre (Fig. 3.1) :

La barre de titre affiche le nom du projet actuellement ouvert. Lorsque vous démarrez VB6, le nom qui s'affiche par défaut est «Project1 »

2. La barre des menus (Fig. 3.2) :

La barre des menus de VB 6 fonctionne selon le même principe que toutes les applications Windows courantes. Par exemple : File ► Open

3. La barre d'outils (Fig. 3.3) :

La barre d'outils comporte un certain nombre de boutons qui facilitent la sélection de commandes courantes telle que : «Add form » permet d'ajouter un nouveau formulaire au projet existant ou bien un bouton de commande très utilisé qui est «Start » qui a pour fonction d'exécuter le programme réalisé. On peut aussi y accéder en appuyant sur «F5 ». La figure ci-dessous illustre ce qu'on a décrit précédemment (Fig.3.3).[4]



FIG. 3.3 – La barre d'outils

### 3.2.2 Fenêtre projet

Un programme Visual Basic est constitué de plusieurs fichiers assemblés, ou compilés, une fois la création du programme achevée. En cours de travail sur un projet on est souvent amené à revenir sur ces composants. Pour faciliter la tâche, les concepteurs de Visual Basic ont inclus une fenêtre projet dans l'environnement de programmation (cet outil est également appelé Explorateur de projets). La fenêtre Projet répertorie l'ensemble des fichiers utilisés dans la procédure de développement et les rends accessibles grâce à deux boutons spécifiques : «View Code» et «View Object ». Lorsque vous ajoutez et enregistrez des fichiers ou lorsque vous supprimez des fichiers d'un projet à l'aide des commandes adéquates des menus «File » et «Project » ou bien tout simplement en cliquant à l'aide du bouton droit de la souris sur le vide pour ajouter un «Form » et sur le «Form » si vous voulez supprimer le formulaire considéré (Fig.3.4).

Le fichier de projet qui gère la liste de tous les fichiers pris en charge par le projet de développement est appelé fichier de projet Visual Basic (*\*.vbp*) et pour les formulaires c'est (*\*.frm*), pour les modules (*\*.bas*)...Etc. Sous le nom du projet, la fenêtre Projet affiche les composants de chaque projet sous forme d'arborescence. Ce mode d'affichage rappelle celui de l'Explorateur Windows. Vous pouvez étendre et réduire ses " branches ", notamment les feuilles, modules et autres catégories, à l'aide des signes + (plus) et - (moins) affichés en regard des dossiers.[4]

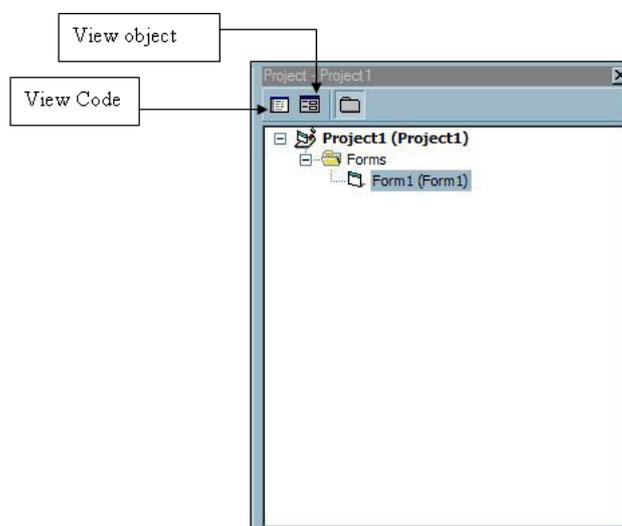


FIG. 3.4 – Fenêtre projet

### 3.2.3 La feuille interface utilisateur

Dans Visual Basic, une feuille est une fenêtre que vous personnalisez pour créer l'interface utilisateur de votre programme. Une feuille est susceptible de contenir des menus, des boutons, des zones de liste, des barres de défilement et tout autre élément que vous avez déjà eu l'occasion de rencontrer dans les applications Windows traditionnelles. Lorsque vous démarrez l'environnement de développement de Visual Basic, une feuille par défaut, appelée Form1, apparaît. Cette feuille présente une grille standard (un ensemble de points dont l'espacement est

régulier) que vous utiliserez pour créer et aligner les éléments composant l'interface utilisateur de votre programme. Vous pouvez ajuster la taille de la grille à l'aide de la souris ; la feuille peut occuper tout ou partie de l'écran. Vous pouvez ajouter des feuilles supplémentaires en cliquant sur la commande «Add Form »du menu projet ou bien à partir de la barre d'outils (Fig.3.5).

Si une partie de la feuille est recouverte par les outils de programmation, vous avez le choix entre redimensionner ces outils afin qu'ils occupent moins d'espace ou cliquer sur la barre de titre de la feuille, puis la faire glisser jusqu'à dévoiler les zones précédemment masquées. Le fait de déplacer la feuille dans l'environnement de développement n'a aucun effet sur l'emplacement réel de la feuille à l'écran lors de l'exécution effective du programme. En phase d'exécution, cette fonctionnalité est contrôlée par la fenêtre présentation des feuilles (Fig.3.6).

Pour définir l'emplacement d'une nouvelle feuille, faites glisser le pictogramme de la feuille dans la fenêtre présentation des feuilles «Form Layout», à l'emplacement de votre choix.

Dans cette application le «Form Layout» nous a été très utile pour le placement de nos fenêtres sur l'écran «screen » mais on a plutôt utilisé une formule généralisée par rapport à la taille de l'écran pour positionner toutes les fenêtres.[4]



FIG. 3.5 – Form Layout

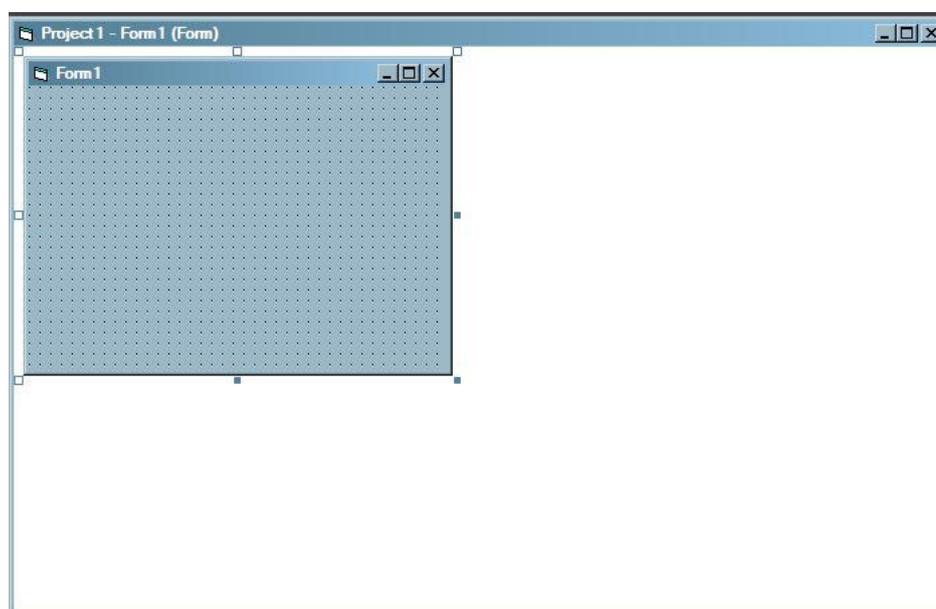


FIG. 3.6 – La feuille interface utilisateur

### 3.2.4 La boîte à outils

On peut ajouter sur une feuille les éléments de l'interface utilisateur d'un programme à l'aide des outils, ou contrôles, de la boîte à outils. Pour ouvrir la boîte à outils, cliquez sur le bouton de même nom sur la barre d'outils. La boîte à outils est généralement placée sur le côté gauche de l'écran. Elle contient les contrôles mis à votre disposition pour agrémenter l'interface utilisateur de dessins, d'étiquettes, de boutons, de zone de liste, de barres de défilement, de menus et de formes géométriques. Chaque contrôle ajouté à une feuille devient un objet, ou élément programmable de l'interface utilisateur de votre programme.

L'utilisateur final visualisera ces éléments lors de l'exécution du programme et ils agiront comme tous les objets standards d'une application Windows.

La boîte à outils renferme également des contrôles que vous pouvez utiliser pour créer des objets susceptibles d'exécuter des opérations en arrière - plan dans un programme Visual Basic. Ces objets puissants effectuent un travail utile mais ne sont pas visibles durant l'exécution du

programme. Ainsi, certains d'entre eux permettent de manipuler des informations dans une base de données, d'autres de travailler avec des applications Windows, d'autres encore de suivre le temps passé dans vos programmes.[4]

Pour connaître le nom d'un contrôle précis de la boîte à outils, positionnez un court instant le pointeur de la souris au-dessus du contrôle concerné. Une info-bulle apparaît et mentionne le nom du contrôle pointé (Fig.3.7).

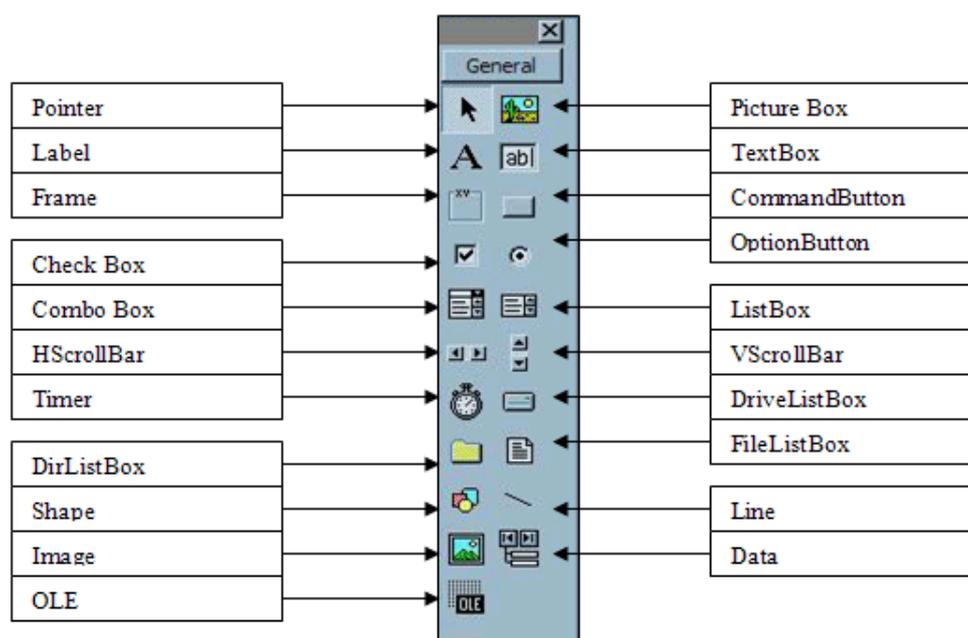


FIG. 3.7 – Toolbox

On peut aussi ajouter des composants en cliquant avec le bouton droit de la souris sur la «toolbox »et après «components »on aura accès à une panoplie de composants très utile pour mener à bien le projet.

Dans notre application, on a ajouté plusieurs composants, citant comme exemple «Rey\_XpBasics.OCX »qui permet d'ajouter des commandButton assez original, ou bien «Microsoft Commun Dialog Control 6.0 »représenté par son fichier «Comdlg32 .OCX », l'un de ces fonctionnalités c'est d'afficher les boites de dialogue (pour ouvrir un fichier ..Etc) grâce à la méthode «ShowOpen ».

### 3.2.5 La fenêtre des propriétés

La fenêtre propriétés vous permet de changer les caractéristiques, ou les paramètres des propriétés, des éléments de l'interface utilisateur placés sur une feuille. Un paramètre, ou valeur, de propriété est la qualité de l'un des objets de votre interface utilisateur. A titre d'exemple, on peut changer le paramètre d'une propriété relative à l'affichage d'un texte afin de le présenter dans une autre police ou taille de caractères (Visual Basic vous permet d'afficher du texte dans n'importe laquelle des polices de caractère installées sur votre système, comme on le fait dans Word ou Excel.). On peut modifier les paramètres des propriétés dans la fenêtre Propriétés durant la création de l'interface utilisateur ou ajouter du code de programmation en utilisant la fenêtre Code pour changer un ou plusieurs paramètres de propriétés durant l'exécution du programme.

La fenêtre Propriétés contient une zone de liste déroulante qui révèle tous les éléments d'interface utilisateur (objets) présents sur la feuille. La fenêtre Propriétés répertorie également les paramètres des propriétés susceptibles d'être modifiées pour chacun des objets (On Clique sur l'un des deux onglets proposés selon qu'on préfère afficher les propriétés dans l'ordre alphabétique ou par catégorie.)

Si la fenêtre Propriétés n'apparaît pas sur l'écran, il faut cliquer sur le bouton correspondant de la barre d'outils.

Pour afficher la fenêtre Propriétés sous forme de fenêtre flottante (non ancrée), il faut double-cliquer sur sa barre de titre.[4]

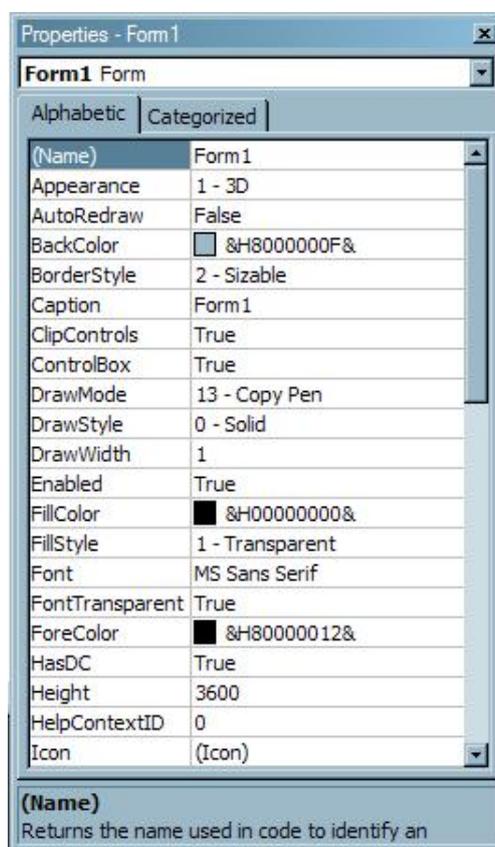


FIG. 3.8 – Propriétés

### 3.2.6 La fenêtre de Code

En arrière plan de l'écran de travail se trouve la fenêtre de code (ou de programmation) associée à la feuille de projet. Double -cliquez sur le fond de la feuille active (ici Form1) pour faire apparaître la feuille de code associées.

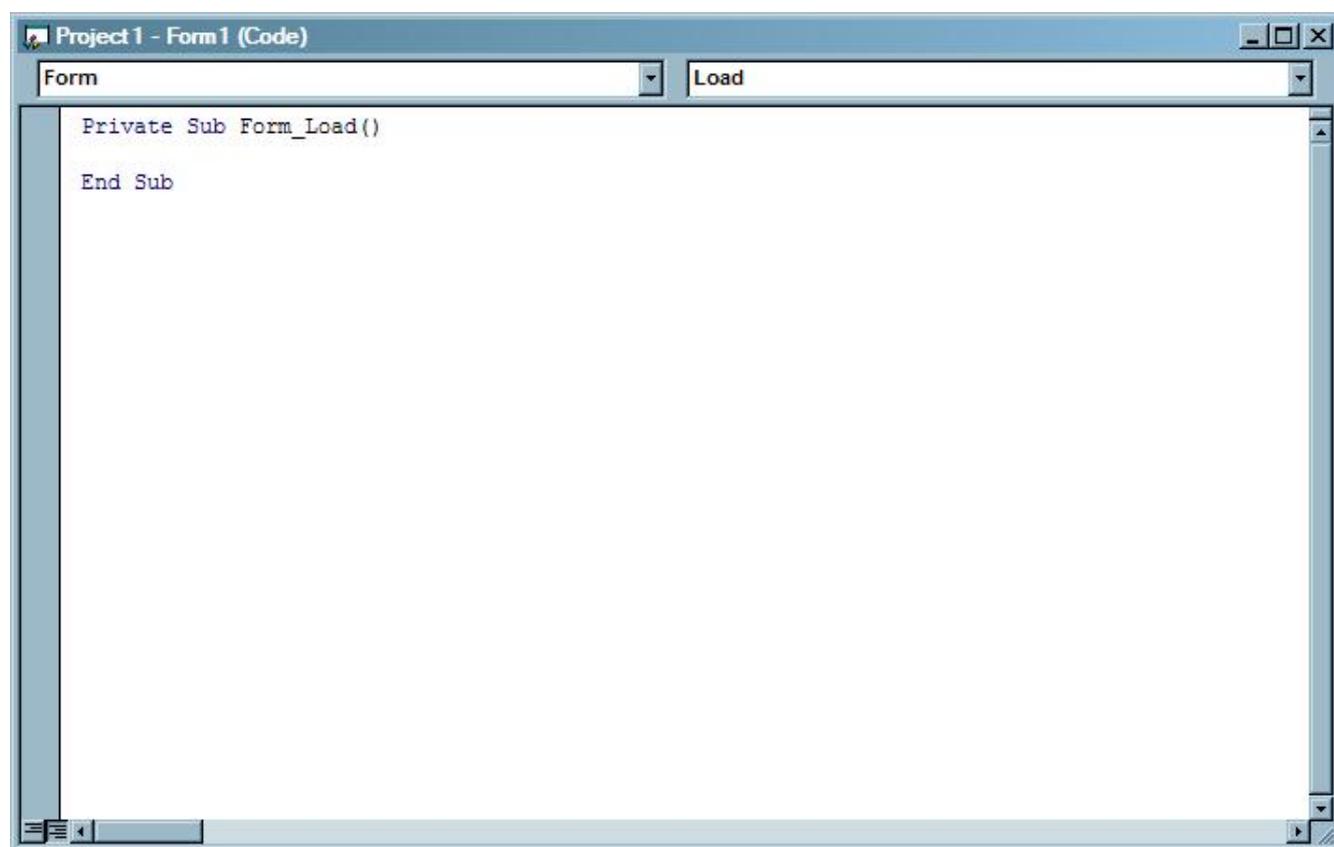


FIG. 3.9 – Code

### 3.2.7 Aide de Visual Basic

A tout moment, on peut obtenir l'aide en ligne de Visual Basic en appuyant sur la touche de fonction F1. Pour cela, on doit installer obligatoirement le CD MSDN (Microsoft Developer's Network) fournit avec Visual Basic.[1]

## 3.3 Ce qui a été utilisé dans l'application

Dans cette section, on va introduire tout ce qui a été intégrer afin de concevoir et réaliser notre application et faire quelques exemples pratiques qui illustre comment l'application a été crée.

### 3.3.1 Architecture Client/serveur

L'architecture client/serveur est la suite logique de la programmation modulaire. La programmation modulaire suppose qu'un gros programme est plus efficace s'il est décomposé en modules; il est plus facile à développer et à maintenir. Donc, si on décompose un logiciel en modules, on réalise qu'il n'est pas nécessaire d'exécuter tous les modules dans le même espace-mémoire. On peut créer un module **client** qui demande un service et un autre module **serveur** qui fournit le service. En plus, les modules n'ont pas à être sur la même machine ni même sur la même plateforme. On peut utiliser la plateforme appropriée pour chaque tâche.

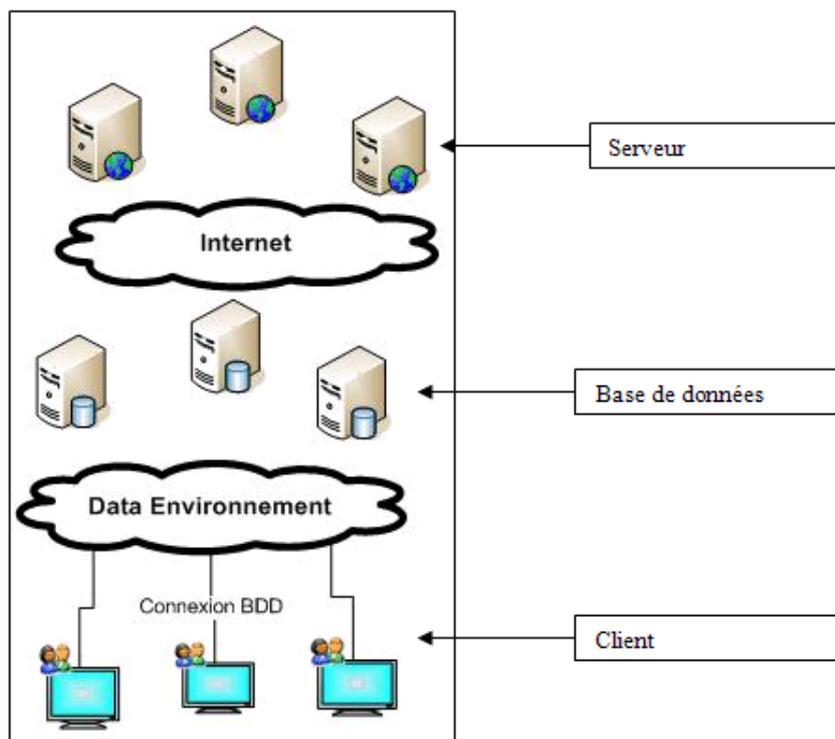


FIG. 3.10 – Architecture de l'application " MineralsEye "

**A.Le client :**

Le client est un programme qui envoie un message à un autre programme, le serveur, lui demandant d'exécuter une tâche quelconque, le service. C'est le client qui gère l'interface avec l'utilisateur, valide les données, gère la communication avec le serveur et exécute certaines opérations logiques. Le client est aussi responsable de la gestion des ressources locales : moniteur, clavier et périphériques. Lorsqu'on parle du client on utilise aussi le terme **front-end** car c'est la partie du système qui est à l'avant, c'est à dire la plus visible à l'utilisateur. Le client fonctionne toujours en mode graphique, GUI (Graphical User Interface), et communique avec l'utilisateur au moyen de fenêtres.

**B.Le serveur :**

Le serveur reçoit les demandes des clients, exécute les opérations d'extraction et de mise à jour de la base de données, assure l'intégrité des données et retourne les réponses aux clients. Le serveur peut aussi être appelé à exécuter des opérations logiques qui peuvent aller du simple au complexe. Le serveur pourrait être une autre machine sur le réseau, il pourrait servir aussi de serveur de fichiers sur le réseau. Le serveur est le **back-end** qui gère les ressources partagées et les tâches communes à différentes applications.

La figure 3.10 illustre ce concept Client/serveur de notre application, toutes les mises à jour se font grâce à notre serveur qu'on peut accéder via internet, dans l'interface client /base de données représenté dans l'application par «le laboratoire virtuelle », ci après, on va représenter l'architecture de notre système d'information (SI) (Fig.3.11), le client se connecte via le data environnement aux tables de notre base de données afin de consulter, récupérer, introduire les données et les stocker dans sa machine.

### 3.3.2 C'est quoi le " Data Environment " (environnement de données)

Le concepteur Data Environment est un objet qu'on peut ajouter à notre projet «Visual Basic », il apporte une interface graphique qui permet de se connecter à une source de données.[2] Un dernier composant a été ajouté à notre SI c'est le «DataReport », le concepteur Microsoft Data Report est chargé de la création des états. Il est utilisé en conjonction avec une source de données, tel qu'un concepteur Data Environment, il permet de créer des états imprimables à partir de plusieurs tables et de les enregistrer dans plusieurs formats, dont HTML. A la place de ce concepteur intégré dans l'environnement Visual Basic,on peut utiliser un véritable éditeur d'état tel que «crystal report», un logiciel qui offre plus de flexibilité c'est-à-dire plus d'option de mise en page de notre état. Pour information, on peut trouver ce logiciel lorsqu'on installe Visual Studio 2008.

### 3.3.3 C'est quoi une requête

Une requête est une question (commande) que l'utilisateur formule pour interroger sa base de données afin de lui restituer des informations particulières.

Les requêtes permettent la sélection d'un ensemble d'enregistrements répondant à un ou plusieurs critères.[2]

Grace à SQL (Structured Query Language) qui nous permet d'interroger, mettre à jour, de trier et de filtrer des bases de données relationnelles, SQL est un langage de requêtes.[2]

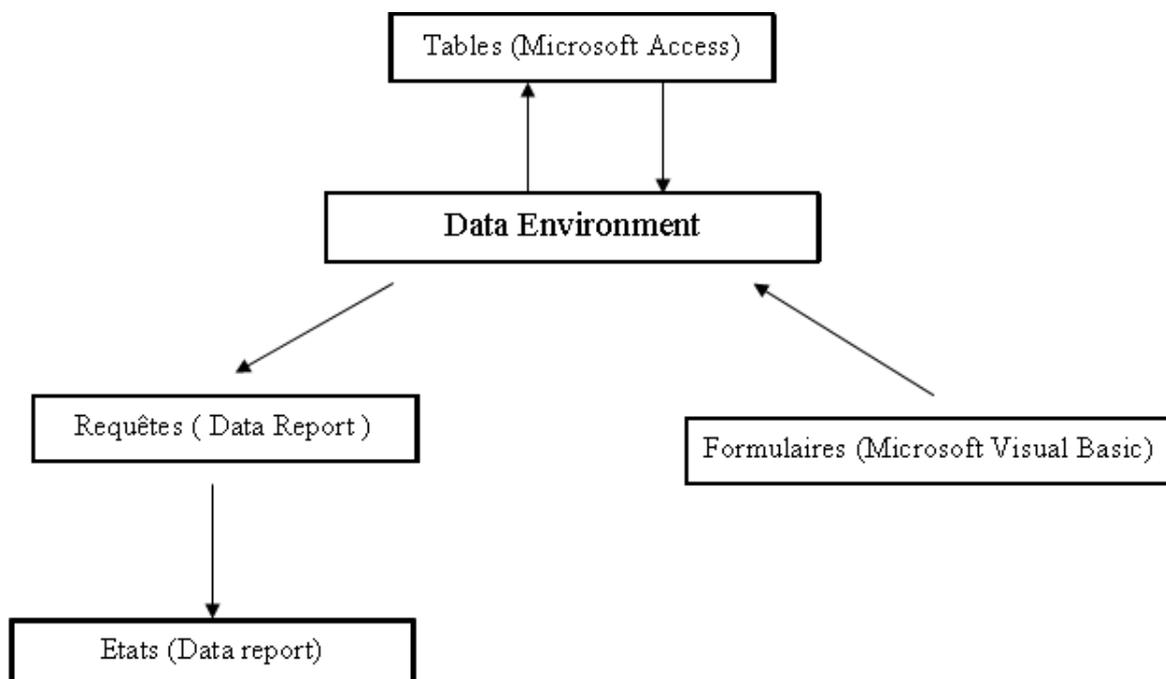


FIG. 3.11 – Système d'information

Maintenant passons aux composants qu'on a utilisé dans notre application ; on a utilisé toute la panoplie des composants présent sur la toolBox de Visual Basic, par exemple :

### **Le Contrôle Timer**

Le contrôle Timer nous permet de générer des réponses sur la base des valeurs envoyées par l'horloge interne du PC. Nous pouvons ainsi écrire un code qui s'exécutera au bout d'un certain laps de temps, ou programmer des traitements en arrière-plan. Le PC génère un événement Timer dix-huit fois par seconde, quelque soit la vitesse du processeur.

Les applications Visual Basic répondent aux événements timer. Ces événements sont générés par l'horloge interne du PC, et Windows les envoie au programme en cours d'exécution. Nous pouvons prédéfinir l'intervalle de temps dans lequel Windows envoie cette information à notre

programme. Comme pour les autres événements, nous pouvons aussi écrire des procédures événementielles qui s'exécuteront chaque fois qu'un événement timer aura lieu.

Le contrôle Timer reçoit les événements timer et y répond en fonction des propriétés que nous avons définies. Lorsque nous disposons le contrôle Timer sur la feuille, nous déterminons la fréquence des événements timer. Cet intervalle à l'une des propriétés du contrôle Timer . Lorsque ce laps de temps s'est écoulé, le contrôle Timer déclenche la procédure événementielle appropriée.[1]

#### EXEMPLE DE CODE :

```
'Code qui permet d'afficher la date et l'heure
```

```
Private Sub Timer1_Timer()  
Label1.Caption = Date & Time  
End Sub
```

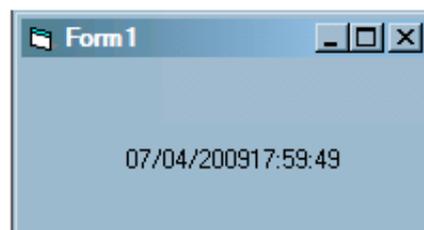


FIG. 3.12 – Exemple d'utilisation du Timer

Ce code permet d'afficher la date et l'heure du système en changeant la propriété «Interval »a une valeur «1 », mais ce composant est très utile pour programmer le passage d'une fenêtre a une autre, comme le cas dans notre application, où on a programmé 10 seconds (correspond à 10000 dans la propriété " Interval ") pour passer de la fenêtre sécurité à la fenêtre de chargement.

#### **3.3.4 Code utilisé dans les fenêtres (formulaires) descriptions des minéraux :**

Comme étant le code est assez important (grand), on va mettre une portion du code et expliquer quelques propriétés et méthodes utilisés dans l'application „MineralsEye „, ce code ci-dessous correspond au bouton de commande «LPA ».

**Les composants utilisés dans cette fenêtre :**

- Picture Box et sa propriété de visibilité;
- Label et sa propriété " Caption " et de visibilité;
- Un composant Windows media Player pour visualiser la vidéo;
- Shape et sa propriété " Height ".

```
'Code du bouton de commande Lpa de la fenêtre description :

Private Sub cmdlpa_Click()
pctinfo.Visible = False
Alert.Visible = False
m.Stop
frvideo.Visible = False
Shape1.Visible = True
Shape1.Height = 1000.397
pctlp.Visible = True
pctna.Visible = False
lblDescription.Visible = True
Picture1.Visible = True
Picture2.Visible = False
Picture3.Visible = True
pctb.Visible = True
lblDescription.Caption = " Ici description"
cmdvideo.Enabled = True
cmdvideo.Caption = "Vidéo - LPA -"
puce4.Visible = False
puce5.Visible = False
ReyCommand2.Enabled = True
ReyCommand2.Caption = "Zoom - LPA -"
cmdvideo.Left = 5640
ReyCommand2.Width = 1929.752
End Sub
```

FIG. 3.13 – Portion du code

**Explication du code :**

En cliquant sur le bouton de commande " LPA " : On aura la photo qui correspond à ce mode de lumière qui s'affiche et la photo qui correspond au " LPnA " se cache, car on a attribuer un " False " à notre Picture Box [ pctna.visible=false] , un jeu de visibilité et de redimensionnement des contrôles est observé sur cet portion de code , à titre d'exemple : cmdvideo.left = 5640 permet de déplacer le bouton de commande vers la gauche.

On a utilisé aussi des API. On entend par API (Application Programming Interface), l'ensemble des fonctions systèmes de l'OS qui peuvent être appelées à partir du code Visual Basic. Elles se trouvent dans des fichiers DLL du répertoire système. Par extension, on peut de la même façon utiliser des fonctions se trouvant dans des DLL non-système.

### Code d'un Api utilisé dans les interfaces descriptions :

On a créé une fonction dans un Module pour ne pas répéter cette fonction plusieurs fois et faire plusieurs appels, voici la fonction :

```
'Declaration de la fonction dans un module

Public Declare Function AnimateWindow Lib "user32" ( _
    ByVal hWnd As Long, _
    ByVal dwTime As Long, _
    ByVal dwFlags As Long) As Long
```

FIG. 3.14 – API

- dwTime représente la durée de l'effet en millisecondes.
- dwFlags est une combinaison des constantes ci-dessous.

Et après, on tape le code suivant dans la procédure " Form\_ load " la fenêtre qu'on veut animer.

```
'Code qui affiche la fenêtre avec coulissage

Debug.Print AnimateWindow(Me.hWnd, 700, &H1 Or &H40000)
```

Cet Api permet de créer un effet affichage avec coulissage des fenêtres avec laps de temps de 700 millisecondes et un coulissage de gauche à droite correspondant au code (&H1 or H40000).

## 3.4 Code source utilisé dans le laboratoire virtuel

Comme cité précédemment, on va mettre ci- après exposé une portion de notre code source relative à cette interface. Notons qu'on a créé un «Media Player »spécial pour cette application, grâce à au composant«Image » combiné avec «MMControl », ce qui nous a permis de piloter

le «Image» via le «MMControl ».

```

Private Sub bar_Click(Index As Integer)
If Rlame.Visible = True Then
On Error GoTo err
Select Case bar(Index).Index
Case 0

Minéraux.Recordset.MoveFirst

Case 1
Minéraux.Recordset.MovePrevious
If Minéraux.Recordset.BOF = True Then
Minéraux.Recordset.MoveFirst
End If

Case 2
Minéraux.Recordset.MoveNext
If Minéraux.Recordset.EOF = True Then
Minéraux.Recordset.MoveLast
End If
Case 3
Minéraux.Recordset.MoveLast

End Select
imglpa.Picture = LoadPicture(chlpa.Text)
imglpna.Picture = LoadPicture(chlpna.Text)
MM.Command = "Close"
MM1.Command = "Close"
Exit Sub
err:
errorlame
End If

On Error GoTo err1
Select Case bar(Index).Index
Case 0
Roches.Recordset.MoveFirst
img_macro.Picture = LoadPicture(chmacro.Text)
img_meb.Picture = LoadPicture(chmeb.Text)
Case 1
Roches.Recordset.MovePrevious
If Roches.Recordset.BOF = True Then
Roches.Recordset.MoveFirst
End If
img_macro.Picture = LoadPicture(chmacro.Text)
img_meb.Picture = LoadPicture(chmeb.Text)
Case 2
Roches.Recordset.MoveNext
DE.rsRoches.MoveNext
If Roches.Recordset.EOF = True Then
Roches.Recordset.MoveLast
End If
img_macro.Picture = LoadPicture(chmacro.Text)
img_meb.Picture = LoadPicture(chmeb.Text)
Case 3
Roches.Recordset.MoveLast
img_macro.Picture = LoadPicture(chmacro.Text)
img_meb.Picture = LoadPicture(chmeb.Text)
End Select
End If
Activation
Exit Sub
err1:
errorroche
Call cmb_3_Click
If video_lpa.Text <> "" Then
Cmdvdlpa.Enabled = False
End If
If video_lpna <> "" Then
Cmdvdlpna.Enabled = False
End If

```

FIG. 3.15 – Portion de code(Laboratoire Virtuel)

### Explication du code :

Dans ce code, on remarque qu'on a utilisé des instructions conditionnelles «Select...case »pour optimiser notre code, au lieu d'utiliser quatre procédures, on a utilisé des contrôles groupés avec une seule procédure et «If .. Else...end if »qu'on a appliqué sur la visibilité des

” frames ” vu que dans cette interface on a deux «frames », et chaque «frame »a une série d'instruction qui s'exécute.

D'autres commandes très importantes ont été ajoutés dans cette partie du programme :

C'est l'accès à la base de données en utilisant le contrôle Adodc «ADO Data Control »nommé ici «Minéraux », l'avantage de ce contrôle est d'être graphique, accompagné de boutons de navigation.

On a appliqué plusieurs méthodes à ce contrôle, citons comme exemple :

```
Minéraux.Recordset.AddNew
```

Ce code permet d'ajouter un enregistrement à la base de données.

### 3.5 La recherche dans la base de données

Pour accéder rapidement aux données, on a établi un moteur de recherche simple, pratique et efficace, voici le code source qui permet de rechercher une information dans une base de données :

```
'Code pour effectuer la recherche dans votre base de données
Private Sub cmd_rec_Click()
On Error Resume Next
Dim varbookmarks As Variant
'===== Partie minéraux // Commentaire
If op_lm.Value = vbChecked Then
larecherche = txtrec
varbookmarks = frmlabo_vir.Minéraux.Recordset.Bookmark
frmlabo_vir.Minéraux.Recordset.Find "Nom_de_la_roche='" & larecherche & "'"
If frmlabo_vir.Minéraux.Recordset.EOF Or frmlabo_vir.Minéraux.Recordset.BOF Then
frmlabo_vir.Minéraux.Recordset.Bookmark = varbookmarks
MsgBox "enregistrement non trouvé"
Else
MsgBox "enregistrement trouvé"
frmlabo_vir.Rlame.Visible = True
frmlabo_vir.Rroche.Visible = False
Me.WindowState = 1
End If
End If
End Sub
```

### Explication du code :

C'est une partie du code utilisé dans notre application qui permet de rechercher un enregistrement :

la variable déclarée, `varbookmark` est appelée **Signet** et elle sert à enregistrer le pointeur d'enregistrement en cours (l'enregistrement à partir duquel la recherche a commencé).

La propriété `Bookmark` contient un pointeur désignant un enregistrement que nous spécifions. Dans notre cas, c'est le pointeur enregistré dans la variable `varbookmark`.

La quatrième ligne d'instruction du bloc d'instruction correspondant, a pour rôle d'enregistrer la position de l'enregistrement en cours (`Bookmark`) dans la variable `varbookmark`.

La cinquième ligne d'instruction a pour rôle de rechercher l'enregistrement qui répond aux critères spécifiés en utilisant la méthode *Find* du *Recordset* du contrôle `Adodc`.

L'instruction conditionnelle permet de savoir si un enregistrement a bien été trouvé.

Si la valeur des propriétés vaut *true*, c'est-à-dire, si la recherche a échoué, vous devrez retourner à l'enregistrement à partir duquel la recherche a commencé, et ceci en prenant la valeur de la variable `varbookmark` comme position de l'enregistrement en cours, puis le message «Enregistrement non trouvé» s'affiche dans une boîte de dialogue.

#### 3.5.1 Comment filtrer les enregistrements du recordset

La méthode *filter* du `recordset` du contrôle `Adodc` permet d'ouvrir un nouvel objet **RecordSet** à partir d'un autre objet *recordset*. Par exemple, pour que le `recordset` ne contient que les minéraux dont le nom commence par la lettre 'B'

```
Minéraux.Recordset.Filter = " Nom Like 'B%' "
```

Lorsque vous naviguer dans le nouvel objet `recordset`, vous allez constater que seulement les minéraux dont les noms commencent par la lettre 'B' sont affichés.

### 3.5.2 Comment trier des enregistrements dans un recordset

La propriété *Sort* du Recordset du contrôle Adodc permet de définir l'ordre de tri des enregistrements contenus dans un objet recordset.

Si vous souhaitez trier les enregistrements d'un objet Recordset, vous devrez indiquer à la propriété Sort le nom des champs utilisés pour le tri. Prenons exemple, on veut trier les minéraux par ordre alphabétique, il suffit d'injecter ce code :

```
Minéraux.Recordset.Sort = " Nom ASC "
```

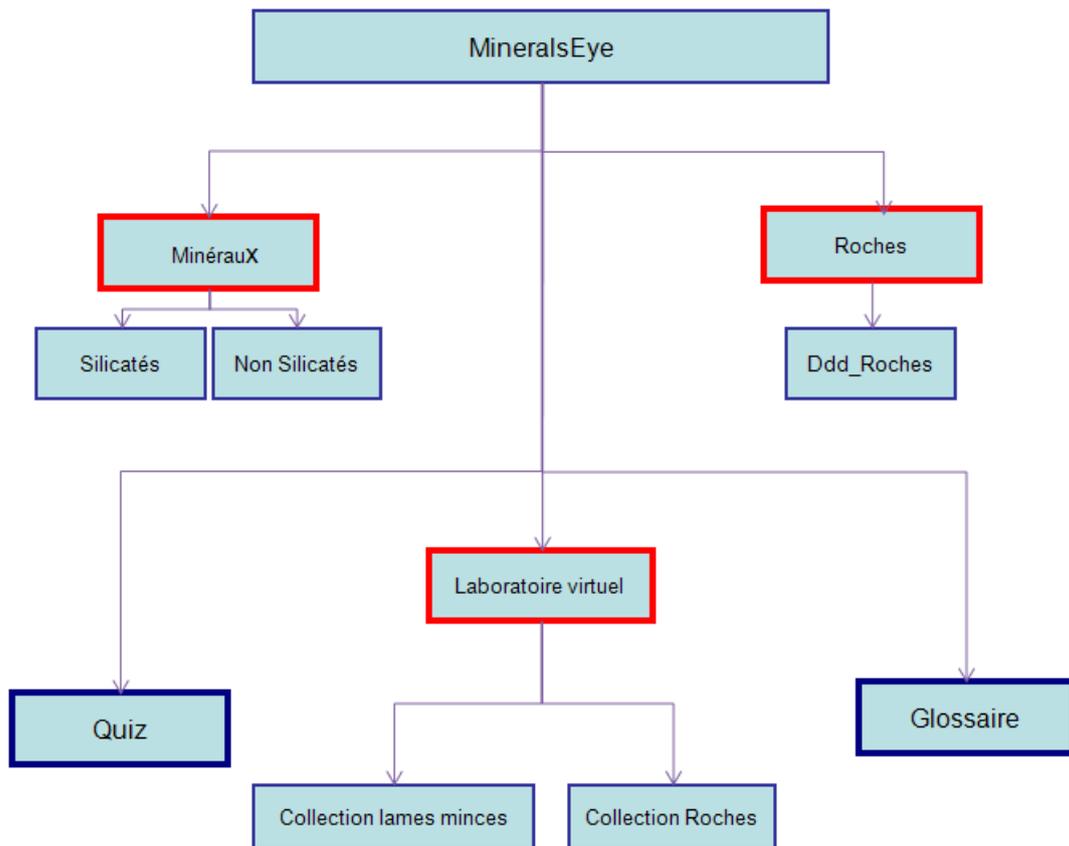
On peut mettre aussi à la place du mot clé ASC (ASCENDING), le mot DESC qui correspond à DESCENDING. Notons que ASC est la valeur par défaut.

## 3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a essayé d'expliquer notre logique de réflexion et de programmation afin de concevoir et de réaliser notre application .Pour cela, on a présenté les différents codes sources utilisés dans le logiciel et les explications relative a ces codes.

# SPÉCIFICATIONS FONCTIONNELLES

## 4.1 Architecture fonctionnelle de l'application MineralsEye



Cette application s'articule autour de :

trois fonctions principales et deux fonctions secondaires

#### 4.1.1 Les fonctions principales (encadrées en rouge)

sont le cœur de l'application, chaque fonction est subdivisée en plusieurs catégories.

On distingue :

##### 1/.La fonction " Minéraux " :

composée de deux sous fonctions

- Sous fonctions " Minéraux silicatés " : on a pris les minéraux les plus connues
- Sous fonctions " Minéraux non silicatés " : on montre les minéraux les plus connues dans cette catégorie avec toutes les informations concernant un minéral donné. (Ces deux sous fonctions seront détaillées plus loin)

##### 2/.La fonction " roches " :

c'est la base de données relative aux roches les plus connues,

##### 3/.La fonction " laboratoire virtuel " :

est subdivisée en deux grandes parties :

- La partie : " Collection lames minces " : là, on donne à l'utilisateur la main pour introduire ses propres données et établir une collection de lames minces " numérique " .
- La partie : " Collection Roches " : comme " la collection lames minces " , l'utilisateur peut répertorier tous ses échantillons de roches et créer sa propre collection numérique.

#### 4.1.2 Les fonctions secondaires (encadrées en bleu)

Ces fonctions sont sous forme d'un quiz et d'un glossaire où il y a tous les mots techniques qui concernent la pétrographie.

## 4.2 Fonctionnalités de l'application MineralsEye

A l'exécution de l'application une fenêtre s'ouvre, ( Fig 4.1) Cette fenêtre nous demande «sur quelle machine on est», vu qu'il existe différents écrans, de résolution différente.

Les résolutions ont été choisies, après avoir fait un petit sondage sur les résolutions utilisées dans les différentes machines, on a constaté que pour une meilleure visualisation sous un pc portable il fallait prendre la résolution  $1280*800$ , et pour un pc bureau  $1024*768$ , l'application prend en charge ces deux résolutions, afin d'assurer une visualisation optimale.

Une autre manipulation doit être mise en place avant l'exécution du programme, c'est le réglage des couleurs ou bien on parle de " calibrer l'écran ", ça, va se faire manuellement en utilisant «adobe gamma »<sup>1</sup>.



FIG. 4.1 – Choix de la résolution

On expose maintenant la partie la plus intéressante où on va expliquer les modes opératoires de chaque fonction qui ont été décrites précédemment, avec des exemples et des Screenshot.

Après avoir choisi notre résolution, on passe à la section sécurité, pour accéder a l'ap-

---

<sup>1</sup>Utilitaire qui sert a calibrer l'écran

plication il faut avoir une clé qui a l'extension (\*.isl) et qui va nous permettre d'utiliser le programme (fig4.2; 4.3; 4.4).



FIG. 4.2 – Clé de sécurité

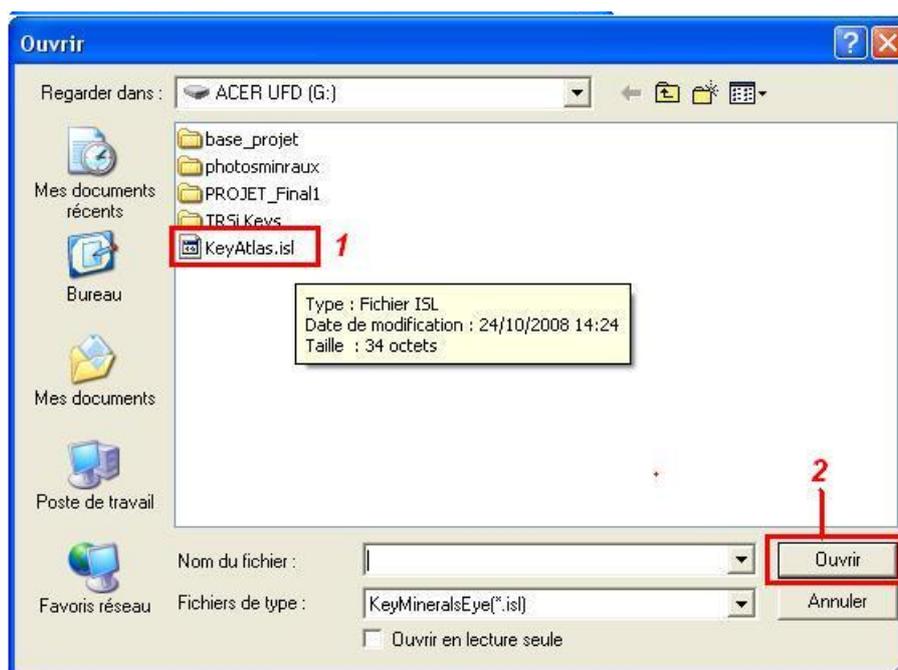


FIG. 4.3 – Boite de dialogue



FIG. 4.4 – Accès autorisé

### 4.2.1 La fenêtre principale



FIG. 4.5 – La fenêtre principale

### 4.2.2 le menu

Le menu nous donne accès à nos données, par exemple : Fichier ➤ Minéraux silicatés (Fig 4.6).



FIG. 4.6 – Menu

### 4.2.3 le menu Flottant

Le menu flottant nous donne accès comme son nom l'indique a un menu qui flotte et qui peut être translaté dans tous les sens.

### 4.2.4 La mise à jour

La mise à jour nous permet d'actualiser l'application si elle existe dans le serveur ftp.

### 4.2.5 Un glossaire

Dans ce glossaire on a défini tous les mots clé de l'application, il est en format (\*.pdf), donc il peut être imprimé.

### 4.2.6 Section quiz

Le quiz permet aux utilisateurs de tester leurs connaissances (Fig 4.7).

Il y a 4 champs de texte où on doit insérer les noms des minéraux ou roches qui se trouvent sur l'image, on remarque qu'il y a des numérotations relatives aux champs de texte, le principe est simple : identifier les minéraux et les insérer dans les champs, si vous faites tout juste (Fig 4.8) on aura l'autorisation de passer au deuxième quiz, sinon, on doit re-essayer (Fig 4.9, 4.10).

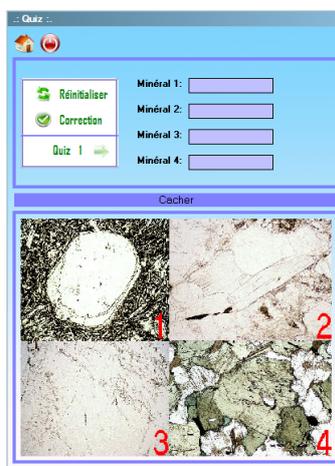


FIG. 4.7 – Quiz

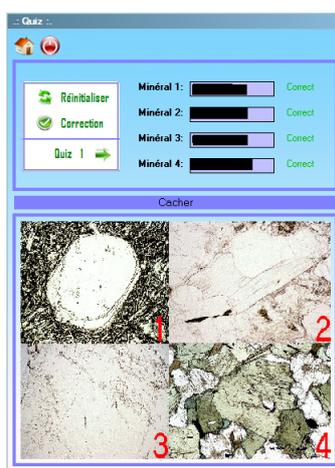


FIG. 4.8 – Là, on peut passer au deuxième quiz

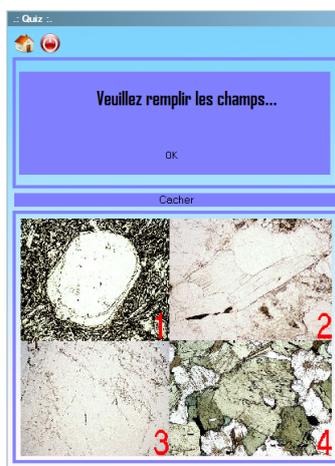


FIG. 4.9 – Si on clique sur " correction " sans remplir les champs

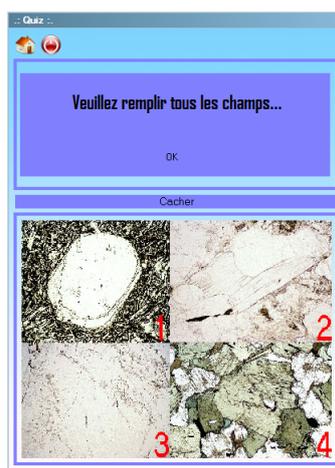


FIG. 4.10 – Si on clique sur " correction " sans remplir **tous** les champs

### 4.2.7 Minéraux silicatés

en cliquant sur cette section on aura la fenêtre qui contient une petite fenêtre (Fig.4.11)

On a un menu déroulant qui contient les groupes de minéraux (Fig 4.11), si on choisit les «phyllosilicates », une fenêtre secondaire apparaît (Fig 4.11).



FIG. 4.11 – Après avoir sélectionner les phyllosilicates

On constate que la liste contient des minéraux qui appartiennent au groupe phyllosilicate , et pour les sous groupes , on va les voir plus tard. En cliquant sur un des minéraux on aura une fenêtre qui présente toutes les informations du minéral choisi, par exemple on va sélectionner la biotite (Fig 4.12).

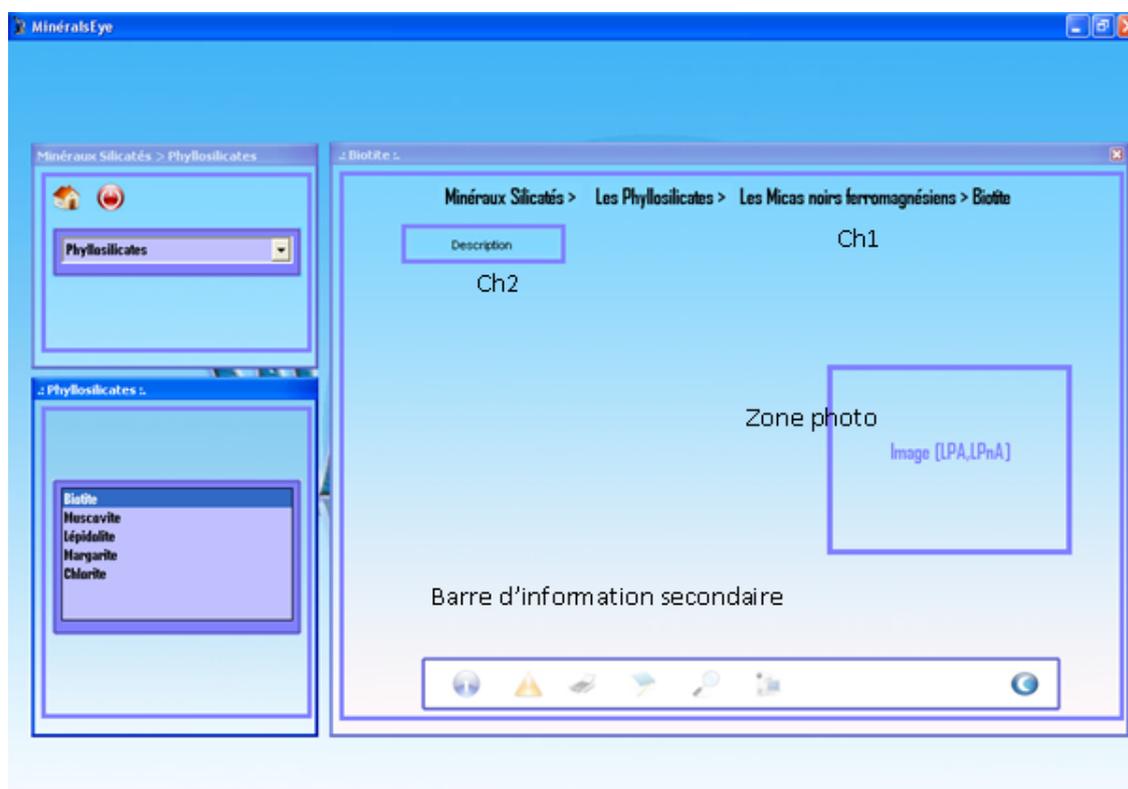


FIG. 4.12 – Fenêtre description

On remarque en haut de cette fenêtre qu'il y a le chemin d'accès (Ch1) , qui nous donne la section qu'on a choisi au départ «Minéraux silicatés », le groupe «Phyllosilicates »ainsi que le sous groupe ” les micas noirs ferromagnésiens ”, on peut revenir à la section précédente par un simple clic sur l'un des boutons «minéraux silicatés »ou bien «Phyllosilicate »(Fig 4.13).



FIG. 4.13 – Le chemin d'accès

Dans cette fenêtre on a exposé toutes les informations qui concernent nos minéraux «dans l'exemple de la biotite », on cliquant sur description (Ch 2) une barre d'information primaire apparaît (Fig 4.14). Là, on remarque qu'il y a toutes les données primordiales de notre exemple

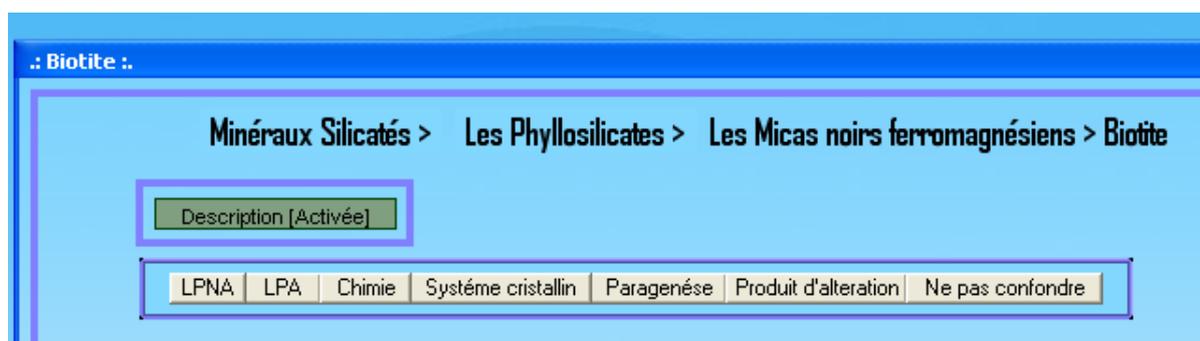


FIG. 4.14 – la barre d'information primaire

à savoir (description en lpa, en lpna, chimie «on entend par là, la formule chimique », système cristallin, paragenèse, produit d'altération, Ne pas confondre).

Passons à l'exécution de ces commandes (Fig 4.15)



FIG. 4.15 – On a choisit description en LPA

A l'exécution, la barre d'information secondaire «qui se situe dans la partie inférieure de la fenêtre description »s'active automatiquement, et nous donne des précisions supplémentaires sur notre minéral. Dans cet exemple, on a cliqué sur «LPnA », la description et la photo s'affichent ainsi que le zoom et la vidéo en rotation de la platine qui est une information très importante dans le domaine de la pétrographie. La barre secondaire possède les commandes suivantes :

- Les informations sur la roche ;
- Les remarques relatives à ce minéral ;
- Une fiche imprimable en format (\*.pdf) ;
- Un bloc note : pour faire une prise de note (Fig 4.16) ;
- Le zoom : soit en lpa ou en lpna (on a choisi lpna) ;
- La vidéo : même chose (en lpa ,lpna).

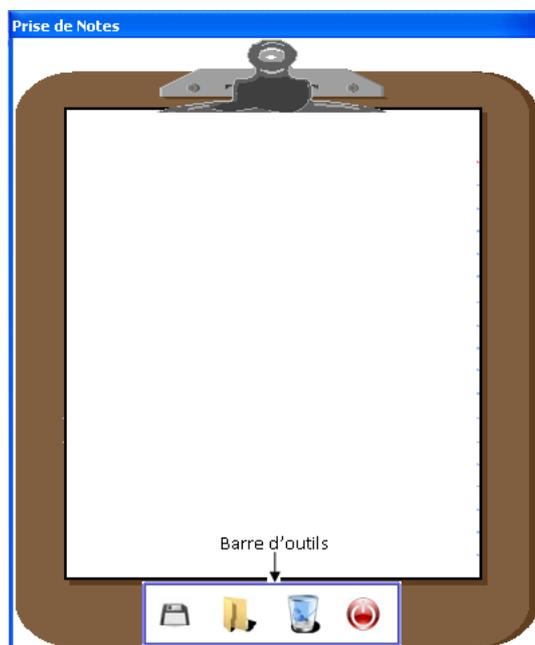


FIG. 4.16 – Bloc note

**La barre d'outil sert à :**

- Ouvrir un document existant ;
- Enregistrer un texte qu'on a saisi ;
- Effacer un texte «représenté par une corbeille»et fermer le bloc note «bouton en rouge ».

**Comment accéder au zoom :**

Il y a deux possibilités d'accéder au zoom, soit par un simple clic sur l'icône «zoom lpna », ou par un clic droit sur l'image et sélectionner «Zoom LPnA »(Fig 4.17).

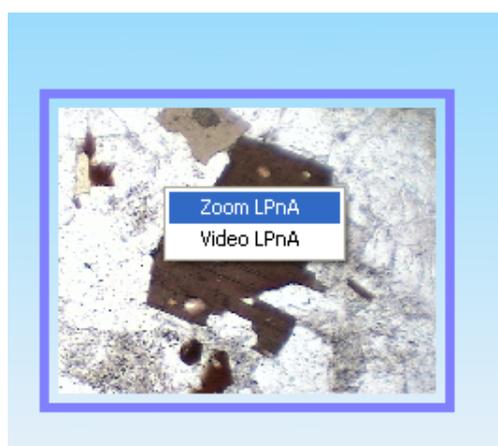


FIG. 4.17 – Zoom LPnA

**Comment accéder à la vidéo :**

Il y a aussi deux méthodes d'accès, en cliquant directement sur l'icône «vidéo lpna »(Fig4.19) ou bien par un simple clic droit sur l'image (Fig 4.17).

On peut translater la vidéo sur toute la zone de la fenêtre, pour nous permettre de comparer l'image figée et la vidéo en rotation, on peut passer au mode «plein écran »en cliquant avec le bouton droit de la souris et cocher «plein écran ».

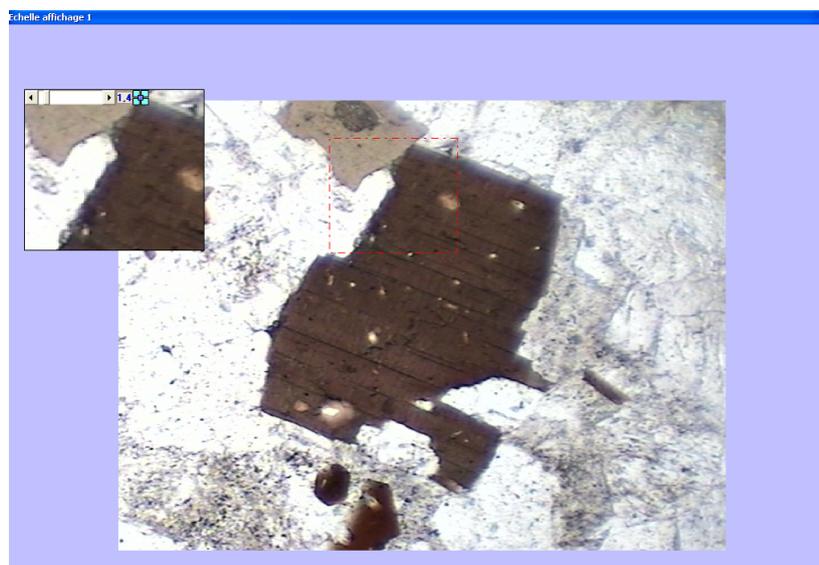


FIG. 4.18 – Fenêtre du Zoom en LPnA

Le carré rouge nous indique la partie à zoomer, et le panneau en haut à gauche nous permet de visualiser en temps réel bien sur la partie zoomée.

N.B : le petit panneau peut être positionné dans différentes zones de la fenêtre en le translatant manuellement ou bien en cliquant sur les petits boutons.

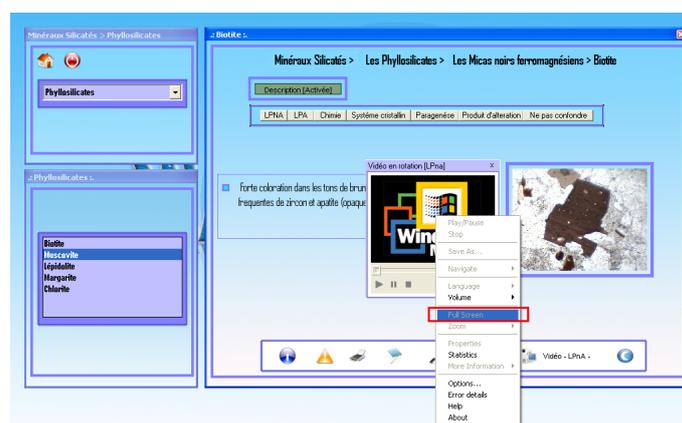


FIG. 4.19 – La vidéo

Donc, si on clique sur le bouton «lpa », des informations relatives a ce mode d'observation s'affichent (Fig.4.20).



FIG. 4.20 – Description en lpa

On remarque qu'il y a l'échelle de la biréfringence pour voir où se situe la biréfringence du minéral avec exactitude (dans cet exemple elle appartient au deuxième ordre) et la valeur est indiquée en dessus de cette échelle (dans cet exemple , elle est de  $D_n = 0,055$ ).

N.B : Les informations sur la roche sont les suivantes : (Fig.4.21)

- Auteur des clichés ;
- Grossissement ;
- Collection ;
- Nom de la roche ;
- Région d'échantillonnage.



FIG. 4.21 – Les informations sur la roche

Enfin, pour passer aux autres minéraux du groupe « phyllosilicates », on a aussi deux manières d'accéder : soit par un clic droit sur la fenêtre et choisir le minéral qu'on veut observer (Fig.4.22), ou bien cliquer sur la liste qui se trouve à gauche de la fenêtre description (Fig.4.22), mais là, on doit cliquer sur le bouton « fermer la fenêtre » parce que l'application, ne prend pas en charge la fermeture de la fenêtre « description » lors du passage d'un minéral à un autre.

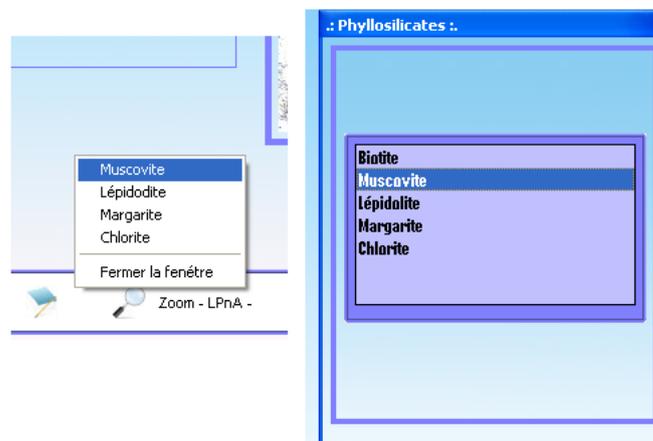


FIG. 4.22 – Passage aux autres minéraux par deux manière

#### 4.2.8 Minéraux non silicatés

En cliquant sur le bouton « minéraux non silicatés » de la fenêtre principale (Fig.4.5), nous allons avoir un menu déroulant qui représente tout les minéraux du groupe des minéraux non

silicatés (Fig.4.23).



FIG. 4.23 – Minéraux non silicatés

Donc pour accéder aux données, nous allons procéder de la même manière qui a été décrite dans la partie «minéraux silicatés ».

En examinant minutieusement le menu déroulant on constate qu'on a la possibilité de passer au répertoire «minéraux silicatés »sans revenir à la fenêtre principale.

N.B : pour les Oxydes «Magnétite,hématite », on va mettre à la disposition des clichs «macroscopique, réflexion »car,les oxydes de fer apparaissent opaques sous microscope polarisant, donc ce type de remarque va être pris en compte et mis dans la rubrique «remarques importantes ».

#### 4.2.9 Base de données des roches

L'accès à la base de données des roches est simple, il suffit de cliquer sur le bouton correspond qui se trouve sur la fenêtre principale et après on sélectionne le type de roche qu'on veut consulter ,et enfin , le nom de la roche , dans cet exemple de la figure 4.24 , on choisit les roches magmatiques et sur la liste , on a choisit granite.

#### Remarque :

Ce qui a été décrit dans la section 4.2.7,4.2.8 et 4.2.9, représente ce que l'on appelle pla-

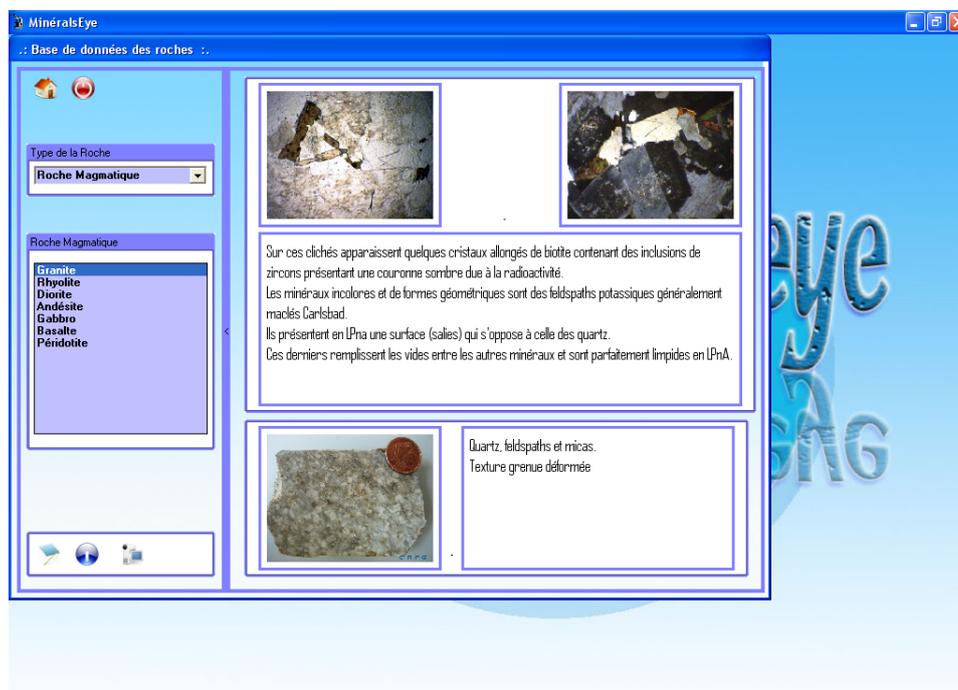


FIG. 4.24 – Base de données des roches

teforme enseignement «à titre pédagogique », dont les avantages vont être développés en conclusion générale.

#### 4.2.10 Laboratoire virtuel

Le laboratoire virtuel est aussi appelé plateforme laboratoire.

Comme mentionné précédemment, cette section donne la main aux utilisateurs pour mettre en place sa propre collection numérique. On clique sur le bouton «laboratoire virtuel » du panneau principal (Fig.4.25)

##### **Pour ajouter une lame mince à la collection :**

En cliquant sur le bouton «Nouveau », un sous menu apparaît (Fig.4.26) : on sélectionne «collection lames minces »(Fig.4.27)

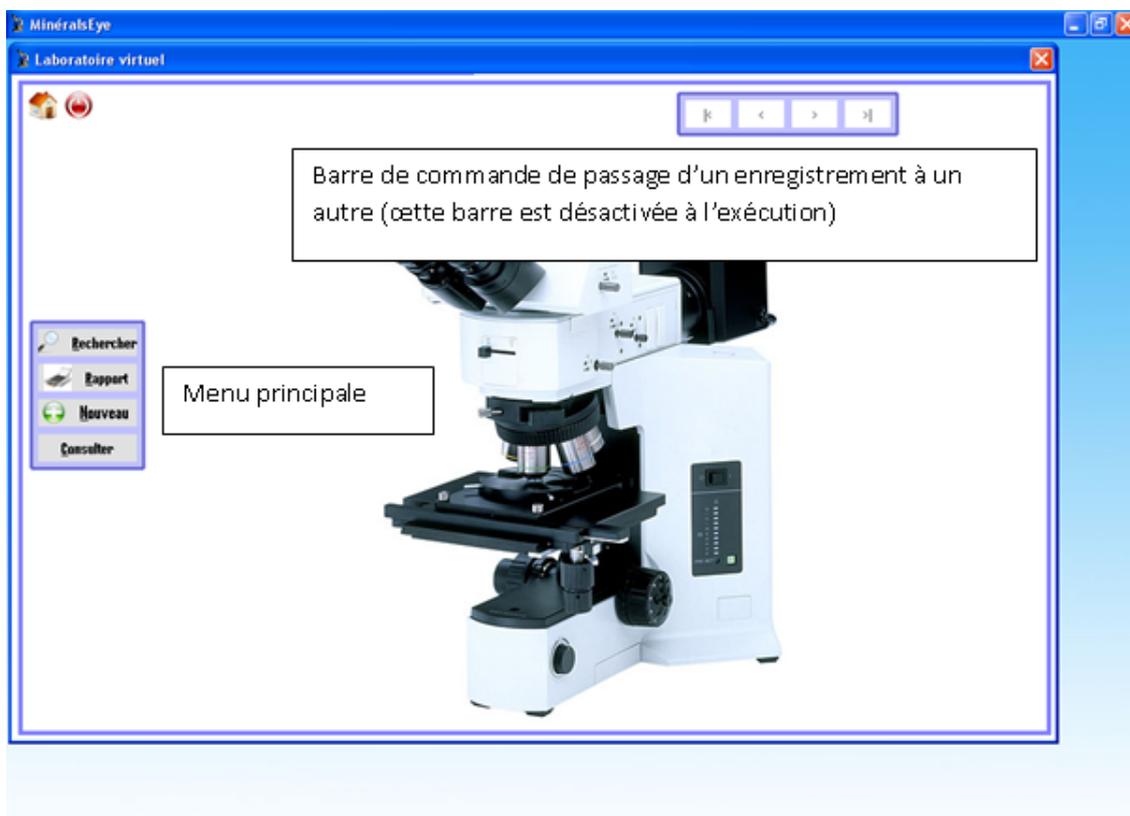


FIG. 4.25 – Laboratoire virtuel

Lorsqu'on clique sur «collection lames minces »du sous menu, on va constater qu'il va descendre automatiquement à la partie inférieure, et on a un panneau ainsi qu'une barre de gestion des enregistrements qui apparaissent, pour ce qui concerne la barre de commande, elle s'active et donne l'autorisation de passer d'un enregistrement à un autre .

La barre de gestion est composée de :

- La commande «ajouter » : permet d'ajouter un nouveau élément à la collection lames minces ;
- La commande «enregistrer » : pour confirmer l'ajout de votre élément à la collection lames minces ;
- Une commande «supprimer » : pour supprimer un enregistrement de la collection.



FIG. 4.26 – Menu pour ajouter une lame mince

La barre de commande est composée de :

- Le bouton " <<" : permet de revenir au tout premier enregistrement ;
- Le bouton " <" : permet de revenir à l'enregistrement précédent ;
- Le bouton " >" : accéder à l'enregistrement suivant ;
- Le bouton " >>" : donne accès au dernier enregistrement de la collection.

Après la découverte des différentes barres qui composent cette interface et leurs différents boutons de commande ; passons à l'exécution.

On clique sur «Ajouter », et on entre les informations qui concernent notre lame mince, on remarque qu'on a déjà ajouté une lame mince à la collection (Fig.4.27).

### Comment ajouter les flux multimédia :

On entend par ce terme : l'ajout des clichés et des vidéos ;

Pour ajouter une image, on doit choisir " oui " dans le menu déroulant qui correspond à l'étiquette " clichés " , et pour les vidéos la même chose (Fig.4.28).

Après cette sélection, on clique à droite sur le bouton de la souris et on choisi «insérer image »(Fig.4.29), et pour les vidéos on appuie sur le bouton «parcourir »(Fig.4.30).

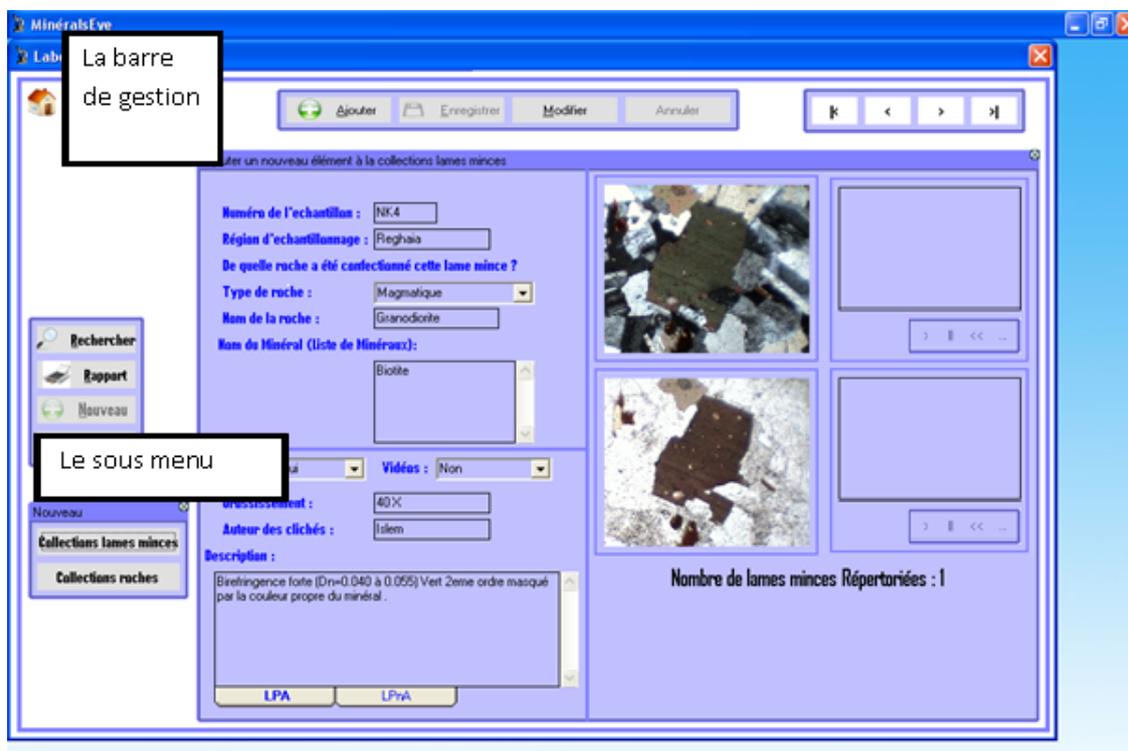


FIG. 4.27 – Fenêtre principale pour ajouter une lame mince



FIG. 4.28 – Ajout des flux multimédia

Le cadran jaune : illustre la confirmation «oui »des clichés et vidéos ;

Le cadran rouge : montre le clic droit pour insérer l'image, du coup on constate qu'il y a l'option «zoomer l'image »(on verra ça plus loin) ;

Le cadran vert : contient un système d'onglet, donc par exemple pour taper un texte relatif à la description «lpa »on clique sur l'onglet «lpa ».

Lorsqu'on clique sur «insérer l'image », une boîte de dialogue qui s'affiche pour introduire votre image à partir de notre machine.

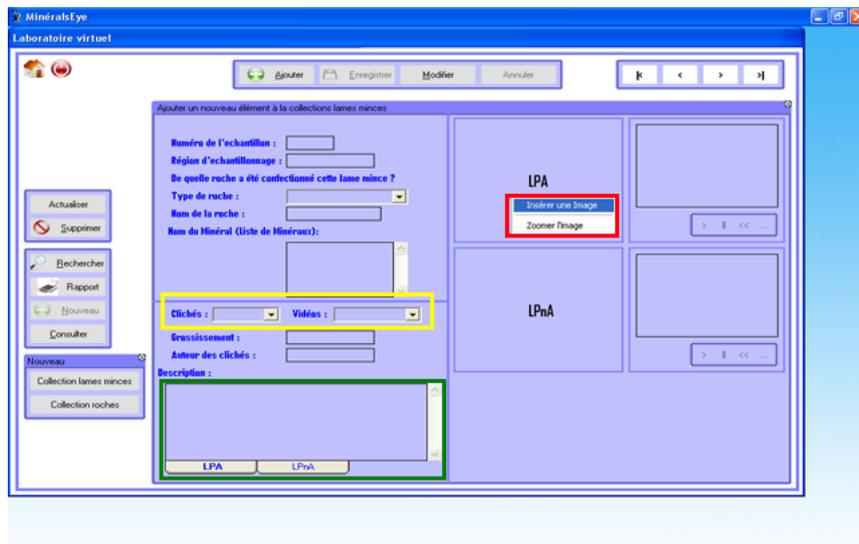


FIG. 4.29 – Injection d'image

Toutes les étapes sont illustrées sur la figure (suivre la numérotation) (Fig.4.31).

- 1 : On filtre les fichiers à afficher dans la boîte de dialogue ;
- 2 : On sélectionne l'image voulue ;
- 3 : On confirme notre choix en cliquant sur ouvrir.

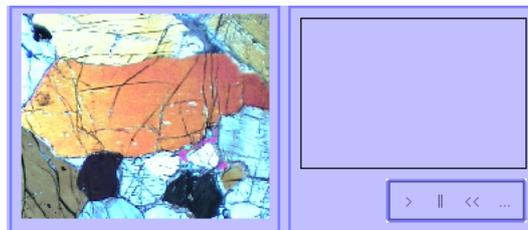


FIG. 4.30 – Lecteur vidéo

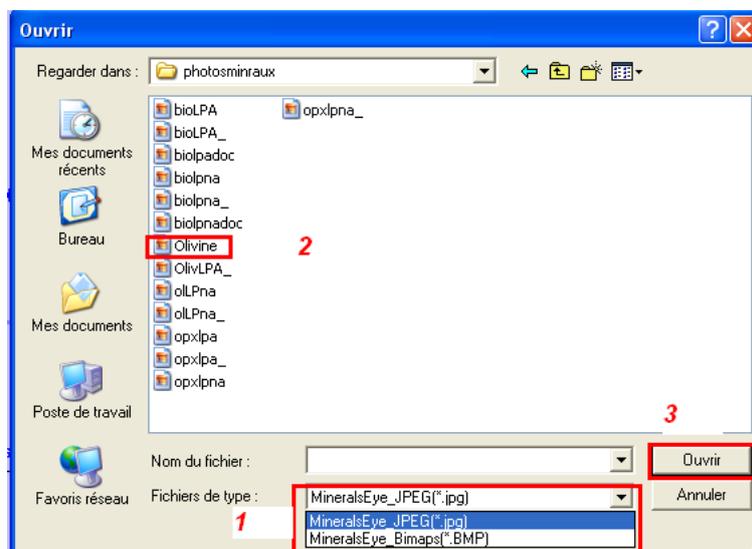


FIG. 4.31 – Injection de la vidéo

Maintenant, on peut visualiser notre image et en plus on peut appliquer un zoom sur notre image, mais pour le moment l'enregistrement n'est pas encore terminé, alors passons à l'insertion de la vidéo, en cliquant sur parcourir (Fig 4.30).

On applique le même procédé qui a été expliqué plus haut ” dans le cas de l'image ” (Fig.4.31).

Voilà, il nous reste que de cliquer sur le bouton enregistrer de la barre de gestion. Et maintenant on applique le zoom sur notre image.

#### **Pour consulter une collection :**

On clique sur la commande «consulter »ensuite sur «collection lames minces »(Fig.4.32).

Une fenêtre fille apparaît, elle contient :

- Les informations saisies dans la collection lames minces :
- Une grille des enregistrements saisis ;
- Une barre de commande pour passer d'un enregistrement à un autre :
- Une information qui donne le nombre de lames minces répertoriées dans la collection ;

- Et deux autres boutons qui concernent la recherche (on va parler de la recherche plus loin).

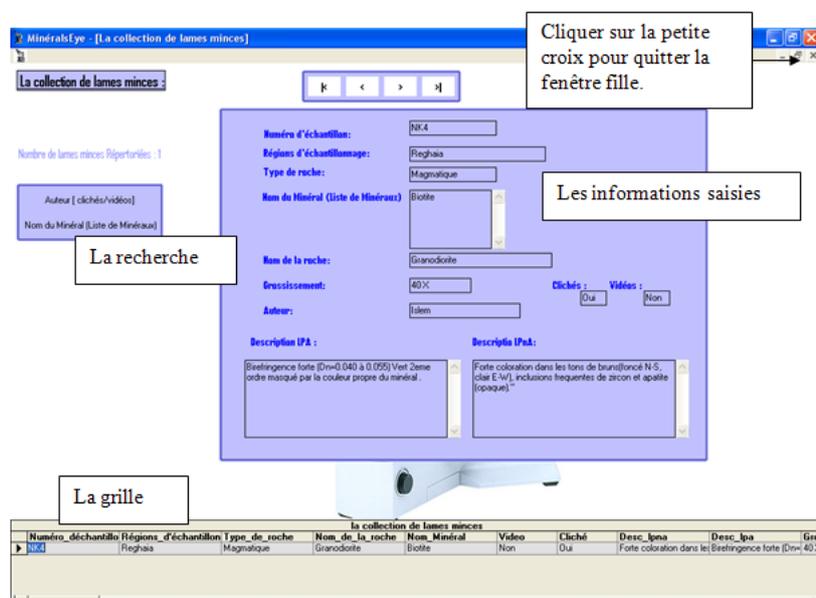


FIG. 4.32 – Fenêtre consultation

Ce qui est intéressant c'est qu'on peut avoir ces informations sur papier grâce à la commande «Rapport », comment faire ?

#### Pour imprimer un enregistrement :

On clique sur le bouton «rapport »et on choisi la collection lames minces (Fig.4.32) ; Une fenêtre apparaît, elle contient toutes les informations saisies de tous les échantillons de la collection lames minces.

Ce rapport nous donne la possibilité :

- D'enregistrer notre rapport en cliquant sur l'icône «livre», l'enregistrement se fait soit en format (\*.txt) ou bien (\*.html).
- D'imprimer notre rapport en cliquant sur l'icône imprimante .

Mais lorsqu'on clique sur «imprimer » nous avons la possibilité d'enregistrer notre fichier

en format (\*.pdf) , si nous avons le logiciel gratuit «pdf creator »installé sur notre machine .

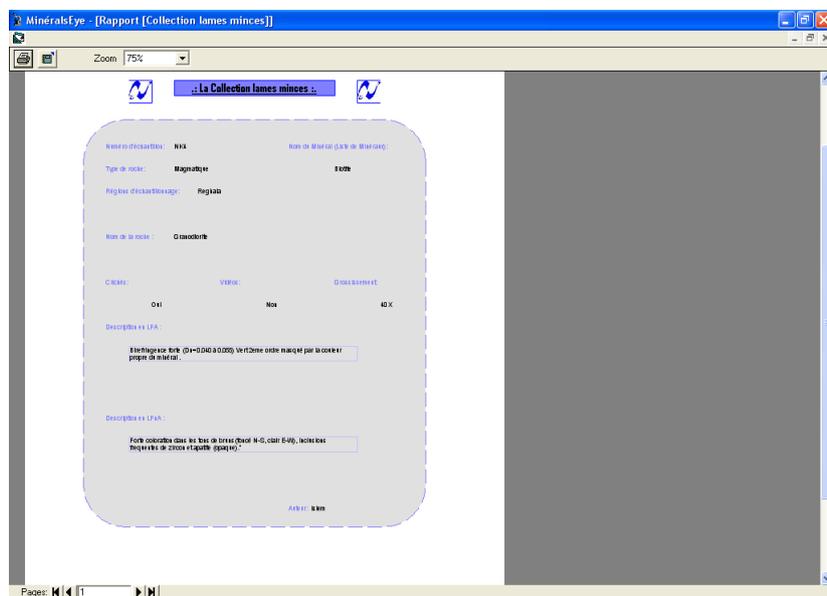


FIG. 4.33 – Le Rapport

C'est la vue général du «rapport », tout en bas il y a une barre pour passer d'un rapport à un autre et en haut à gauche on remarque qu'il y a les deux icônes illustrées précédemment.

En pied de page, on a l'heure et la date qui sont affichés.

#### **Pour rechercher un enregistrement :**

C'est une section très utile surtout dans le cas où nous avons une centaine d'enregistrements dans notre collection.

#### **Comment accéder a la recherche :**

On clique sur le bouton «rechercher », une fenêtre s'ouvre (Fig.4.34).



FIG. 4.34 – La recherche

On doit cocher sur une des collections pour activer le bouton de commande «recherche », alors on coche «collection lames minces »ensuite on tape le mot clé a chercher, il faut savoir que par défaut la recherche se fait par «nom de la roche »donc on tape le nom de la roche à voir (Fig.4.35).

Une fenêtre de dialogue s'ouvre en nous indiquant si notre recherche a abouti ou non (Fig.4.36).

Lorsque l'enregistrement est trouvé,on clique sur «ok»de la boite de dialogue, ce qui va engendrer l'apparition de l'enregistrement recherché qui se fait dans la fenêtre de la figure (Fig.4.27) et la fenêtre recherche se minimise automatiquement.

Si on clique sur «filtre », qui est un bouton située dans l'interface " rechercher " , une série de filtre apparaît , et il nous reste que de cocher le filtre de notre choix.

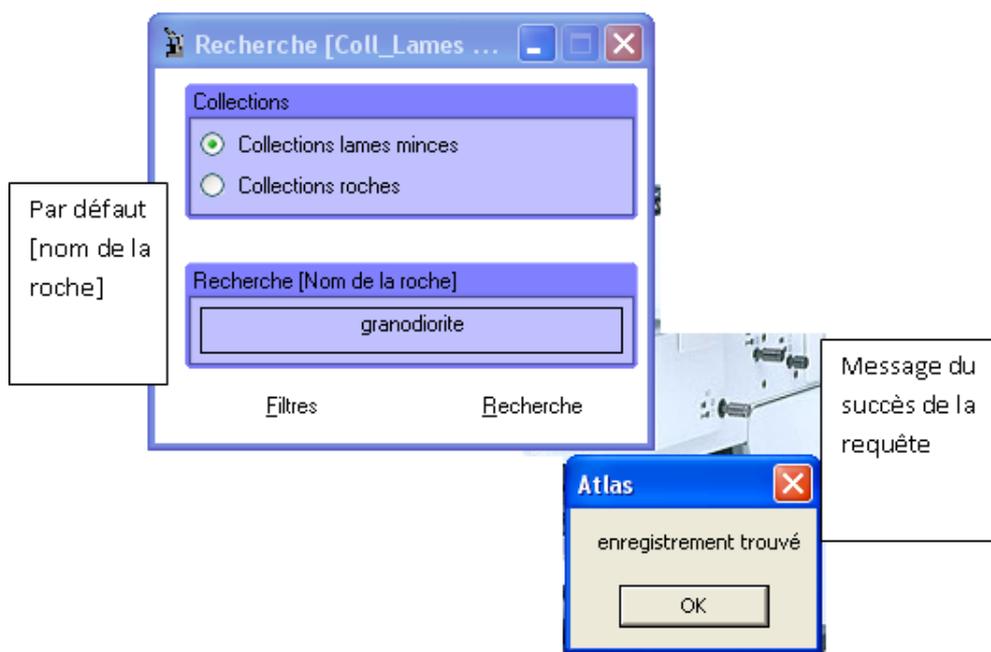


FIG. 4.35 – Résultat de la recherche



FIG. 4.36 – Fenêtre de dialogue désignant si la recherche a abouti

Pour finir cette section , on va voir

- Comment consulter l’annuaire de tous les auteurs des clichés de la collection ;
- Comment rechercher un minéral donné.

Pour cela revenons à la figure (Fig.4.32) et cliquons sur ” auteur des clichés ”, on aura l’interface caractérisée par :

- Une barre de recherche ;
- Une grille qui contient tous les noms d’auteurs.

Et pour chercher tout les minéraux de notre collection on clique sur ” Nom du minéral [liste

de minéraux]).

L'interface se compose de :

- Une barre de recherche mais avec filtrage alphabétique, c'est-à-dire sans entrer le nom du minéral mais la première lettre du nom du minéral ;
- Une grille qui montre tout les minéraux répertoriés.

**N.B :** dans ces deux cas, le résultat de la recherche apparaît dans la grande fenêtre de la (Fig.4.32).

Tout ce qui a été illustré pour la «collection lames minces »est semblable pour «la collection roches », sauf qu'on insère que les photos (macroscopique /réflexion).

### Lexique :

Ce lexique nous permet d'accéder directement aux données en un clic , ce qui facilite considérablement l'utilisation de l'application et c'est le but .On clique sur «Lexique »de la fenêtre principale, l'interface (Fig.4.37.ci-dessous) apparaît.



FIG. 4.37 – Lexique

Maintenant, on tape «biotite »et on clique sur «Rechercher », (Fig.4.38 ci-dessous)



FIG. 4.38 – Chemin d'accès

Un message nous indique quel chemin prendre pour atteindre ce minéral, ici on a «Minéraux silicatés ➤ les phyllosilicates ➤ les micas noirs ferromagnésiens ➤ biotite », donc il suffit de suivre cette indication. Mais, après avoir cliqué sur «ok », le programme nous donne la possibilité d'accéder à la fiche de description du minéral en un seul clic donc pas besoin de suivre le chemin (Fig.4.39 ci-dessous)



FIG. 4.39 – Accès automatique

On clique sur «accès automatique »et le tour est joué, pour quitter le programme il faut appuyer sur le bouton en rouge en bas a gauche sur la fenêtre principale de l'application.

# Conclusion générale

MineralsEye est une application de pétrographie, elle peut être largement améliorée par d'autres fonctionnalités. Elle constitue un outil très utile aux étudiants des sciences de la terre, et peut être utilisée dans les travaux pratiques de pétrographie, la présence de certaines fonctions telles que zoom et vidéos rendent l'application très pratique.

Pour le moment, on a répertorié dans notre application environ 50 échantillons entre minéraux et roches.

Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances dans les domaines de la pétrographie et de la minéralogie et dans celui de l'informatique.

Nous avons rencontré certains problèmes lors de la réalisation de ce mémoire : citons le manque de photos et de vidéos, le matériel parfois défectueux (notamment le problème du centrage du microscope). Côté programmation, on a rencontré beaucoup de problèmes comme celui de la résolution de l'écran par exemple.

D'autres contraintes ont surgi lors de la programmation du quiz, car on a mis en place une condition de passage d'un quiz à un autre.

Nous comptons améliorer cette application en ajoutant d'autres fonctionnalités et améliorer le graphisme. Une migration vers une plate-forme de développement est également envisagée.

# Bibliographie

- [1] D.AIT ALI.Visual Basic 6.Edition l'abeille. 190 p,2006
- [2] M.C BELAID.Programmer les bases de données avec Visual Basic 6.  
Edition pages bleues. 240 p,2003
- [3]B.BONIN.Magmatisme et roches magmatiques.Edition DUNOD. 300 p,2004
- [4]M.HALVARSON.Langages et programmation Visual Basic 6 : étape par étape.  
Edition MsPress. 396 p,2003
- [5]L.HARNOIS.Cours complet de Minéralogie - Cristallographie.Université du Québec
- [6]J.DEFERNE.Classification des minéraux.le Muséum de Genève. 45 p,1995
- [7]LeBas, M.J., LeMaitre, R., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986.  
A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram.  
Journal of Petrology 27, 745–750.
- [8]P.JOYE et J.P MICHEL.Cours de géologie appliquée au génie civil. 30 p
- [9]P.PICOT et Z.JOHAN.Atlas des minéraux métalliques. 406 p
- [10]J.C PONS.La petro sans peine 1.C.R.D.P de l'académie de Grenoble. 260 p,2000
- [11]M.ROUBAULT.Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant.367p,1963
- [12]Programmation : Visual Basic 6.Edition Micro Application. 600 p,1999
- [13]CD-Rom.Mastering Visual Basic 6 Development

- [14]CD-Rom.Microsoft Mastering - Vue Salle de classe
- [15]P.A BOURQUE.<http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.sedim.html>,1997
- [16]L.THEBAULT.<http://homepage.mac.com/ltbo/geol/sedim16.htm>
- [17]<http://calamar.univ-ag.fr/uag/geolog/>.Université des Antilles et de la Guyane,2008
- [18]<http://docvb.free.fr/index.php>,2002
- [19]<http://www.pise.info/vb/intro.htm>
- [20]<http://vb.developpez.com>,2009
- [21]<http://www.vbfrance.com/>,2009
- [22]<http://www.webprofesseur.com>,2009