

Iz-Eddine EL AMRANI EL HASSANI

Atlas des Minéraux et Roches du Maroc

Regards sur la richesse du patrimoine minéral



©Hassan II Academy Press
2025

Iz-Eddine EL AMRANI EL HASSANI



Né à Fès le 26 mai 1955, il est titulaire d'une Licence en Biologie et Géologie obtenue en 1980 à la Faculté des Sciences de Rabat. Il a ensuite obtenu un DEA en 1981, et un Doctorat de 3e Cycle en pétrologie et métallogénie à l'Université de Nancy I (France) en 1984. En 1994, il a eu un Doctorat d'Etat ès Sciences en pétrologie et géochimie à l'Université Mohammed V de Rabat.

Enseignant-chercheur à l'Institut Scientifique de l'Université Mohammed V de Rabat de 1985 à 2020, le Professeur El Amrani a dispensé de nombreux cours en pétrographie et minéralogie à la Faculté des Sciences de Rabat, ainsi que dans d'autres établissements d'enseignement supérieur au Maroc. Il a également supervisé de nombreux mémoires de Master et de thèses de Doctorat, contribuant ainsi à la formation de générations de chercheurs et de professionnels dans ces domaines.

Au cours de sa carrière, il a dirigé plusieurs projets de recherche scientifique, notamment dans le cadre des programmes PARS, PROTARS et CNRST, ainsi qu'un projet financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques. Auteur et coauteur de plus de cinquante articles scientifiques publiés dans des revues indexées, il a également participé à la rédaction de quatre ouvrages collectifs et est l'auteur d'un livre consacré aux géomatériaux de la région Rabat-Salé-Kénitra. Par ailleurs, il est titulaire d'un brevet.

Les travaux de recherche du Professeur El Amrani portent principalement sur la pétrologie et la géochimie des granitoïdes, la caractérisation et la valorisation des géomatériaux marocains, ainsi que sur le diagnostic des matériaux minéraux utilisés dans la construction des monuments historiques.

Scopus Author ID: 57217236680

Photos de la couverture : Sélection de minéraux et roche emblématiques du Maroc.

Face avant, de gauche à droite et du haut vers le bas : Fluorine ; érythrine ; azurite/malachite ; rosélite ; cobaltocalcite ; vanadinite, wulfénite et mestigmérite.

Face arrière, en haut : Rose des sables et en bas à gauche : barytine bleue.

Atlas des Minéraux & Roches du Maroc

Regards sur la richesse du patrimoine minéral

Iz-Eddine EL AMRANI EL HASSANI

Docteur Es-Sciences en Pétrographie-Minéralogie
Professeur de Géologie à l'IS - UM5 de Rabat

© Hassan II Academy Press
2025

Académie Hassan II des Sciences et Techniques
Km 4, Avenue Mohammed VI (ex Route des Zaers), 10100 - Rabat
Royaume du Maroc

© Hassan II Academy Press

Titre : **Atlas des Minéraux et Roches du Maroc**
Regards sur la richesse du patrimoine minéral

Auteur : **Iz-Eddine EL AMRANI EL HASSANI**
izdinelamranini@gmail.com

Dépôt Légal : 2025MO0609
ISBN : 978-9954-716-29-8

Achevé d'imprimer : Janvier 2025
Imprimerie ELP PRINT : Rdc et 1er étage Hay Rahma Secteur D
Rue Bouregrag lit N°1288 - Salé

"C'est en scrutant la dureté du marbre, la transparence du cristal, la profondeur des métaux, que l'on comprend la poésie silencieuse de la terre"

Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon (1707-1788)

Histoire naturelle, générale et particulière (1749-1788)

Sommaire

Préface	7
Présentation	9
Remerciements	15
PREMIERE PARTIE : APERÇU SUR LA GEOLOGIE ET LES RESSOURCES MINERALES DU MAROC	18
Chapitre I : Brève présentation de la géologie du Maroc	19
I-1 Introduction	19
I-2 Les domaines structuraux du Maroc	20
Chapitre II : Ressources minérales du Maroc	29
II-1 Présentation	29
II-2 Les phosphates	29
II-3 Les substances métalliques	37
II-4 Les roches et minéraux industriels	56
II-5 Les roches ornementales	71
DEUXIEME PARTIE : PRINCIPALES ESPECES ET VARIETES MINERALES DU MAROC	95
Chapitre I : Généralités sur les minéraux	97
I-1 Définition	97
I-2 Critères d'identification	98
I-3 Conditions et modes de genèse.....	102
I-4 Classification des minéraux	103
Chapitre II : Les minéraux du Maroc	107
II-1 Présentation	107
II-2 Les minéraux découverts au Maroc	108
II-3 Les minéraux silicatés	110
II-4 Les minéraux non-silicatés	123

**TROISIEME PARTIE : PRINCIPALES VARIETES DE ROCHES DU
MAROC 156**

Chapitre I : Généralités sur les roches 167

I-1- Définition et classification 167

I-2 Les roches magmatiques 168

I-3 Les roches sédimentaires 173

I-4 Les roches métamorphiques 176

Chapitre II : Méthodologie d'étude des roches 183

II-1 Présentation 183

II-2 L'observation de terrain 183

II-3 L'étude macroscopique 184

II-4 L'examen microscopique 185

Chapitre III : Principales roches marocaines 189

III-1 Présentation 189

III-2 Les roches magmatiques 190

III-3 Les roches sédimentaires 204

III-4- Les roches métamorphiques 219

III-5 Les roches ornementales 230

Références bibliographiques et webographiques 247

Index minéralogique et pétrographique 259

Préface

L'Atlas des Minéraux et Roches du Maroc est le fruit de quatre décennies d'expérience du Professeur Iz-Eddine El Amrani El Hassani, en tant qu'enseignant-chercheur à l'Université Mohammed V de Rabat. Cet ouvrage comble une lacune importante dans la littérature de médiation scientifique dédiée aux minéraux et roches du Maroc. En effet, malgré la richesse géologique de notre pays, il existe peu de publications destinées au grand public sur ce sujet.

C'est dans ce contexte que le professeur El Amrani a entrepris de réaliser cet atlas, avec l'ambition de créer un outil à la fois pédagogique et informatif. Le livre, rédigé dans un langage simple et évitant au maximum l'utilisation de termes techniques, s'adresse à un large public : lycéens, étudiants, enseignants, professionnels et amateurs éclairés, tous désireux de découvrir et de comprendre la diversité minéralogique et pétrographique du Maroc.

La réalisation de cet atlas découle de la volonté du Professeur El Amrani de combler le manque d'informations détaillées et accessibles concernant les minéraux et les roches du Maroc. En apportant des éclaircissements sur les contextes géologiques qui ont présidé à leur formation et en fournissant des critères d'identification précis, cet ouvrage se positionne comme un guide essentiel pour tous ceux qui s'intéressent en particulier à la minéralogie et la pétrographie marocaines.

Afin de répondre aux attentes des utilisateurs, l'auteur a adopté une méthodologie rigoureuse, s'appuyant sur les nomenclatures et classifications scientifiques les plus reconnues. Chaque minéral et roche a été sélectionné et décrit avec soin. Cet atlas, magnifiquement illustré, se distingue par une présentation détaillée des minéraux, mettant en valeur leurs faces cristallographiques et leurs couleurs, ainsi que par une description exhaustive des roches, en insistant sur leurs structures, textures et compositions minéralogiques.

En parcourant cet atlas, on découvre qu'il est structuré en trois parties, offrant ainsi une vision globale de cette discipline. La première partie propose un aperçu de la géologie et des ressources minérales du Maroc. Elle retrace brièvement l'évolution géologique du pays, depuis la formation de la Terre il y a 4,6 milliards d'années jusqu'à l'époque actuelle. Cette section aborde les phosphates, les substances

métalliques, les principales mines du Maroc, les roches et minéraux industriels, ainsi que les roches ornementales, en soulignant leur importance économique.

La deuxième partie, consacrée aux minéraux, commence par une présentation des principaux critères macroscopiques d'identification, tels que la forme, la couleur, l'éclat, le clivage et les macles. Elle propose ensuite quelques notions pratiques sur les contextes de formation des minéraux et les systèmes de classification. Puis, elle présente l'ensemble des minéraux du Maroc selon un ordre alphabétique, sous forme de fiches détaillées, récapitulant toutes les informations utiles sur chaque minéral : ses caractéristiques, son mode de formation, ses occurrences au Maroc et ses différentes utilisations.

La troisième partie, dédiée aux roches marocaines, commence par des généralités sur leurs contextes de formation, ainsi que leur subdivision en trois grandes familles : magmatiques, sédimentaires et métamorphiques. Ensuite, elle présente les différentes variétés de roches de chaque famille, classées par ordre alphabétique et sous forme de fiches détaillées fournissant des informations complètes sur leur composition, leurs modes de gisement, ainsi que leur répartition à travers le pays. Une section spéciale est également consacrée aux roches ornementales marocaines, jugées particulièrement importantes par l'auteur pour enrichir l'approche exhaustive de l'atlas.

Cet ouvrage constitue une référence incontournable pour la connaissance de la minéralogie et de la pétrographie marocaines et s'impose comme une ressource précieuse pour l'éducation et la recherche. Il contribuera sans aucun doute à une meilleure compréhension et à une appréciation approfondie des minéraux et des roches du Maroc. *L'Atlas des Minéraux et Roches du Maroc* n'est pas seulement la synthèse d'une carrière dédiée à la géologie, mais également un outil pédagogique essentiel pour tous ceux qui s'intéressent aux richesses géologiques de ce pays aux facettes si diversifiées.

Professeur Omar Fassi-Fehri

Secrétaire Perpétuel

Académie Hassan II des Sciences et Techniques

Présentation

Le Maroc, fréquemment qualifié de "Paradis des Géologues" ¹ par la communauté internationale, bénéficie d'une position géographique et géologique exceptionnelle, qui lui confère une diversité remarquable de faciès pétrographiques et de styles tectono-métamorphiques. Ces caractéristiques, bien préservées et aisément accessibles, font du pays un terrain de choix pour l'observation et l'étude géologiques. En outre, les formations géologiques marocaines regorgent d'une importante richesse fossilifère, dont certaines espèces sont d'intérêt international en matière de datation paléontologique, et en diverses substances minérales (minéraux, minerais et roches industrielles...) constituant une matière première substantielle pour la recherche scientifique et le développement socio-économique du pays.

En ce qui concerne les minéraux, il est intéressant de souligner que presque tous les grands musées de minéralogie à travers le monde exposent de superbes spécimens provenant du Maroc. Parmi eux, on peut citer : l'*anglésite* et la *wulfénite* de Touissite ; l'*azurite* de Kerrouchen ; la *fluorine* d'El Hammam ; l'*érythrine* de Bou Azzer ; la *vanadinite* de Mibladen, etc. Le Maroc est ainsi devenu une destination de choix pour les collectionneurs et les marchands de minéraux, qui visitent régulièrement dans les centres réputés à l'échelle nationale pour le commerce des minéraux et des fossiles, tels que Midelt, Ouarzazate, Erfoud, Tichka, et autres.

En matière de minéralogie, la réputation du Maroc remonte au début du XIX^e siècle avec le début de l'exploitation des mines du plomb-zinc, cuivre, argent, fluorine, entre autres. Dès lors, les mineurs ont commencé à extraire des profondeurs de la terre de remarquables spécimens de minéraux aux couleurs et aux formes très variées.

À partir de cette période, il importe de noter qu'un certain nombre d'espèces minérales furent découvertes, par les minéralogistes, pour la première fois au Maroc. On citera à titre d'exemple la *marokite*, l'*imitérite*, l'*agardite*, la *jouravskite*, etc.

¹ Se référer aux deux livres d'El Hassani (2022 et 2023) : « Le paradis des géologues : un voyage à travers le temps dans le Royaume du Maroc » et sa version anglaise, complétée et améliorée, « A Geologist's Paradise : Tracing Morocco's Geological History from Early Explorers to the Modern Era », parus dans les éditions de « Hassan II Academy Press »

Le Maroc se distingue également par une remarquable diversité de roches, couvrant des périodes géologiques allant de l'Archéen à l'époque actuelle, avec des origines variées (magmatiques, sédimentaires et métamorphiques) et de compositions géochimiques diversifiées (acide, basique, ultrabasique, alcaline, etc.). De même que pour les minéraux, quelques variétés de roches ont été décrites pour la première fois au Maroc, c'est le cas, par exemple, de la *mestigmérite* et de l'*aïounite*, deux roches magmatiques néphéliniques découvertes en 1925 près de la localité de Mestigmer dans le Maroc oriental.

Outre leur intérêt scientifique, de nombreuses variétés de roches massives marocaines se distinguent par leurs aspects esthétiques remarquables, tant au niveau des couleurs que des structures, ainsi que par leurs bonnes performances physico-mécaniques (densité, porosité, résistance mécanique...), ce qui les rend très appréciées en tant que roches ornementales. Parmi ces roches, on peut citer le calcaire gris veiné de Tiflet « *Gris Lido* », le calcaire blanc veiné de Bou Acila « *Skyros marocain* », le calcaire lacustre beige du Saiss « *Travertin de Volubilis* », le calcaire fossilifère d'Erfoud « *Dalles d'Erfoud* » sont autant d'exemples de roches ornementales marocaines bien réputées à l'échelle nationale et même internationale.

Ce potentiel minéralogique et pétrographique mérite d'être mieux valorisé et présenté au grand public marocain ainsi qu'aux touristes étrangers. Le Muséum National d'Histoire Naturelle de l'Institut Scientifique (MNHN-IS), créé en 1920, ainsi que Le Musée de la Direction de la Géologie, du Ministère de la Transition Énergétique et du Développement Durable (MTEDD), réaménagé et inauguré en 2019, restent les deux seuls espaces ouverts au grand public pour découvrir les principales espèces minérales et variétés de roches marocaines.

Certaines collections remarquables sont disséminées dans les salles de collections des différentes facultés des Sciences (Agadir, Marrakech, Fès, Oujda, Errachidia, ...). Il est également important de mentionner l'existence de quelques musées privés, tels que le *Musée de Tahiri des fossiles*, situé sur la route reliant Erfoud à Rissani et le *Musée de l'hôtel Taddart*, qui se trouve à Midelt. Ces derniers, à vocation plutôt commerciale, exposent de très belles pièces de minéraux, de fossiles exceptionnels ainsi que de nombreux objets d'art taillés dans les pierres marocaines.

Par ailleurs, un ambitieux projet de création du *Musée National d'Archéologie et des Sciences de la Terre* (MNAST) est actuellement en cours de réalisation à Rabat. Ce musée vise à rassembler et valoriser de manière optimale, à l'instar des grands musées internationaux, le précieux patrimoine archéologique, minéralogique et fossilifère du Maroc.

Il est également important de souligner que la documentation sur les minéraux et les roches du Maroc demeure rare et difficilement accessible au grand public. Parmi les ouvrages de référence, deux se distinguent particulièrement : le magnifique livre « *Minéraux du Maroc* » publié par le MTEDD, sous la coordination de Azza et al. (1992) et le Document de l'Institut Scientifique n° 28 « *Inventaire des collections géologiques de l'Institut Scientifique* » publié par Fedan (2014). En dehors de ces ressources, les plus beaux minéraux du Maroc ne peuvent être observés que sur les sites Internet, pour la majorité à vocation commerciale, tels que : « *Aux minéraux du monde* » ; « *Fabre minerals* » ; « *Carion minéraux* » ; « *Mindat.org* », etc.

Au vu de ces éléments, la réalisation de cet *Atlas des Minéraux & Roches du Maroc* s'est avérée essentielle pour pallier un manque notable dans la littérature de vulgarisation scientifique sur les minéraux et roches marocains. Cet ouvrage se veut à la fois pédagogique et instructif, offrant des informations détaillées sur les contextes géologiques de formation des minéraux et des roches, ainsi que sur leurs principaux critères d'identification. Pour les minéraux, l'accent sera mis sur leurs faces cristallographiques et leurs couleurs. Concernant les roches, l'atlas mettra en avant leurs structures, textures et compositions minéralogiques. L'ouvrage utilisera les nomenclatures et classifications scientifiques les plus reconnues, tout en s'efforçant de présenter de manière exhaustive les minéraux et les roches du Maroc. Ainsi, cet Atlas se décline en trois parties :

La première partie de ce livre offre un aperçu de la géologie et des ressources minérales du Maroc, en retraçant brièvement l'évolution géologique du pays depuis la formation de la Terre, il y a 4,6 Ga, jusqu'à l'Actuel. Elle aborde les substances métalliques, les principales mines marocaines, les roches et minéraux industriels, ainsi que les roches ornementales, en mettant l'accent sur leur importance économique. La diversité et le potentiel des roches ornementales marocaines sont examinés, avec une attention particulière aux principaux gisements situés dans la Meseta occidentale et l'Anti-Atlas. Cette analyse détaillée permet au lecteur de

comprendre les conditions de formation des grandes unités pétrographiques du Maroc, leur répartition en cinq domaines structuraux et leur impact économique pour le pays. Les ressources minérales sont classées en quatre grands groupes : les substances métalliques, les phosphates, les roches et minéraux industriels et les roches ornementales. Cette partie inclut également des synthèses bibliographiques qui retracent les connaissances accumulées sur ces ressources, de leur découverte à nos jours.

- *La deuxième partie* est consacrée aux minéraux et commence par une présentation générale des principaux critères macroscopiques permettant leur identification. Parmi ces critères figurent la forme, la couleur, l'éclat, le clivage, ainsi que les macles, entre autres caractéristiques. Cette partie aborde ensuite des notions pratiques concernant les contextes de formation des minéraux, ainsi que les systèmes de leur classification. Après un bref rappel historique sur la recherche minéralogique au Maroc, le livre présente les principales espèces et variétés des minéraux marocains. Cette présentation se décline sous forme de tableaux, chacun consacré à une espèce minérale spécifique. Chaque tableau comprend des photos soigneusement sélectionnées de l'espèce, accompagnées d'informations pratiques telles que sa composition chimique, son système cristallin, ses associations minérales, ses principaux gisements marocains, ainsi que ses principales utilisations. Au total, 21 minéraux silicatés et 65 minéraux non-silicatés y sont présentés.

- *La troisième partie* est dédiée aux roches marocaines. Elle débute par une introduction générale sur les roches, rappelant leur contexte de formation et leur classification en trois grandes familles : les roches magmatiques, sédimentaires et métamorphiques. Des notions fondamentales y sont développées, abordant la genèse, l'évolution, la structure, la texture, la composition et la classification de chacune de ces familles. Un chapitre, jugé particulièrement utile, est consacré à la méthodologie d'étude des roches, détaillant les critères macroscopiques et microscopiques utilisés pour leur identification. Les roches marocaines sont ensuite présentées selon le même principe que les minéraux, à travers des tableaux détaillés. Ces tableaux rassemblent des photos, tant macroscopiques que microscopiques (en lumière polarisée), ainsi que des informations complètes sur leurs caractéristiques pétrographiques, leur mode de gisement et leurs occurrences à travers le Maroc. Au total, 73 roches sont présentées, dont 25 magmatiques, 28 sédimentaires et 20

métamorphiques. Par ailleurs, il a été jugé pertinent d'inclure une section dédiée aux roches ornementales marocaines, soit 25 variétés. La présentation de ces roches, utilisées principalement dans le domaine de la construction, notamment pour le bâtiment et les travaux publics (BTP), est faite sous forme de fiches techniques. Chaque fiche présente une image de la surface polie de la roche, mettant en valeur sa couleur et sa structure, ainsi que des informations détaillées sur sa nature géologique, sa composition pétrographique et ses paramètres technologiques, tels que sa densité, sa porosité, sa résistance à la compression et à usure, etc.

Il est important de souligner que cet ouvrage a été rédigé dans un langage simple et avec un minimum de termes techniques pour le rendre accessible à un large public. Ainsi, il s'adresse aux lycéens, étudiants, enseignants, collectionneurs et commerçants de minéraux, entre autres.

Enfin, le document comporte un index minéralogique et pétrographique permettant de faciliter la recherche des minéraux ou des roches spécifiques que le lecteur souhaite consulter.

Iz-Eddine EL AMRANI EL HASSANI
Docteur Es-Sciences en Pétrographie-Minéralogie
Professeur de Géologie à l'IS - UM5 de Rabat

Remerciements

La réalisation de cet "*Atlas des Minéraux et des Roches du Maroc*" a été rendue possible grâce au concours précieux de nombreux collaborateurs et amis, ainsi qu'au soutien éditorial de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (AH2ST), à travers sa maison d'édition " Hassan II Academy Press ".

Afin d'offrir une représentation exhaustive et de haute qualité des minéraux et roches marocains, j'ai complété mes propres clichés par des images issues de diverses sources : banques d'images libres de droits, sites web spécialisés dans la vente de spécimens minéralogiques et géologiques, ainsi que collections d'institutions marocaines publiques et privées.

Je souhaite donc exprimer ma sincère reconnaissance envers tous les individus, organisations et plateformes en ligne ayant contribué à l'illustration de cet ouvrage. Ce dernier vise à promouvoir et à démocratiser la connaissance du monde minéral, dans une démarche purement éducative et non commerciale. Je tiens à mentionner tout particulièrement :

- L'Institut Scientifique, Université Mohammed V de Rabat.
- La Direction de la Géologie, Ministère de la Transition Energétique et du Développement Durable.
- Le Musée privé des minéraux et des fossiles de Taddart à Midelt.
- Les Musées et salles de vente des minéraux et fossiles à Erfoud.
- Banques d'images libres de droits :
 - www.pexels.com/fr-fr/
 - <https://pixabay.com/fr/>
 - <https://fr.freepik.com/photos-vecteurs-libre/base-de-donnees>
- Alex Strekeisen : www.alexstrekeisen.it/english/meta/maficgranulite.php
- Mindata.org : www.mindat.org
- Mineralogy Database : www.webmineral.com
- Fabre Minerals : www.fabremineral.com
- 1001 Minéraux : www.1001mineraux.com
- Le Comptoir Géologique : <https://www.le-comptoir-geologique.com>
- Les minéraux du monde entier : <https://www.les-mineraux.fr/categorie-produit/mineraux-du-monde/mineraux-du-maroc>

PREMIERE PARTIE

Aperçu sur la géologie et les ressources minérales du Maroc

Chapitre I : Brève présentation de la géologie du Maroc

I-1 Introduction

La géologie du Maroc est intrinsèquement liée à l'évolution de la Terre sur une période d'environ 4,6 milliards d'années. Conformément à la théorie de la tectonique des plaques, la configuration terrestre au Permien (-225 Ma) était celle d'un supercontinent unique, la Pangée (Fig. 1). Celle-ci a pu se scinder, à partir du Trias (- 200 Ma) en deux supercontinents : *Laurasia* au nord et *Gondwana* au sud. Depuis lors, ces supercontinents ont continué à se fragmenter et à dériver, conduisant ultimement à la formation des six continents (Amérique du Nord et du sud, Europe, Asie, Afrique, Australie et Antarctique), avec les contours et les dispositions géographiques que nous connaissons actuellement. Aussi, durant cette histoire géologique de la Terre, le Maroc qui était presque au centre de la Pangée, est passée par différentes positions géographiques et contextes géodynamiques pour se trouver, en cette période, à l'extrémité nord-ouest du continent africain et au nord du tropique de Cancer (Fig. 1).

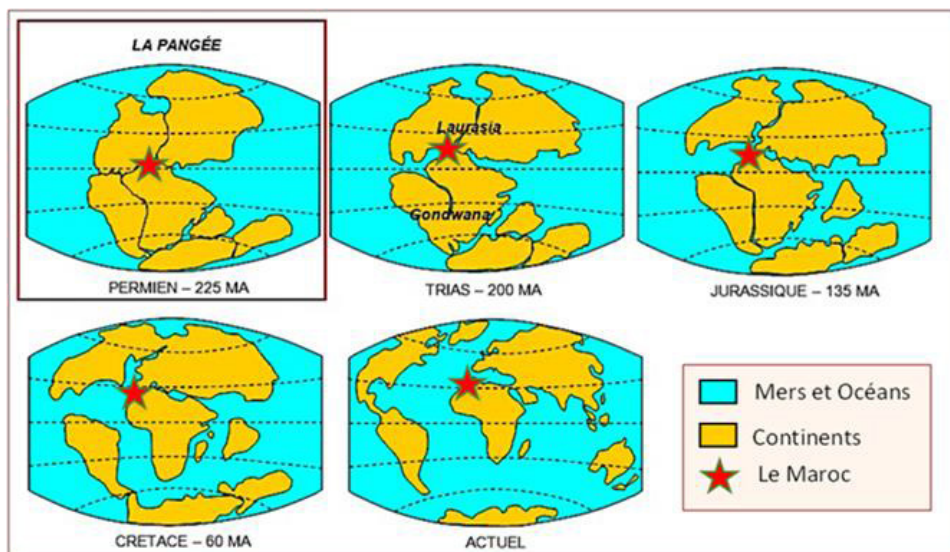


Figure 1 : Evolution de la position du Maroc lors de la dérive des continents depuis le Permien jusqu'à l'Actuel.

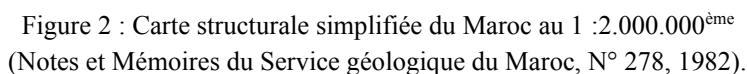
En considérant le Maroc dans cette grande valse géologique des continents qui a duré des millions d'années, on arrive à comprendre l'origine de sa très grande diversité

géologique et structurale. Les ouvrages récents d'El Hassani (2022 ; 2023) exposent, d'une manière très large et richement illustrée, les différentes facettes de la géologie marocaine et surtout le grand intérêt scientifique que présentent, à l'échelle planétaire, les nombreux stratotypes et groupes de fossiles qui ont été découverts et définis pour la première fois dans différentes régions du Royaume. Cela explique, d'ailleurs, l'affluence massive des géologues du monde entier vers le Maroc, en tant que « *Paradis des Géologues* ».

La géologie du Maroc a fait couler beaucoup d'encre, depuis les premiers travaux de Louis Gentil et sa publication dans les Annales de Géographie en 1912 « *La géologie du Maroc et la genèse de ses grandes chaînes* ». Les connaissances de bases des différentes disciplines de la géologie (structurale, pétrographie, minéralogie, sédimentologie, métallogénie, etc.) furent établies, lors du protectorat français (1912-1956), par les pionniers de la géologie du Maroc. Parmi ces figures emblématiques, on peut citer à titre indicatif et pour mémoire : J. Agard ; G. Choubert ; F. Daguin ; J. Destombes ; A. Emberger ; A. Faure-Muret, M. Gigout ; H. et G. Termier. Depuis l'indépendance du Maroc (1956), un grand nombre de travaux de recherche géologique, de plus en plus approfondis, ont été réalisés par des géologues nationaux et étrangers. À partir de ces recherches, documentées par plus d'une centaine de références fournies à la fin du présent document, nous avons tenté de présenter une synthèse concise de la géologie du Maroc. À souligner que cette synthèse a été volontairement simplifiée et condensée afin de la rendre accessible à un public non spécialiste.

I-2 Les domaines structuraux du Maroc

Les formations géologiques du Maroc couvrent une gamme complète d'ères géologiques, débutant à l'Archéen (-3,8 milliards d'années) et s'étendant jusqu'à l'époque actuelle. Ces formations ont été soumises, au cours des temps géologiques, aux effets tectono-métamorphiques de toute une succession d'orogénèses (archéenne, éburnéenne, panafricaine, calédonienne, hercynienne et alpine) ayant contribué à l'individualisation de cinq grands domaines structuraux (saharien, anti-atlasique, atlasique, mesetien et rifain). Chacun de ces domaines se distingue par sa propre composition pétrographique et son style tectonique (Fig. 2).



Le domaine saharien représente la partie méridionale du Maroc ; il correspond à la partie NW du Craton ouest africain (WAC). Une bonne partie de ce domaine est recouverte de dunes mouvantes de sables rouges et de hauts plateaux rocaillieux : les Hamadas (Fig. 3). Entre les étendues de sables affleurent des terrains plus anciens qui s'individualisent en 3 grandes unités :

- **La dorsale Réguibate**, représente la partie nord du Craton ouest africain. Elle correspond à un vaste bombement de terrains cristallins du Précambrien, affectés par les orogénèses archéenne et éburnéenne.

- **La chaîne de l'Adrar Soutouf (Oulad Dlim)** et son prolongement nord dans le Zemour représentent le tronçon nord de la chaîne hercynienne des Mauritanides. Ensemble de terrains, paléozoïques, plissés et qui se rattachent vers le nord et le nord-est à la chaîne de l'Anti-Atlas.
- **Le bassin de Laâyoune-Boujdour** est constitué de formations sédimentaires très variées en couches tabulaires ou monoclinales, plus ou moins épaisses. L'âge des formations qui le constituent varie du Mésozoïque au Quaternaire.



Figure 3 : Aperçus sur les affleurements des terrains du domaine saharien. A : Dunes de sable de Merzouga ; B : Reliefs montagneux des environs d'Aousserd constitués principalement de syénites néphéliniques.

I-2.2 Domaine anti-atlasique

Le domaine anti-atlasique forme une bande étalée en direction NE-SW, comprise entre le domaine saharien, au sud et le couloir sud-atlasique au nord. Il forme un bombement de haute altitude à l'ouest qui diminue progressivement en allant vers le

Tafilalt à l'est. L'Anti-Atlas montre une structure anticlinale où des terrains précambriens affleurent sous forme de "boutonniers" au sein des terrains paléozoïques (Fig. 4). Les boutonniers qui se suivent du SW au NE (Bas Draa, Ifni, Kerdous, Igherm, Zenaga, Siroua, Bou Azzer, Saghro et Ougnat) sont composés d'une série de terrains sédimentaires et volcano-sédimentaires, métamorphisés et intrudés par des granites anciens (éburnéens : - 1.700 à - 2.000 Ma) et des granites relativement plus récents (panafricains : - 549 Ma). Ces terrains se trouvent recouverts en discordance par des dolomies à stromatolites du Précambrien terminal (Adoudounien), puis d'une série violacée dite « lie de vin ».



Formations ordoviciennes du J. Kissane (Agdz)



Calcaires du Jurassique dans la vallée de Ziz



Massif volcanique du Jbel Saghro

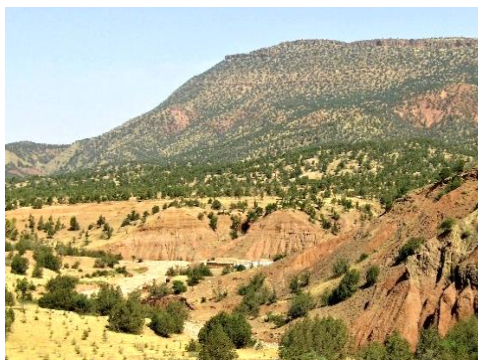
Figure 4 : Reliefs et formations géologiques du domaine de l'Anti-Atlas.

Au niveau de Bou Azzer-El Graara, affleure, sur une cinquantaine de kilomètres, un complexe ophiolitique admis comme témoin d'une suture océanique éburnéenne. Des gisements d'or, d'argent, de cuivre, de cobalt, etc. se trouvent liés à ces terrains précambriens de l'Anti-Atlas. Les terrains paléozoïques de ce même domaine forment environ 1.200 m de sédiments marins, comprenant, de la base vers le sommet, une puissante barre de calcaire à *Archaeocyathus* du Cambrien inférieur, des bancs centimétriques de calcaire noir à *Orthocères* d'âge silurien et des calcaires récifaux et pélagiques à *Orthocères* et *Goniates* du Dévonien et Carbonifères.

I-2.3 Domaine atlasique

Le domaine atlasique se subdivise en deux parties : le Haut Atlas et le Moyen Atlas.

A- Le Haut Atlas. Il constitue une importante barrière géographique qui s'étend en direction NE-SW et qui comprend le point culminant du Maroc, le Jbel Toubkal qui atteint 4.165 m d'altitude. La chaîne du Haut Atlas montre une grande diversité pétrographique et structurale, avec une prédominance, en allant de l'est vers l'ouest, de dépôts carbonatés jurassiques (Fig. 5). La partie occidentale de la chaîne, située au sud-ouest de Marrakech, comprend le Massif ancien du Haut Atlas, caractérisé par des terrains paléozoïques déformés par l'orogénèse hercynienne et intrudés par des plutons granitiques tels que Tichka et Azegour. Ces terrains sont partiellement recouverts par des grès triasiques et des dépôts marins crétacés et jurassiques. Au centre de la chaîne, autour d'Imilchil, on observe une épaisse succession de calcaires marins datant du Lias et du Jurassique moyen, avec quelques intrusions de gabbros alcalins.



Terrains argilo-salifères du Trias de Ouirgane recouvert par des formations jurassiques



Vue depuis la vallée de l'Ourika du Massif ancien du Haut Atlas



Formations jurassiques de la vallée du Ziz à hauteur du village d'Ait Othmane, vue depuis le Sud

Figure 5 : Vues générales sur les terrains du Haut Atlas.

B- Le Moyen Atlas. Il se branche sur le Haut Atlas au niveau de la région de Béni Mellal et s'étale en direction NNE-SSW en un chaînon d'altitude relativement plus faible (Jbel Bou-Naceur : 3.340 m). Sur le plan pétrographique, il se compose principalement de dépôts argileux rouges triasiques que surmontent les séries de calcaires et de dolomies jurassiques. Son extrémité nord-orientale comprend la boutonnière paléozoïque du Tazekka. Le Moyen Atlas central a connu durant le Néogène et le Quaternaire une importante activité volcanique marquée par la mise en place de cônes volcaniques (ex. J. Hebri, Fig. 6) et de coulées de laves (plateau de Guigou). Du point de vue structural, la partie occidentale de la chaîne du Moyen Atlas est tabulaire (dite Causse moyen atlasique) alors que la partie orientale est plissée. Des failles limitrophes séparent la chaîne du Moyen Atlas du domaine de la Meseta, ce sont les accidents nord et sud-moyen atlasiques (ANMA et ASMA).



Vue vers le sud du cône volcanique de type strombolien et d'âge quaternaire de Jbels Hebri



Falaises dans du calcaire jurassique massif de la région d'émergence des sources d'Oum Rbia



Calcaire jurassique d'aspect ruiniorme de la région de Tidirine

Figure 6 : Diversité de relief et de formations géologiques du Moyen Atlas.

I-2.4 Le domaine mesetien

La Meseta marocaine correspond à un vaste domaine étalé en direction E-W depuis l'océan Atlantique jusqu'à la frontière algérienne. Le relief de la chaîne du Moyen Atlas subdivise la Meseta marocaine en deux parties (Fig. 2) : orientale et occidentale. C'est le domaine de la chaîne hercynienne (varisque) par excellence structurée par la phase majeure namuro-westphalienne et qui a été pénéplané, dès le Permien, par l'érosion, puis recouverte en discordance angulaire par des terrains mésozoïques et cénozoïques (Fig.7). Ainsi, les terrains paléozoïques anciens affleurent dans la Meseta sous forme de "boutonniers" séparées par des plateaux de formations plus récentes (Massif du Maroc central, Rehamna, Jebilet, Debdou, etc.).



Figure 7 : Discordance angulaire entre les flyschs viséens du socle paléozoïque et les marnes jaunes miocènes de la couverture Méso-cénozoïque (sur la route R 404 reliant Merchouch à Sidi Bettache).

Le paléozoïque de la Meseta montre une grande variété de faciès, en relation avec les milieux de dépôts et les conditions qui régnaient à chaque époque. Ainsi, on passe d'une sédimentation silteuse au Cambro-Ordovicien dans un milieu confiné, situé aux alentours du pôle Sud. Par la suite, en raison de la dérive des continents et une migration vers l'équateur, la sédimentation change au Dévonien et devient calcaire. Enfin, au Carbonifère, lors de l'époque des grands bassins sédimentaires se déposent des sédiments variés (conglomérats, calcaires à crinoïdes, schistes...). Le domaine mesetien se caractérise également par la mise en place de plutons granitiques hercyniens, tels que : Zaër, Oulmès, Ment, Rehamna, Jebilet, dans la Meseta occidentale et ; Boumia, Aouli, Alouana, Tancherfi, etc. au niveau de la Meseta orientale (Fig. 8).



Série de schistes et grès viséenne plissée
(Route P4301 de Ain Al Aouda – Rommani)



Boules de granite gris de de Zaër riches en
enclaves microgrenues sombres

Figure 8 : Affleurements des terrains du socle paléozoïque de la Meseta occidentale.

Les terrains de couverture sont composés d'argiles rouges et de basaltes triasiques, calcaires jurassiques, marnes miocènes et silts caillouteux quaternaires (Fig. 9). À cette même couverture appartiennent les grands gisements de phosphates des bassins de Khouribga, El Youssoufia, etc. et dont l'âge de dépôt s'échelonne du Crétacé supérieur à l'Eocène moyen (-72 à -40 Ma).



Série d'argile rouge du Trias avec intercalations
de niveaux basaltiques (Région de Rommani)



Marnes jaunes du Miocène en discordance sur
les calcaires dévoniens (Vallée O. Akrech)



Coulées de basalte plio-quaternaire du Maroc central (Vallée de l'Oued Boulahmail)

Figure 9 : Vues générales sur les terrains de la couverture poste-paléozoïque de la Meseta.

1-2.5 Le domaine rifain

Le domaine rifain, situé au nord du Maroc, fait partie de la chaîne alpine qui s'étend depuis le détroit de Gibraltar jusqu'en Indonésie, passant par l'Europe méridionale et l'Asie. Il se distingue par un relief fortement redressé qui culmine à plus de 2.450 m d'altitude : Jbel Tidirhine. La chaîne rifaine se subdivise en quatre parties : *Le Rif interne*, situé vers la mer Méditerranée, est formé de terrains paléozoïques ultrabasiques (péridotites) et métamorphiques (micaschistes, gneiss, migmatites, etc.) charriés vers le SW et d'une dorsale calcaire constituée de roches massives carbonatées d'âge jurassique. *Le mésorif* est composé d'une succession de nappes de flyschs d'âge méso-cénozoïque. Tandis que le *Rif externe* est formé de matériel marneux d'âge miocène. Enfin, *le Prérif* est constitué par un ensemble de rides calcaréo-marneuses chevauchant le domaine mesetien.

Durant la période du Néogène (-24 à -1,8 Ma), la partie orientale de la chaîne rifaine (régions de Nador et Oujda) fut le siège d'une intense activité volcanique. Celle-ci est l'origine de plusieurs coulées et cônes volcaniques (ex. le stratovolcan de Gourougou : Fig. 10) avec des dépôts de matériaux divers (andésites, basaltes, bentonites, perlites, tufs volcaniques, etc.).



Paysage montagneux du Rif, domaine des flyschs (sur la route R29 entre Kassita et Aknoul)



Terrain volcanique - Cap des Trois Fourches



Stratovolcan de Gourougou - Région de Nador

Figure 10 : Vues générales sur la morphologie et les terrains géologiques du Rif.

Chapitre II : Ressources minérales du Maroc

II-1 Présentation

Grâce à sa position géographique et à son histoire géologique exceptionnelles, le Maroc se distingue par une grande diversité de formations pétrographiques, rappelées brièvement ci-dessous. À ces formations se trouvent associés de nombreux gisements de substances minérales utiles, parmi lesquelles : *les phosphates, les substances métalliques, le charbon, les hydrocarbures, les roches et minéraux industriels et les roches ornementales*. Ce patrimoine minéral national, d'une grande valeur scientifique et économique, constitue un atout majeur pour le pays.

Sur le plan économique, le secteur minier marocain occupe une place prépondérante en tant que source des recettes des exportations du pays. Il représente 21% des exportations totales, emploie plus de 42.500 personnes en 2021 et contribue à hauteur de 10% au produit intérieur brut (PIB) marocain. Ajoutant à cela que le secteur minier constitue un important drain d'investissement et impacte positivement le secteur du transport et l'activité portuaire.

En se basant sur quelques dizaines de références bibliographiques, nous avons préparé une synthèse offrant au lecteur un aperçu succinct et clair sur l'historique de la recherche, le cadre géologique et la diversité des compositions des quatre catégories de substances suivantes : *les phosphates, les substances métalliques, les roches et minéraux industriels et les roches ornementales*.

II-2 Les phosphates

Le sol marocain recèle des réserves considérables de phosphates, représentant près de 85% des réserves mondiales. Selon les statistiques officielles de 2022, la production du Maroc en phosphate a atteint 40 millions de tonnes, soit 16,7 % de la production mondiale (240 millions de tonnes). Cela place le Maroc au deuxième rang des producteurs mondiaux en phosphate, juste après la Chine (85 millions de tonnes).

II-2.1 Rappel historique

Le phosphate fut découvert au Maroc par Abel Brives (1905), puis c'est Louis Gentil (1908) qui apporta plus de précisions sur la nature, la qualité et les réserves des gisements du phosphate marocain. Certains historiens considèrent que cette

découverte du phosphate fut à l'origine de l'accélération du processus de la colonisation du Maroc et de la déclaration du protectorat français en 1912.

Le 7 août 1920, l'état marocain, sous protectorat français, créa l'Office Chérifien des Phosphates (OCP), établissement public doté de l'autonomie financière, et lui confia l'exclusivité de l'exploitation des phosphates au Maroc (l'OCP est devenue le Groupe OCP en 1975 avant d'acquérir le statut de société anonyme, OCP SA, en 2008).

Les travaux d'extraction du phosphate ont démarré en mars 1921 à Boujniba (région de Khouribga) et le premier bateau de phosphate marocain a quitté le port de Casablanca le 23 juillet 1921. Aussi, la mise en exploitation des phosphates fut un tournant historique pour le Maroc ainsi que pour le marché mondial des phosphates.

II-2.2 Pétrographie-minéralogie et géologie des phosphates

Le phosphate correspond à une roche sédimentaire riche en minéraux phosphatés. Il se présente en matériau meuble à légèrement endurci, composé d'un fond sableux à argilo-calcaire riche en éléments phosphatés. Ceux-ci se composent de grains millimétriques amorphes, cryptocristallins (collophanite) ou finement cristallins (apatite, francolite) et de débris d'organismes marins épigénisés (os, dents, écailles de poissons). Le phosphate est une matière naturelle utilisée principalement (à hauteur de 85 %) pour la production des fertilisants. Le reste (soit 15 %) sert pour des usages techniques (aliment pour bétail, détergent, traitement de surface, conservation des aliments, industrie pharmaceutique, etc.).

Les phosphates marocains sont exploités au niveau de quatre grands bassins sédimentaires (Fig. 11) :

1/ Bassin des Oulad Abdoun, dans la région de Khouribga, avec les gisements des Oulad Abdoun, Sidi Daoui, Sidi Chennane.

2/ Bassin des Gantour, dans la région de Youssoufia, avec les centres de Youssoufia et de Benguérir.

3/ Bassin de Maskala, dans la région d'Essaouira avec le gisement de Meskala.

4/ Bassin de Oued Eddahab, dans le Sahara marocain, avec le gisement de Boucraâ.

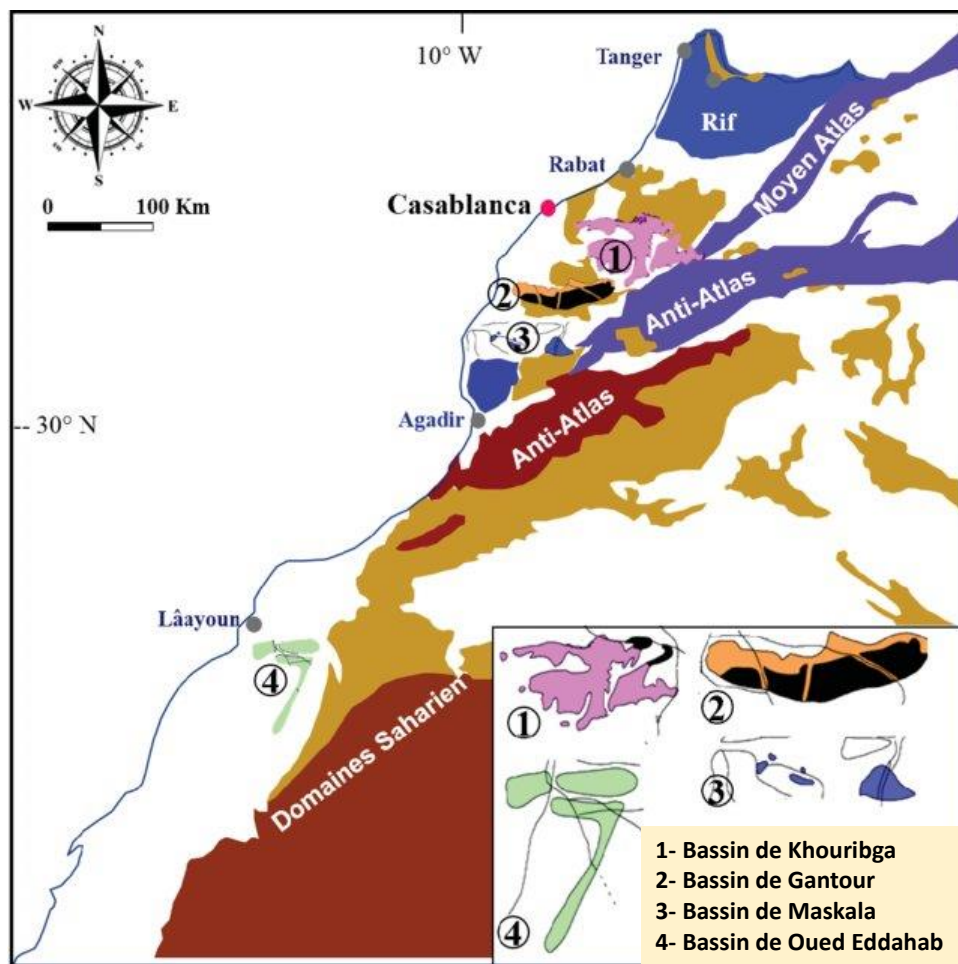


Figure11 : Localisation des quatre grands bassins phosphatiers marocains (d'après Piqué et *al.* 2001, modifié).

Pour comprendre la répartition géographique des phosphates au Maroc, il faut remonter à la paléogéographie de la période du Crétacé supérieur à l'Eocène moyen (-72 à -40 Ma). Durant cette période, une bonne partie de la côte atlantique marocaine était inondée, ce qui favorisa une importante sédimentation phosphatée. D'une manière résumée, cette sédimentation se compose, du bas vers le haut, d'une couche de marno-calcaire et gypse du Cénomanién, d'un niveau de calcaire blanc du Turonien, de passages de marnes et marno-calcaires jaunes du Sénonien, de dépôt phosphaté du Maastrichtien à l'Yprésien et d'une dalle calcaire dolomitique à *Thersitées* (mollusque) du Lutétien (Fig. 12).

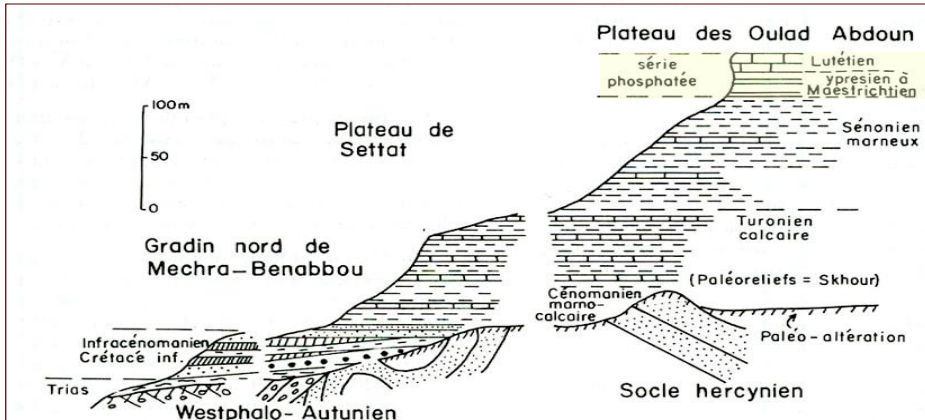


Figure 12 : Coupe géologique montrant la disposition de la couche phosphatée d'Oulad Abdoun au sommet des terrains secondaires (d'après Michard, 1976).

Les phosphatées exploitables se présentent en couches d'épaisseur variable et d'aspect hétérogène (Fig. 13). Elle se composent de matériaux sableux, calcaire et marono-argileux généralement friables et riche en intercalation siliceuses (quartz, silex) ainsi que de fossiles (dents et ossement de poissons).



Figure 13 : A- Exploitation des phosphates près de Khouribga ; B- Site phosphatier de Sidi Chennan (région de Khouribga) ; C- Vue rapprochée d'une série stratifiée de phosphates.

II-2.3 Qualité et réserves des phosphates marocains

Le phosphate marocain se distingue par des teneurs élevées en phosphore (jusqu'à 45% de P_2O_5) et par de faibles taux d'impuretés. D'après le rapport publié en 2023 par l'USGS (United States Geological Survey), les réserves mondiales des roches phosphatées sont évaluées à environ 72 milliards de tonnes, dont 50 milliards se trouvent au Maroc (Fig. 14).



Figure 14 : Réserves de phosphates à l'échelle mondiale (Source : USGC, janvier 2023).

Selon le document de référence de l'OCP SA relatif à l'exercice 2022 et au premier trimestre de 2023, les réserves de phosphates marocains au 31 décembre 2022 se répartissent, entre les quatre bassins, comme suit :

- Bassin de Khouribga : 43%
- Bassin de Gantour : 37%
- Bassin de Meskala : 18%
- Bassin de Boucraâ : 2%

II-2.4 Valorisation des phosphates marocains et intérêt économique

À partir des années 1970, l'OCP a connu un tournant majeur dans son histoire avec le lancement des programmes ambitieux de valorisation locale des phosphates marocains. Avec le démarrage du complexe Maroc Chimie à Safi, l'OCP a pu passer de la transformation de quelques centaines de milliers de tonnes en 1965 à cinq millions de tonnes en 1981. À compter de 1986 et avec le début de l'exploitation du Complexe de Jorf Lasfar, le potentiel de transformation de phosphate a atteint les dix millions de tonnes.

Actuellement, le groupe OCP, avec ses complexes chimiques de renommée internationale, produit deux catégories de produits phosphatiers :

- **L'acide phosphorique** obtenu par la réaction du phosphate, extrait de la mine et broyé, avec l'acide sulfurique selon un procédé par voie humide. Ce produit entre dans la composition des engrais et est également utilisé dans de nombreux secteurs industriels tels que le traitement de surface des métaux, l'industrie pharmaceutique et de la fermentation, le traitement des eaux usées, les produits de nettoyage, les cosmétiques, les boissons, etc.
- **Les engrais phosphatés** dont le processus de fabrication démarre par l'attaque de la roche phosphatée par de l'acide sulfurique pour produire de l'acide phosphorique. Cela aboutit aux superphosphates, simple ou triple (SSP et TSP), qui sont utilisés directement comme engrais. L'acide phosphorique peut aussi être associé à de l'ammoniaque (source d'azote) ou du potassium pour produire des engrais composés (DAP, MAP, NPK). Le Groupe OCP produit également des engrais spécialisés, enrichis en soufre (NPS) ou en carbonate de calcium (DCP/MCP).

Grâce à ses produits phosphatiers de très haute qualité, l'OCP joue un rôle de leader sur le marché international, tout en répondant aux besoins de l'industrie locale de transformation. Selon les statistiques du CRU (Commodities Research Unit), le commerce mondial des roches phosphatées, de l'acide phosphorique et des engrais phosphatés s'est élevé à 27 millions de tonnes de P_2O_5 en 2022. Le Maroc en détient la plus grande part, avec 25 % de ce marché (Fig. 15).

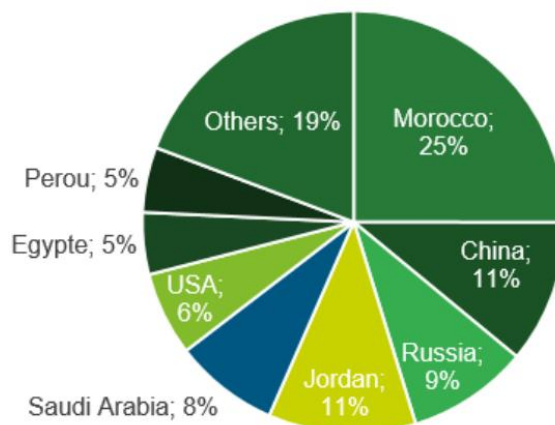


Figure 15 : Part du Maroc dans le commerce international des produits phosphatés.
(source : CRU, 2022)

Les résultats financiers de l'OCP SA pour l'exercice 2023, publiés en mars 2024, indiquent un chiffre d'affaires de 91.277 millions de dirhams et une marge brute de 50.534 millions de dirhams. Ces chiffres mettent en évidence le rôle capital de l'activité de l'OCP dans le soutien de l'économie nationale.

II-2.5 Intérêt paléontologique du phosphate marocain

Outre leur importance économique, les phosphates marocains présentent également un intérêt paléontologique de renommée internationale en raison de leur richesse en fossiles d'animaux marins et de mammifères. Depuis les premiers travaux de recherches paléontologiques menés sur le site phosphatier de Khouribga par Arambourg (1935), de nombreux ossements de poissons, de dinosaures et de mammifères ont été découverts, faisant le bonheur des paléontologues et des collectionneurs de fossiles (Fig. 16).



Figure 16 : Mâchoire avec dents de *Mosasaurus beaugei* du Crétacé supérieur (Maastrichtien) trouvé dans le bassin phosphatier de Khouribga (Oulad Abdoune).
(photos prise au Musée de la mine de Khouribga en 2018)

Parmi les célèbres fossiles d'organismes marins découverts dans le phosphate marocain, on peut citer :

- les *stéichthyens* (super-classe des poissons à squelette osseux) ;
- les *sélaciens* ; (sous-classe des chondrichthyés qui regroupe les requins et les raies) ;
- les *crocodiliens* (ordre des reptiles aquatiques apparus sous leur forme actuelle vers le milieu du Jurassique) ;
- les *chéloniens* (ordre de reptiles à carapace), etc.

L'une des plus curieuses découvertes, relativement récentes, fut le squelette presque entier de "*Zarafasaura Oceanis*" (Fig. 17). Il s'agit d'un plésiosaure, reptile marin de l'époque du Crétacé supérieur, découvert au Maroc en 2004 dans la région de

Khouribga, au sein des formations phosphatées datant du Maastrichtien (entre -72 et -66 Ma). Cet animal est caractérisé par son long cou, ses nageoires robustes et sa tête relativement petite. Cette espèce fait partie de la famille des *Elasmosauridae*, connue pour ses membres adaptés à la nage et son mode de vie entièrement marin.



Figure 17 : Photo du squelette de *Zarafasaura oceanis*.
(Musée de la direction de la Géologie au Ministère de la Transition Énergétique et du Développement durable)

Quant aux fossiles de mammifères, ils ont été découverts plus tardivement, à partir de 1996, dans les carrières de Grand Daoui à Oulad Abdoun et sont essentiellement d'âge éocène inférieur (-56 à -34 Ma). Parmi ces fossiles de mammifères, on cite à titre d'exemple : le "*Phosphatherium escuilliei*" (Fig. 18) et l'"*Eritherium azzouzoroum*" considérés comme les plus vieux ancêtres de l'éléphant.

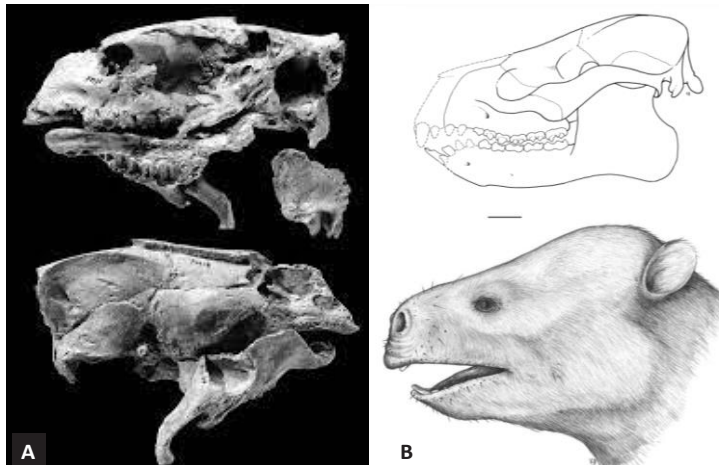


Figure 18 : Crâne et denture supérieure de *Phosphatherium escuilliei* (A) et reconstitution de la tête du mammifère (d'après Gheerbrant et al. 2005).

Il est important de noter que le traitement des phosphates marocains génère des rejets considérables de matériaux siliceux considérés comme stériles, sous forme de blocs de quartz et de nodules de silex. Ces derniers, aux formes spectaculaires, correspondent pétrographiquement à des accidents siliceux, fréquemment rencontrés dans les formations calcaires, qui sont connus et commercialisés sous l'appellation de « pierres de fée » (Fig. 19).



Figure 19 : Aspect des rognons de silex « pierre de fée » rencontrés dans les phosphates marocains.

II-3 Les substances métalliques

Lorsqu'on parle de substances métalliques, on entend les métaux tels que l'or, l'argent, le cuivre, le plomb et le zinc, etc. toutefois, ces métaux se rencontrent rarement dans la nature à l'état pur (sous forme d'éléments natifs). Souvent, ils se trouvent combinés à d'autres éléments chimiques sous forme de minerais, qui peuvent être des oxydes (par exemple, la cassitérite : SnO_2 ; la wolframite : WO_4), des sulfures (par exemple, la galène : PbS ; la sphalérite : ZnS), etc. Une fois extraits de la mine à l'état brut, ces minerais subissent une première phase de préconcentration, suivie de diverses phases de traitements métallurgiques et minéralurgiques pour éliminer les éléments chimiques indésirables et récupérer le métal pur.

II-3.1 Historique de la recherche et de l'exploitation minière au Maroc

Les nombreuses traces d'exploitation minière anciennes, telles que les grottes, les marmites de fusion et les scories, encore visibles dans les régions de Tighza ou Jbel Aouam (près de Mrirt), d'Imiter (près de Tinghir), de Tazalaght (près de Taфраout), de Tagount (près de Rissani), etc., témoignent d'une longue tradition minière au

Maroc. L'étude bien documentée de Adidi (2016) sur *les mines et les villes minières marocaines* offre de précieuses informations sur des millénaires d'exploitation de mines marocaines d'argent, de plomb, de cuivre, de fer... Selon cette étude, déjà les récits anciens de l'époque romaine indiquent des traces d'exploitation de mines de fer au niveau de Jbel Lhadid (près d'Essaouira) et de plomb autour de Sidi Rahhou, Jbel Mahsour et de Sidi Boubkere dans la région d'Oujda. Par ailleurs, divers auteurs arabes ont rapporté dans leurs écrits des descriptions de mines exploitées à travers le pays. Al Bakri (XI^e siècle) cite dans son ouvrage « *Description de l'Afrique septentrionale* » une mine de cuivre à Tnine Oudadene, qui se trouve à deux journées de Sijilmassa sur la route de Ouarzazate et qui correspondrait à l'actuelle mine de cuivre de Blaïda. Le même auteur décrit également l'existence deux mines d'argent près de Igli et de Tamdout dans l'Anti-Atlas occidental. Al Idrissi, cite en 1134, un autre gisement de cuivre exploité sur la route allant de Fès à Aghmate et qui se trouve près de l'actuel ville de Béni Mellal. Al Wazzane (dit Léon l'Africain) apporte au XVI^e siècle des précisions sur un certain nombre de mines éparpillées sur le territoire marocain : mines d'or à Taïjant et d'argent à Ilalene (près de Taroudant) ; mine de plomb et de fer de Maâden-Aouame ou Fazaz (région de Mrirt) ; mine de cuivre d'Oufrane (région de Tiznit).

Selon ces historiens et chroniqueurs, la recherche et l'exploitation des mines furent parmi les activités économiques les plus pratiquées par la population marocaine. Le savoir-faire minier marocain, notamment dans le travail du cuivre et la fabrication de l'acier, fut transmis à l'Europe, en particulier à travers l'Espagne musulmane et le sud de la France. On peut en déduire que les anciennes dynasties marocaines, notamment les Idrissides, les Almoravides, les Almohades et les Saadiens, accordaient une grande importance à l'activité minière. Cela leur permettait non seulement de consolider l'économie du pays et d'intensifier les échanges avec l'étranger, mais aussi de constituer un stock important de métaux, symbole de puissance et de domination de l'État.

Par ailleurs, les métaux constituent une matière première stratégique pour la fabrication d'armements et la frappe de monnaie. Concernant cette dernière activité, il convient de noter que certains ateliers de monnayage ont été établis à proximité des mines d'extraction des métaux utilisés. À titre d'exemple, on peut mentionner le dirham en argent des Idrissides, frappé Toudgha, région où se trouve l'importante mine d'argent d'Imiter. De même, l'un des dirhams carrés en argent des Almohades a été frappé à Zajander, qui correspond à l'actuelle mine d'argent de Zgounder (Fig. 20).



Dirham d'Idriss Premier, année : 174 H (790), 2,67g - Ø : 25 mm, Atelier : Toudgha
(Collection El Amrani)



Dirham Almohade (XI^e-XII^e), anonyme, 1,52 g - Ø : 14 mm, Atelier : Zajander (Zgounder)
(Collection El Amrani)

Figure 20 : Pièces de monnaies en argent des dynasties des Idrissides et des Almohades portant la mention de leur atelier de frappe.

Avec le début du XX^e siècle, les ressources minières du Maroc commencèrent à attiser la convoitise des pays européens, notamment la France et l'Espagne. Avec l'installation du protectorat français en 1912, plusieurs gisements miniers commencèrent à être exploités, le cas des mines : de plomb de Bou Beker-Touissite, de Sidi Lahcene, d'Ahouli et de Mibladene ; de fer d'Aït Amar ; de manganèse d'Imini et de Bou Arfa ; de cobalte de Bou Azzer ; de molybdène et tungstène d'Azegour. Vers le nord et le sud du Maroc, ce sont les Espagnols qui exploitèrent les mines de fer de Jbel Ouixane (près de Nador).

Une carte très intéressante a été publiée par Moussa Saadi (1975) sur les anciennes mines du Maroc depuis la préhistoire jusqu'au XIX^e siècle (Fig. 21). Ladite carte apporte de précieuses informations historiques sur : 1/ les principales substances métalliques et autres qui furent exploitées à l'époque ; 2/ les noms anciens des localités minières (certains noms n'existent plus actuellement) ; 3/ les principaux centres de traitement métallurgique et de frappes de monnaie et ; 4/ les lieux et direction d'exportation des produits miniers marocains.

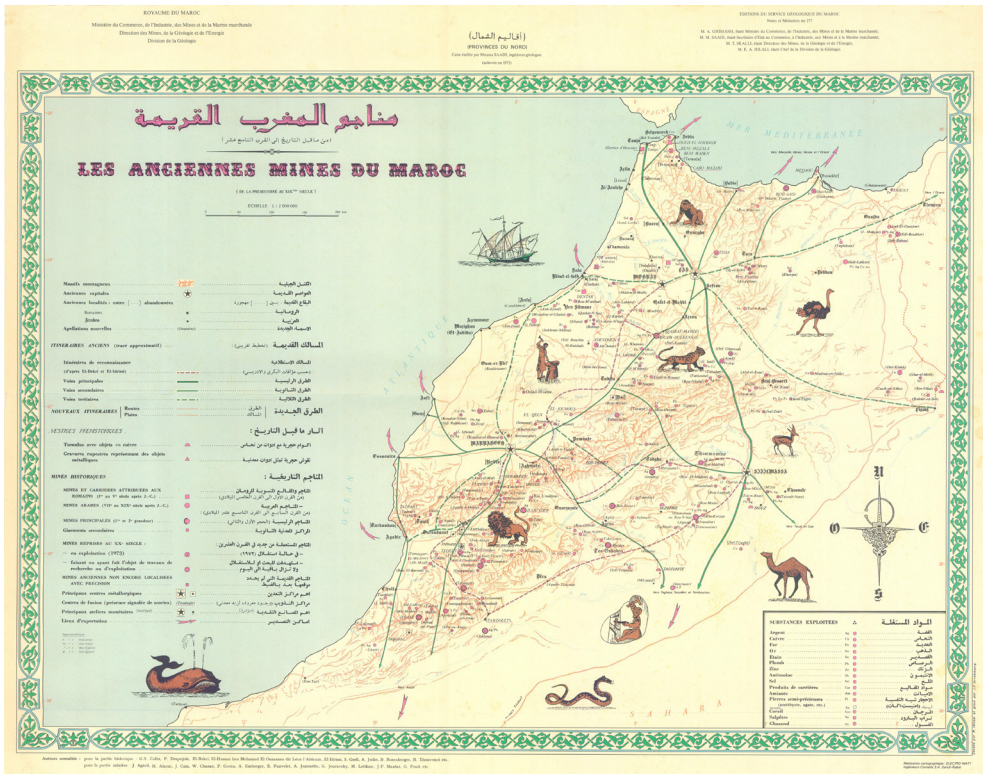


Figure 21 : Carte au 1/2.000.000 des anciennes mines des Provinces Nord du Maroc allant de la préhistoire au XIX^e siècle (*Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, N°277, 1975).

Le secteur minier marocain a connu un développement notable dès le début du XIX^e siècle, suite à sa transformation industrielle. Cette transformation a été initiée par l'État marocain durant le protectorat français (1912-1956), avec la création du Bureau de Recherches et de Participations Minières (BRPM), de l'office chérifien du phosphate et la Société Chérifienne des Pétroles (SCP). Le soutien de l'État au secteur minier s'est poursuivi après l'indépendance en 1956, avec la fondation de l'École Nationale de l'Industrie Minière (ENIM) en 1972 et du Ministère de l'Énergie et des Mines en 1977.

Le BRPM, à travers ses filiales, a contribué de manière substantielle à la découverte et au développement des mines marocaines. En 1996, le groupe ONA a créé son holding minier, MANAGEM, qui est devenu un leader dans la recherche et le traitement des minerais marocains. Le lancement du plan de développement minier (1995-1997) a permis la libéralisation du secteur minier marocain, le rendant ainsi

plus attractif pour les investissements privés nationaux et étrangers. Par la suite, le Plan National de Cartographie Géologique (PNCG-1997) a été mis en place pour renforcer la connaissance géologique du sous-sol marocain et mettre en valeur ses ressources minérales.

En 2005, l'Office National des Hydrocarbures et des Mines (ONHYM) a été créé par la fusion du Bureau de Recherches et de Participations Minières (BRPM) et de l'Office National de Recherche et d'Exploitations Pétrolières (ONAREP), afin de soutenir davantage l'intense activité minière marocaine. En outre, une nouvelle stratégie de développement intitulée « Plan Maroc Mines » a été établie par l'État marocain, pour la période de 2021-2030, dans le but de dynamiser l'ensemble de la chaîne de valeur de l'activité minière, incluant la recherche, l'exploitation et la valorisation du minerai.

II-3.2 Répartition spatiale des minéralisations

Les gisements et indices miniers au Maroc présentent une vaste répartition spatiale et se regroupent par zones géographiques appelées provinces métallogéniques. Ces provinces sont étroitement liées aux grands événements géodynamiques qui ont marqué la géologie du Maroc, sommairement décrite précédemment.

Les nombreux travaux cartographiques et géologiques, réalisés durant plusieurs décennies, ont abouti à l'élaboration d'une carte des provinces métallogéniques superposable à celle des grands traits de la géologie du Maroc (Fig. 22). Cette carte permet de distinguer cinq grandes provinces métallogéniques, se caractérisant, chacune, par la nature et le type de leur minéralisation, ainsi que par leur aire de distribution : Province des métaux précieux et cuivre (Or, Ag + Cu) ; Province à nickel, cobalt avec présence de métaux précieux, chrome et terres rares ; Province polymétallique de type amas sulfurés (VMS), sédimentaires exhalatifs (SEDEX) et filoniens ; Province polymétallique à plomb, zinc et cuivre et ; Province à minéralisation Plomb-zinc de type Mississippi Vally (MVT).

Il est important de noter que, dans les différentes provinces métallogéniques, les facteurs responsables de la concentration des minéralisations, appelés métallotectes, résultent de l'interaction complexe de divers processus géologiques survenus au cours des cycles orogéniques successifs (archéenne, éburnéenne, panafricaine, hercynienne et alpine).

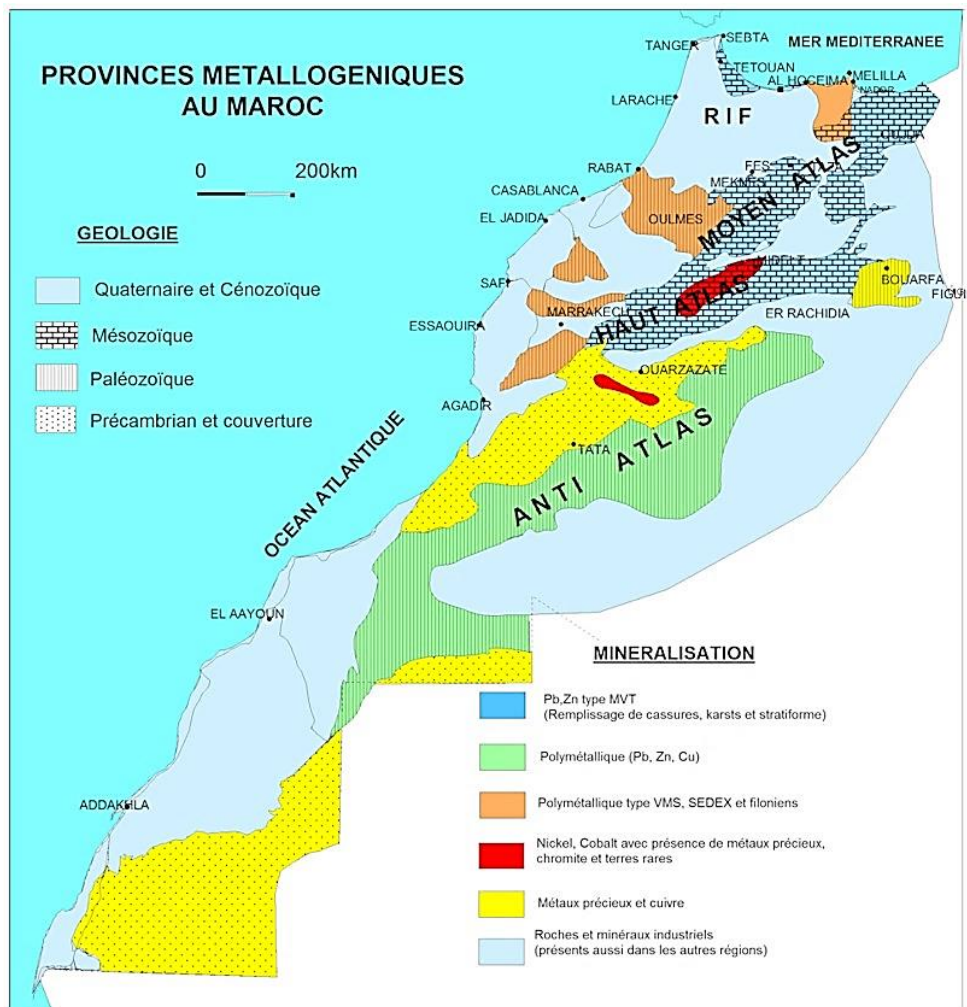


Figure 22 : Carte des provinces métallogéniques du Maroc.
(source : Rapport de l'ONHYM, 2017)

Parmi les cinq domaines structuraux du Maroc, celui de l'Anti-Atlas, avec ses différentes boutonnières précambriennes (paléo et néoprotérozoïques) directement attachées au Craton ouest-africain (WAC), abrite le plus grand nombre de gisements et d'indice de minéralisations très diverses (Fig. 23). En effet, les plus importants gisements, actuellement en activité, d'or, d'argent, de cobalt, de cuivre... se trouvent dans l'Anti-Atlas. Ce qui fait de ce domaine le principal réservoir de métaux du Maroc.

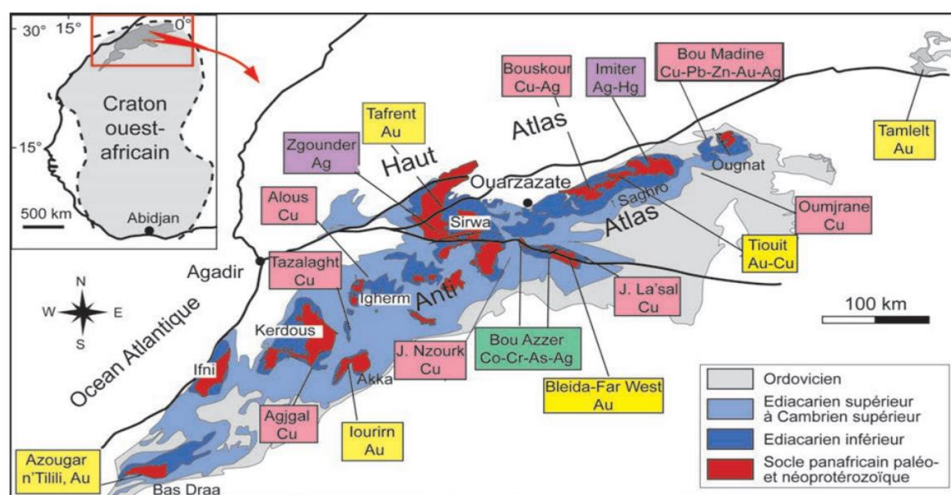


Figure 23 : Localisation des principales mines du domaine de l'Anti-Atlas.
(d'après Gasquet et al. 2008).

II-3.4 Principales mines du Maroc

Les travaux de Azza (2000 ; 2008) et de Mouttaqi et al. (2011) présentent un inventaire détaillé des mines marocaines. La localisation de ces mines est illustrée sur la carte de la figure 24, établie par Abarro et al. (1998). Dans ce qui suit, nous nous appuierons sur ces références pour rappeler brièvement cet inventaire, tout en mettant en évidence les caractéristiques majeures des plus importantes d'entre elles. Des informations détaillées sur l'histoire, les compositions minérales et métalliques, la genèse, la production, les réserves, etc., de ces mines peuvent être trouvées dans le volume n° 9 des nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc, intitulé "Les principales mines du Maroc" (Mouttaqi et al., 2011).

Dans cet inventaire des mines marocaines, seules les substances métalliques (minerais) sont prises en compte. Les autres substances, telles que le charbon, les phosphates, la fluorine et la barytine, souvent classées avec les mines, sont traitées séparément. Le charbon, tout comme les hydrocarbures, de nature organique, n'a pas été abordé dans ce document. Les phosphates ont fait l'objet d'un chapitre distinct, tandis que la barytine et la fluorine seront groupées dans la catégorie des roches et minéraux industriels.

Dix groupes de gisements métalliques peuvent être distingués au Maroc :

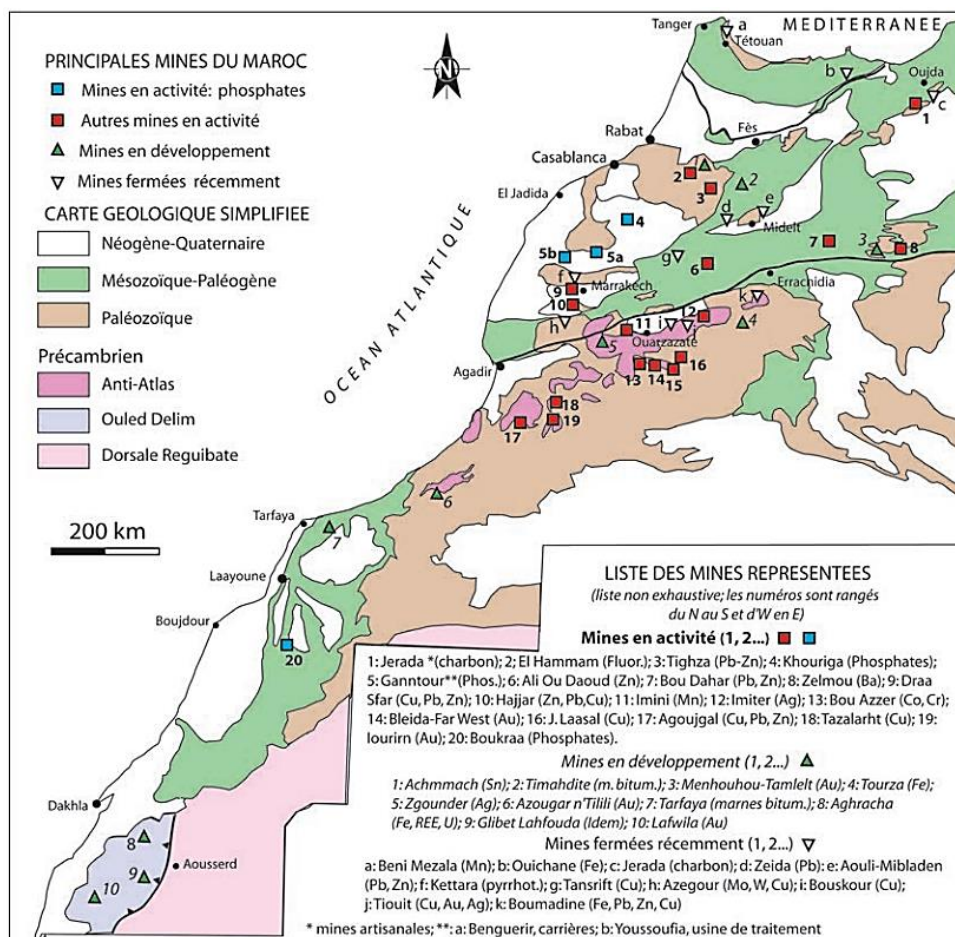


Figure 24 : Localisation des principales mines du Maroc, selon leur situation (en activité, en développement, fermées), d'après Abarro et al. (1998), Azza (2000) et Mouttaqi et al. (2011)

1/ Les gisements d'argent. La mine d'argent d'Imiter, située dans l'Anti-Atlas oriental près de Tinghir (Fig. 25-A), mérite une mention spéciale ; elle a contribué à la richesse du Maroc depuis la préhistoire jusqu'à nos jours et constitue un cas de gisement, unique au monde, où l'argent est extrait en tant que métal principal. En 2023, la production de cette mine, exploitée par le groupe Managem, a atteint 111 tonnes d'argent métal. La mine de Zgounder, située dans l'Anti-Atlas central, au sein du massif de Siroua (Fig. 25-B), correspond également à une très riche et ancienne mine d'argent, dont l'exploitation remonte à l'époque des Almohades (XI^e siècle). Durant sa longue période d'activité, entre 1956 et 1992, elle a produit environ 500.000 tonnes de minerai avec une teneur moyenne de 330 g/T d'argent. Reprise en

2011 par la société minière canadienne Aya Gold & Silver Inc., sa production s'est élevée en 2023 à environ 60 tonnes d'argent. De plus amples informations sur le contexte géologique, les associations minérales et métalliques, ainsi que les conditions de formation des mines d'Imiter et de Zgounder sont fournies dans les articles de synthèse de Gaouzi et *al.* (2011) et Essaraj & Michard (2011).



Figure 25 : Panoramas des deux principales mines d'argent du Maroc : Imiter (A) et Zgounder (B).

Par ailleurs, il importe de mentionner l'existence de la petite mine d'argent de Roc Blanc, située dans les Jebilet centrales, à 20 km au nord de Marrakech. Connue depuis 1925, elle n'a été exploitée que pendant une courte période, entre 1985 et 1990. Toutefois, ce gisement reste potentiellement intéressant en raison de ses réserves, estimées par le BRPM en 1981, à 191 550 tonnes de tout-venant avec une teneur de 635 g/t d'argent, 0,5 % de plomb et 0,74 % de zinc.

2/ Les gisements d'antimoine. La mine de Tourtit, située à environ 15 km au nord-ouest de la ville de Mrirt, dans le Maroc central, est actuellement abandonnée

(Fig. 26). Elle a été très active entre les années 1940 et 1970, permettant la production de plusieurs milliers de tonnes d'antimoine avec des quantités secondaires de plomb et de zinc.



Figure 26 : Vue d'ensemble de l'environnement de l'ancienne mine d'antimoine de Tourtite, Maroc central.

D'autres gîtes d'antimoine sont connus à Aberki et Tirhassaline (près de Khénifra) ainsi qu'à Beni Mezala et Fahama (Rif interne, près de Fnideq) et à Boujaada dans (massif de Tazekka, Moyen Atlas).

3/ Les gisements de cuivre. Outre les gisements plombo-zincifères, contenant de faibles teneurs en cuivre, il existe des gisements à cuivre dominant. C'est le cas de : Bleïda (près de Zagora) ; Oumjrane-Bou Nahas (Anti-Atlas oriental, au SE d'Alnif) ; Tazalarht (Anti-Atlas occidental, à l'est de Tafraout) ; Bouskour (Jbel Saghro, Anti-Atlas oriental, à l'est de Ouarzazate) ; Tansrift (Atlas d'Azilal, près de Ouauizeght) ; Ifri N'Jenjar (Massif ancien du Haut Atlas occidental, près de Imi n'Tanout).



Mine de cuivre de Bleida (Bou Azzer)



Mine de cuivre de Bouskour (Jbel Saghro)

Figure 27 : Environnements géologiques des mines de cuivre de Bleïda et Bouskour.

La mine de cuivre de Bleïda, qui fait la renommée minière du district de Bou Azzer, a été exploitée depuis le Moyen Âge (Fig. 27). Des vestiges de travaux miniers, tels que des tranchées, des scories et des fours de fusion, subsistent encore aujourd'hui dans le village minier abandonné de Guelb Tassawt, à l'est de Bleïda. L'exploitation moderne du cuivre de la mine de Bleïda a commencé en 1962, mais s'est interrompue de 1968 à 1970. Les travaux de développement minier entrepris à partir de 1971 ont permis de mettre en évidence d'importantes réserves, justifiant la reprise de l'exploitation de 1980 à 1997, année où la mine a fermé définitivement en raison de l'épuisement de ses réserves de cuivre rentables. La mine de Bleïda a été particulièrement riche en cuivre, notamment entre ses deux sites : le site Nord, le plus riche, avec des réserves estimées à 1,8 million de tonnes de minerai à 9,3 % de Cu, et le site Sud, dont la minéralisation est évaluée à 700.000 tonnes de tout-venant à 3 % de Cu. La note de synthèse de Maacha et *al.* (2011a) fournit des informations supplémentaires sur cette mine de cuivre de Bleïda.

Concernant le gîte cuprifère de Bouskour (Fig. 27), son histoire minière remonte à 1942 avec les premiers travaux d'exploration menés par la Société minière de Djebel Saghro (SMDS). Ce n'est que plus tard, en 1955, grâce à la fédération des efforts de la Société Minière de Bouskour (SMB), du BRPM et de l'ONA, que la mine a pu reprendre son exploitation en 1958 avec une production dépassant les 10.000 tonnes de métal Cu par an. En 1977, la mine a fermé suite à l'effondrement des cours des métaux sur le marché international. Les travaux d'exploration entrepris en 2008 par Reminex, filiale de Managem, ont permis de mettre en évidence l'existence d'un potentiel très intéressant d'environ 53 millions de tonnes de minerai à 0,8 % de cuivre et 9 g/t d'argent. À ce jour, le gisement est toujours en phase d'étude de faisabilité et pourrait potentiellement figurer parmi les plus grands gisements cuprifères d'Afrique du Nord (Maacha et *al.*, 2011b).

4/ Les gisements de cobalt-nickel. La mine de Bou Azzer à arséniure de cobalt (Anti Atlas central, près de Ouarzazate), liée aux roches ultrabasiques du complexe ophiolitique de la région de Taznakht, est le seul gisement exploitable (Fig. 28). L'arséniure de cobalt (érythrine) de Bou Azzer était autrefois exploité par la population locale pour ses propriétés toxiques, notamment comme insecticide et raticide. Cependant, l'exploitation industrielle du cobalt, du nickel et de l'arséniure dans ce district de Bou Azzer ne commença qu'en 1934. Après diverses phases de recherches, d'interruptions et de reprises, l'exploitation fut relancée de manière continue à partir de 1987 par la Compagnie de Tifnoute Tirhanimine (CTT), une filiale de l'ONA. Celle-ci a alors entrepris la production de cathodes de cobalt, de

dérivés du cobalt, d'arsenic, de nickel, ainsi que d'or en lingots. Actuellement, la CTT dispose d'une capacité de production annuelle de 2.500 tonnes de métal de cobalt, 10.000 tonnes d'arsenic, 300 tonnes de métal de nickel et 250 kg d'or. Des informations supplémentaires sur la géologie, les associations minérales et métalliques, ainsi que les conditions de formation de la mine de Co-Ni de Bou Azzer sont disponibles dans la note de synthèse de Maacha et *al.* (2011c).



Figure 28 : Vue sur la mine de Bou Azzer montrant les haldes d'exploitation du cobalt.

À noter enfin que d'autres indices intéressants de nickel sont connus dans le Rif interne, en liaison avec les péridotites du massif de Béni-Bousera.

5/ Les gisements d'étain-tungstène-molybdène. Parmi les plus intéressantes mines de ce groupe, on cite : Azgour à scheelite-molybdénite-chalcopryrite (Haut Atlas occidental, près d'Amizmiz) ; El Karit à cassitérite, (Massif Central, près d'Oulmès) ; Achmmach à cassitérite (Massif Central, près de Meknès).

La mine d'Azegour (Fig. 29) mérite une mention spéciale en tant que seul gisement marocain de molybdénite (MoS_2) et de scheelite (CaWO_4) (Permingeat, 1957 ; El Amrani El Hassani, 1984). Elle se distingue également comme l'une des plus anciennes mines du Maroc, son exploitation ayant débuté en 1920. Dans un premier temps, entre 1930 et 1946, la mine a été exploitée principalement pour la molybdénite, avant que la chalcopryrite et la scheelite ne soient découvertes et extraites à leur tour. En raison de l'épuisement des gisements, la mine a dû fermer en 1971. Durant sa période d'activité, la mine d'Azegour a produit un total de 900 000 tonnes de minerai, avec une teneur moyenne de 1,4 à 2,8 % en cuivre, 0,2 à 0,7 % en molybdène et 0,35 % en tungstène (Ibouh et *al.*, 2011).



Figure 29 : Cadre géologique de l'ancienne mine abandonnée d'Azegour à scheelite, molybdénite et chalcopryrite.

6/ Les gisements de fer. Plusieurs mines de fer, sous forme d'oxydes ou de sulfures, existent au Maroc. Parmi les plus importantes, on cite celle de Ouixane (Massif de Beni Bou Ifrou, Rif oriental, près de Nador), de Tachilla à fer oolitique (Anti-Atlas occidental, entre Inezgane et Tiznit), d'Aït Ammar à fer oolitique (Massif Central, près de Oued Zem), de Kettara, de Draa Sfar et de Hajjar à sulfure polymétallique (Jebilet, région de Marrakech).

Parmi ces différentes mines de fer, celle de Ouixane (également appelée Ouichane) reste, de nos jours, potentiellement intéressante (Fig. 30).



Cheminées des fourneaux de traitement du minerai de fer



Broyeur du minerai de fer

Figure 30 : Vestiges de l'ancienne mine de fer d'Ouixane (région de Nador, Rif oriental).

Le district minier ferrugineux de Ouixane, prospecté dès le début du XX^e siècle (1905-1907), a commencé à être exploité en 1914 par la Compagnie espagnole du

Rif (CEMR). Entre 1915 et 1951, l'ensemble des gisements, notamment ceux de Ouixane, Axara-Imnassen, et Bokoya-Setolazar, a produit environ 24 millions de tonnes de minerai de fer, dont 19 millions de tonnes d'oxyde de fer et 5 millions de tonnes de sulfure de fer (pyrite). À partir de 1967, c'est la société marocaine SEFFERIF qui a pris en charge l'exploitation des gisements de Ouixane, jusqu'à leur fermeture en 1976. Les réserves potentielles en fer du district de Ouixane restent importantes, s'élevant selon certaines sources à 46 millions de tonnes, avec des teneurs en fer variant entre 40 % et 60. La note de synthèse de Bouabdellah et *al.* (2011) fournit des informations plus détaillées sur la géologie et la métallogénie de cette mine de fer à Ouixane.

7/ Les gisements de manganèse. La mine de manganèse la plus importante du Maroc est celle d'Imini (Anti-Atlas central, près de Ouarzazate - Fig. 31). Son exploitation a démarré en 1928, atteignant un pic de production de 90.000 tonnes par an durant les années 1970, avant de se réduire à 48.000 tonnes par an en 2006. La seconde mine de manganèse, également importante, est celle de Bou Arfa (Haut Atlas oriental) qui a fermé en 1967 après 37 d'exploitation et une production totale d'environ 2 millions de tonnes de manganèse.

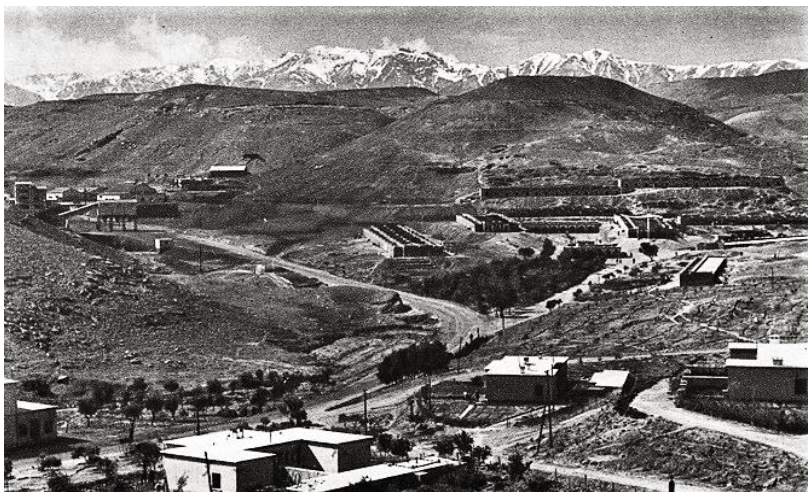


Figure 31. Photo ancienne montrant le centre de Bou Tazoult (mine de manganèse d'Imini) au début de son exploitation, vers 1939.

8/ Les gisements d'or. Le sous-sol marocain n'offre pas de grandes mines d'or, mais seulement quelques indices et petits gisements exploitables. La mine de Tiouit, située dans le massif de Saghro dans l'Anti-Atlas oriental, est considérée comme la

plus ancienne mine d'or du Maroc. Son activité, entre 1950 et 1992, a permis une production cumulée d'environ 8,5 tonnes d'or, ainsi qu'une production notable d'argent et de cuivre, avec respectivement 69 tonnes et 455,6 tonnes (Alansari et *al.* 2011). La mine d'Iourirn (boutonnière de Tagragra d'Akka dans l'Anti-Atlas occidental, au sud de Tafraout) est actuellement la plus importante mine d'or du Maroc. Exploitée depuis 2001 par la société Akka Gold Mining, filiale du groupe Managem, ses réserves sont estimées à plus d'un million de tonnes avec une teneur moyenne d'environ 10 g/t (Benbrahim et *al.*, 2011). La mine de Bleïda-Far West, découverte plus récemment juste au NNW de la mine de cuivre de Bleïda (Anti-Atlas central), assure depuis 2008 une production d'environ 14,18 kg d'or par an (El Ghorfi et *al.*, 2011).

Il est important de souligner qu'en plus des quantités d'or et d'argent extraites des mines aurifères et argentifères mentionnées ci-dessus, des quantités supplémentaires sont également produites en tant que sous-produits dans les mines de plomb-zinc, de cuivre et les gisements polymétalliques.

9/ Les gisements de plomb-zinc. Ils sont les plus abondants en nombre de gisements métalliques connus et se trouvent dans différents contextes géodynamiques. Les plus importantes mines de ce groupe sont : Touissit-Bou Beker (région d'Oujda) ; Tighza-Jbel Aouam (près de Mrirt) ; Aouli-Mibladen-Zaida (région de Midelt) ; Hajar (région de Marrakech).

La mine de Tighza-Jbel Aouam (Fig. 32) a été exploitée pour sa minéralisation en plomb et argent depuis le IX^e siècle, notamment par la dynastie des Idrissides. Son exploitation industrielle a commencé dans les années 1930. Entre 1957 et 1993, la Société minière de Djebel Aouam (SMA) a permis l'extraction d'environ 6 millions de tonnes de minerai avec une teneur moyenne de 8 % en plomb argentifère. Fermée en 1993, la mine de Tighza-Jbel Aouam a été reprise en 1996 par la Compagnie minière de Touissit (CMT). Actuellement, la mine est en pleine activité avec une production annuelle moyenne de 320.000 tonnes de tout-venant, incluant 27.000 tonnes de concentré de plomb-argent et 5.000 tonnes de concentré de zinc. Les réserves estimées en 2007 sont de l'ordre de 4,8 millions de tonnes avec une teneur de 10 % en plomb et 160 g/t d'argent (Boushaba & Michard, 2011).



Figure 32 : A- Vue d'ensemble de l'environnement de la mine de Pb-Zn de Tighza, au niveau du filon Signal. B- Détail du filon Signal, riche en galène (PbS) et sphalérite (ZnS), liées par une matrice carbonatée.

La mine d'Aouli-Mibladen, dont l'exploitation a commencé en 1939, a été arrêtée en 1983. Son activité a atteint son apogée dans les années 1970, avec une production moyenne de 300.000 tonnes par an de concentré de plomb à 3 %. Entre 1973 et 1983, la mine a produit 2,9 millions de tonnes de concentré de plomb. La mine de Zaida, appartenant au même district minier d'Aouli-Mibladen, a été découverte en 1958 et mise en exploitation en 1972. De cette date jusqu'à 1985, elle a fourni environ 16 millions de tonnes de tout-venant à 3,6 % de plomb, ce qui a permis de produire 630.373 tonnes de concentré de plomb. Les réserves résiduelles de cette mine sont estimées à environ 8 millions de tonnes (Raddi et *al.*, 2011).

La mine de Touissit a été fermée en 2002, après avoir atteint son apogée durant les années 1980 et 1990. Sa production totale cumulée s'est élevée à 70 millions de tonnes de minerai, avec des teneurs de 4 % en Pb, 3,5 % en Zn, < 1 % en Cu et 120 g/t Ag (Boabdellah, 2011). À signaler que malgré la fermeture de la mine, l'exploitation se poursuit dans le district de Touissit sous forme d'activités artisanales, produisant de manière irrégulière entre 50 et 100 tonnes de concentré de pb par an, obtenues par scheidage (concassage au marteau et tri manuel).

10/ Les gisements polymétalliques. Un certain nombre de mines marocaines renferment des minerais exploitables pour plusieurs métaux, principalement des métaux de bases (Cu, Pb, Zn...) ainsi que des sous-produits de métaux précieux (Au et Ag). Parmi, ces mines, on cite plus particulièrement la mine de Boumadine (massif de l'Ougnat, Anti-Atlas oriental, près de Tinejdad), la mine de Draa Sfar (Jebilet

central, près de Marrakech) et la mine de Hajjar (massif de Guemassa, à 30 km au SSE de Marrakech).

La mine polymétallique de Hajjar revêt une importance minière capitale. Il s'agit du plus important gisement de Pb-Zn-Cu au Maroc et l'un des dix plus grands gisements de zinc au monde. Les premières recherches minières sur le massif de Guemassa remontent à 1939. En 1968, la société géophysique GEOTERREX a détecté une forte anomalie magnétique sur le site de Hajjar. Ce n'est qu'en 1984 que les travaux miniers ont révélé que cette anomalie était liée à l'existence d'une immense masse de sulfures polymétalliques située à 120 m de profondeur. Ainsi, les travaux de recherche et l'exploitation de ce gisement sulfuré de Hajjar ont été confiés à la Compagnie Minière des Guemassa (CMG) en 1988, et se poursuivent activement jusqu'à aujourd'hui. En 1998, la mine de Hajjar, exploitée à un rythme de 4.500 tonnes par jour, représentait une réserve économique estimée à 20 millions de tonnes, avec des teneurs moyennes de 8 % en zinc, de 2 à 3 % en plomb, de 0,4 à 0,6 % en cuivre, et de 60 g/t en argent. Des informations plus détaillées sur la géologie et la métallogénie du gisement d'amas sulfuré de Hajjar sont disponibles dans la note de synthèse de Hibti et *al.* (2011).

11/ Indices de métaux stratégiques. Certains métaux tels que le cobalt, le nickel, le lithium, les terres rares (lanthanides), etc. sont considérés comme stratégiques en raison de leurs nombreuses applications dans les domaines de la nouvelle technologie. En effet, ils constituent une matière minérale première indispensable pour la fabrication des éoliennes, des aimants permanents, des batteries rechargeables, des écrans plats, etc.

Des projets de recherche ambitieux ont été lancés, ces dernières années, en partenariat entre l'ONHYM, Managem et d'autres entreprises minières nationales et étrangères pour découvrir des concentrations exploitables en ces métaux stratégiques. Les premières phases de recherche minière, incluant la prospection géophysique et les sondages carottés, ont révélé des indices prometteurs de niobium, terres rares, vanadium, or, fer, uranium dans la région de Dakhla-Oued Eddahab, au niveau de la province d'Aousserd (Fig. 33). Des travaux de développement sont en cours sur divers prospects tels que Twihinate, Lamlaga, Glibat Lafhouda et autres (Qalbi et *al.*, 2011 ; Zerdane et *al.*, 2011).

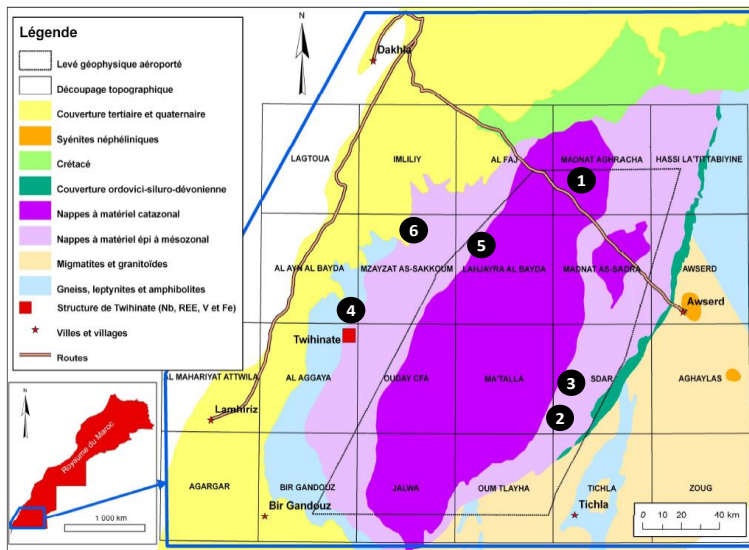


Figure 33 : Localisation des principaux indices de métaux stratégiques (U, Ta, Th, TR) de la région de Dakhla-Oued Eddahab (D'après ONHYM, 2002, modifié).

(1 : Arghacha, 2 : Glibat Lafhouda ; 3 : Drag et IFarnan ; 4 : Twihinat ; 5 : Lahjayra ; 6 : Lamlaga)

Par ailleurs, un immense espoir repose sur les vastes réserves de tellure, de cobalt et de terres rares associées au Mont Tropic, situé dans les eaux territoriales au large des provinces sahariennes marocaines. Ce paléovolcan, découvert par des scientifiques britanniques en 2016, se trouve à environ 1.000 mètres de profondeur sous la surface de l'océan. Selon des estimations préliminaires, les concentrations en tellure y sont 50.000 fois supérieures à celles de n'importe quel gisement terrestre. Quant au cobalt, les réserves du Mont Tropic sont estimées à six millions de tonnes en 2023, soit une réserve équivalente à celle de la République démocratique du Congo. À titre indicatif, de telles réserves pourraient permettre la production d'environ 240 millions de véhicules électriques (Hamdaoui, 2021).

II-3.5 Production minière et intérêt économique et scientifique

Selon de nombreux experts, le sous-sol marocain renferme une grande variété métaux tels que le cuivre, l'argent, le plomb, le zinc, le manganèse, le cobalt, le nickel..., considérés comme stratégiques pour les industries du futur, notamment celles des batteries électriques, des éoliennes, des panneaux photovoltaïques, etc.

Un rapport bien documenté, publié par Médias24 le 14 mai 2024, présente des chiffre-clés sur la production marocaine de quelques substances métalliques en 2023 (Tableau I).

Tableau I : Production en métaux des mines marocaines actuellement en activité.
(source : [www. Medias24.com/2024/04/14/ressources-minières...du-Maroc/](http://www.Medias24.com/2024/04/14/ressources-minières...du-Maroc/))

<i>Métaux</i>	<i>Mines</i>	<i>Opérateurs miniers</i>	<i>Production (2023)</i>
<i>Cobalt</i>	Bou Azzer	Managem	798 T/an
<i>Argent</i>	Imiter	Managem	111 T/an
	Zgounder	Aya Gold & Silver	6 T/an
<i>Cuivre</i>	Bleida, Bouskour et Oumejrane	Managem	55.639 T/an
<i>Plomb-Zinc</i>	Draa Sfar et Koudiat Aïcha	Managem	5.291 T/an (Pb) ; 24.443 T/an (Zn)
	Tighza-J. Aouam	CMT	11.970 T/an (Pb)
	Tafilat-Figuig	CADETAF	7.900 T/an (Pb) ; 23.000 T/an (Zn)
<i>Manganèse</i>	Imini	SACEM	45.000 T/an

En comparant la production indiquée dans le tableau ci-dessous avec les potentialités minières du Maroc, il apparaît clairement que le secteur minier marocain requiert encore un effort considérable de développement. En effet, c'est dans cette optique que la nouvelle stratégie « Plan Maroc Mines » 2021-2030 a été lancée, visant à mieux explorer et valoriser le patrimoine minier du pays. Cette initiative est fondamentale pour que le Maroc puisse sécuriser son approvisionnement en matières premières métalliques, notamment celles de nature stratégique, afin de soutenir son développement industriel et relever le défi de la transition énergétique.

Outre l'intérêt économique lié à l'exploitation et à la commercialisation des substances métalliques, les mines marocaines, ouvertes au début du XX^e siècle, ont permis la découverte de nouvelles espèces minérales, contribuant ainsi de manière significative au développement de la minéralogie et de la cristallographie à l'échelle mondiale. Parmi les exemples notables, on peut citer la marokite de la mine de manganèse de Tachgalt, l'agardite de la mine de cuivre de Bouskour et l'imétérite de la mine d'argent d'Imiter. Ces espèces minérales découvertes pour la première fois au Maroc seront décrites en détail dans la seconde partie de ce document. À noter également que de très belles pièces de minéraux, telles que la vanadinite, l'anglésite, la wulfénite, l'azurite, ont été extraites des anciennes mines de Mibladen, Aouli, Touissit, Bou Azzer, entre autres. Ces magnifiques minéraux marocains, qu'on trouve exposés dans la majorité des musées de minéralogie du monde entier, sont très convoités par les collectionneurs de minéraux, tant marocains qu'étrangers.

II-4 Les roches et minéraux industriels (géomatériaux)

Les substances minérales non-métalliques, recherchées pour leur utilisation dans divers domaines industriels (construction, céramique, verrerie, électronique, chimie, pharmaceutique, cosmétiques) sont désignées sous l'appellation de roches et minéraux industriels (RMI) ou tout simplement géomatériaux (GM). Une large gamme de GM se trouve répartie sur l'ensemble du territoire national avec des concentrations (réserves) très variables d'une substance à l'autre (Fig. 34).

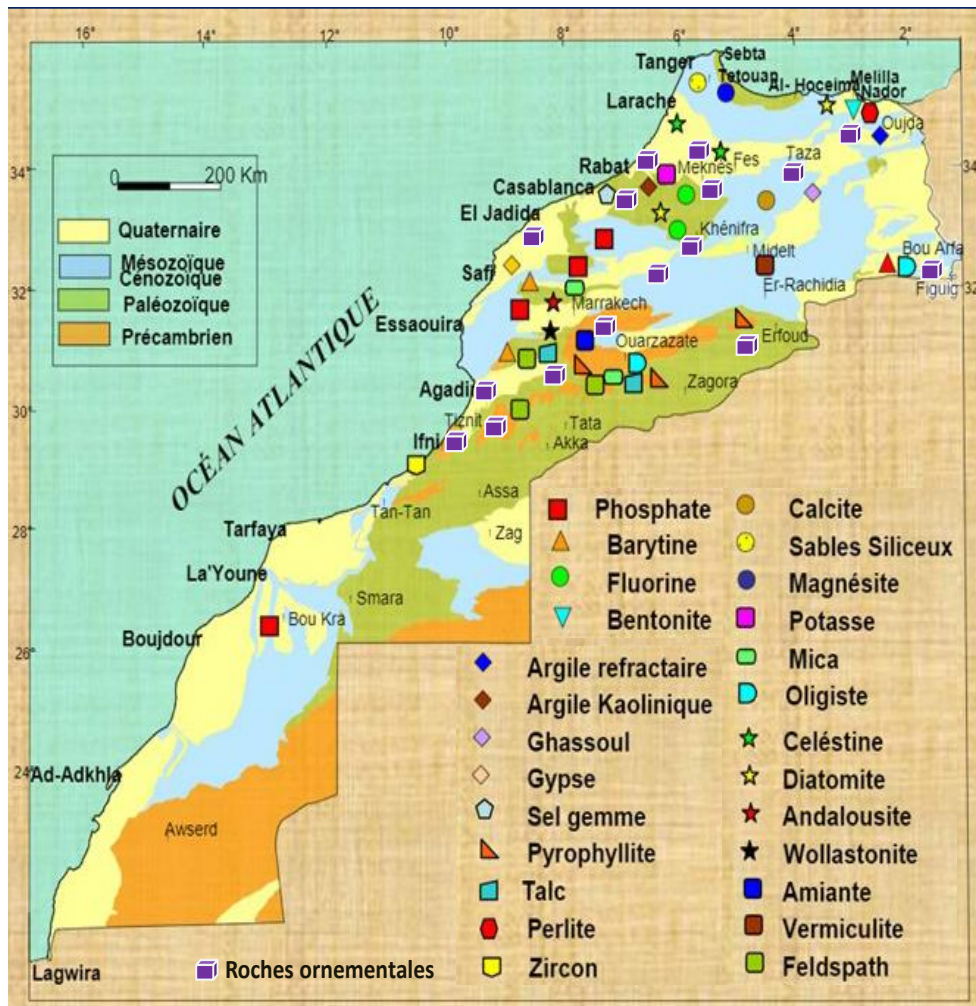


Figure 34 : Carte de répartition des gisements et indices des principaux géomatériaux et roches ornementales du Maroc (d'après l'ONHYM, modifiée).

II-4.1 Rappel historique

Bien conscient du grand intérêt que présentent les géomatériaux pour le développement industriel et socio-économique, les responsables du secteur minier marocain (ancien Ministère de l'Énergie et des Mines et le BRPM) avaient lancé, dès l'aube de l'indépendance, des programmes ambitieux de recherche des GM à l'échelle de tout le pays. C'est ainsi que de nombreuses études ont été menées pour inventorier l'ensemble des gisements et indices de GM déjà connus et des travaux de prospections ont été entrepris afin d'en découvrir de nouvelles substances à grande concentration. Par ailleurs, des essais, à l'échelle du laboratoire et dans des unités pilotes, ont été réalisés dans le but de déterminer les caractéristiques technologiques des principaux GM marocains (*i.e.* andalousite, barytine, bentonite, calcite, gypse, ghassoul, magnésite, perlite, pouzzolane, sable siliceux, etc.) et de les valoriser dans divers domaines industriels (céramique, réfractaire, composites, chimie, peinture, pharmacie, cosmétique, etc.). Une synthèse très intéressante sur le contexte géologique, les caractéristiques technologiques et les domaines d'utilisation des principaux GM a été publiée en 1981 dans le numéro 49 de la revue « *Mines Géologie et Énergie* » (Numéro spécial consacré aux roches et minéraux industriels du Maroc). Un autre article intéressant, cosigné par Barodi et *al.* (1998), paru dans la revue « *Chronique de la Recherche Minière* » (N° 531-532), a pu actualiser l'état de connaissance sur les géomatériaux marocains. Récemment, de nombreux travaux ont été publiés sur la caractérisation et la valorisation de ces géomatériaux marocains dans divers domaines industriels (Achiou et *al.*, 2016 ; El Amrani & Sadik, 2016 ; Elomari et *al.*, 2016 ; El Haddar et *al.*, 2018 ; El Ouddari et *al.*, 2018 ; Raji et *al.*, 2019 ; El Amrani et *al.*, 2020 ; Harrati et *al.*, 2020 ; 2022 ; Aziz et *al.*, 2020 ; 2021 ; Bellil et *al.*, 2021., El Amrani, 2021 ; Akram et *al.*, 2023). L'ensemble de ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un projet sur la valorisation des géomatériaux marocains financé par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques (AH2ST).

II-4.2 Contexte géologique et caractéristiques technologiques des GM

Parmi les principaux géomatériaux (GM) répertoriés sur la carte de la figure 29, et mis à part les phosphates et les minerais (présentés précédemment), seules une dizaine de substances constituent de véritables gisements de grand intérêt économique pour le Maroc. Nous nous limiterons ci-dessous à présenter un aperçu du contexte géologique, des caractéristiques technologiques, ainsi que des réserves des gisements les plus significatifs de ces GM.

1- Andalousite

L'andalousite, minéral de la famille des silicates d'alumine (SiAl_2O_5), se trouve fréquemment dans les schistes de l'auréole du métamorphisme de contact des massifs granitiques. Elle est utilisée dans l'industrie de la céramique comme source d'alumine et surtout pour ses propriétés réfractaires. L'ajout de faibles quantités d'andalousite au mélange argileux permet la fabrication de briques réfractaires utilisées pour le revêtement des parois des cheminées et des hauts fourneaux.

Des concentrations significatives d'andalousite, sous forme de cristaux de taille millimétrique à centimétrique, se trouvent autour des plutons de granites hercyniens de la Meseta marocaine occidentale (Ment, Oulmès, Zaër, Rehamna, Jbilet, etc.). À l'état actuel des connaissances, les schistes à andalousite de la région de Sidi Bou Othmane (SBO), située à 30 km au nord de Marrakech et génétiquement associés au granite des Jbilet, représentent la principale source potentielle d'andalousite au Maroc (Fig. 35). Les études scientifiques et essais technologiques menés par l'ONHYM (anciennement BRPM) sur le site de SBO indiquent une réserve probable d'environ 40 millions de tonnes d'andalousite.



Figure 35 : Cristaux centimétriques d'andalousite provenant des schistes de la localité de Sidi Bou Othmane.

2- Argile

Plusieurs variétés d'argiles de différents âges géologiques et compositions minéralogiques sont connues au Maroc. Les argiles rouges du Trias et du Crétacé inférieur de nature essentiellement illitique existent en très grande quantité dans différentes régions du Maroc. Ces argiles rouges fournissent la matière première pour l'industrie de la terre cuite et de la céramique (briques, tuiles, carreaux, etc.).

Par contre, les gisements d'argiles kaoliniques et réfractaires, à valeur marchande plus intéressante et qui ont des applications plus valorisantes, restent très rares ; les deux concentrations les plus intéressantes sont celles d'Oulmès (Maroc central) et de Genfouda (Maroc oriental).

- *L'argile kaolinique d'Oulmès (Maroc central)*. Le pluton granitique hercynien d'Oulmès, intrusif dans le socle paléozoïque du Maroc central, présente des niveaux altérés et friables sur ses bordures nord et est. Le feldspath potassique de la roche granitique, présent dans ces niveaux, est transformé en kaolinite par altération météorique. (Fig. 36). Ainsi, les bandes métriques de granite altéré fournissent une arène composée de grains grossiers de quartz, de feldspaths, de paillettes de micas (blanc et noir) et d'une proportion de l'ordre 10 à 20% de kaolinite sous forme de poudre blanche très fine et pulvérulente. Les travaux menés sur la partie nord du pluton granitique d'Oulmès ont révélé une réserve potentielle en kaolinite de l'ordre de 3 millions de tonnes.



Figure 36 : Carrière d'exploitation du granite kaolinisé en bordure du pluton d'Oulmès.

- *L'argile réfractaire de Genfouda (Meseta orientale)*. À une trentaine de kilomètres au sud-ouest d'Oujda se trouve le gisement d'argile réfractaire de Genfouda, qui se distingue par sa haute teneur en alumine (30 à 50 % Al_2O_3). La géologie de la région montre un socle paléozoïque (viséen) et de nature volcanique surmonté par des terrains mésozoïques composés d'argiles rouges, de basaltes et de dolomies. L'argile réfractaire de Genfouda provient de l'altération hydrothermale du niveau des dacites de la série volcanique viséenne. La zone exploitable des argiles montre une extension plurimétrique (250 x 180 m) avec une épaisseur pouvant

atteindre les 90 m et se compose d'argile massive blanche à grisâtre avec des passées latérales de silice vacuolaire et de dacite argilisée. L'estimation des réserves potentielles du gisement de Guenfouda, sur la base d'échantillonnage des tranchées et des sondages, fait état de 1,6 million de tonnes d'argile à 32 - 40 % d'alumine.

3- Barytine

Selon l'USGS, la production mondiale de barytine a atteint 8,5 millions de tonnes en 2023 (Fig. 37). Le Maroc occupe la troisième place parmi les pays producteurs de ce matériau, avec 1,2 Mt (14,1 %), derrière l'Inde, avec 2,7 Mt (31,8 %), et la Chine, avec 1,9 Mt (22,4 %).

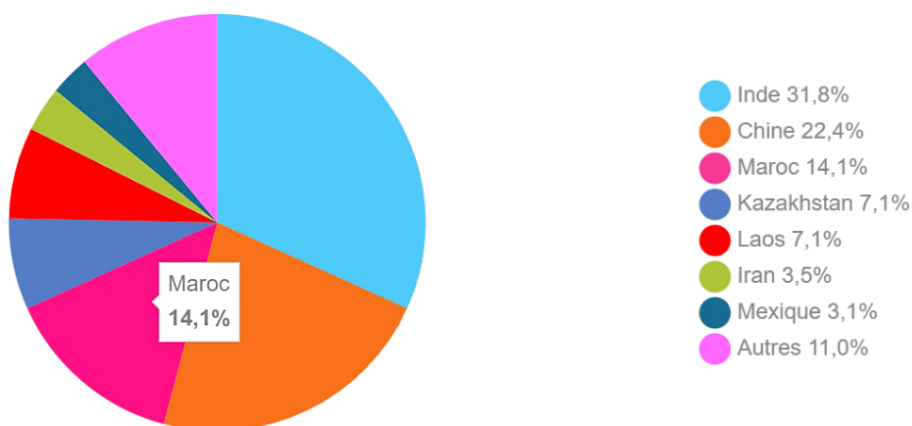


Figure 37 : Production du Maroc en barytine comparée aux autres pays producteurs dans le monde. (source : USGS, 2024)

Sachant l'importance de cette substance minérale et sa demande sans cesse croissante par diverses industries (forage pétrolier, plasturgie, papier et carton, et vernis), le Maroc cherche à doubler sa production grâce à des investissements importants avec ses principaux acteurs tels que La Compagnie Marocaine des Barytes et Ado Barite Morocco, filiale du groupe turc Ado Mining.

La barytine a été découverte et exploitée au Maroc depuis 1949. Actuellement, plus de 35 occurrences de barytine sont répertoriées à travers le territoire national. Cependant, les sites d'extraction les plus réputés pour la quantité et la qualité de leur barytine sont ceux de Zelmou (région de Bouârfa, dans l'est du Maroc), de Jbel Irhoud (au nord de Chichaoua, dans les Jbilet occidentales), et de Seksaoua (situé à mi-chemin entre Marrakech et Agadir, dans le Haut Atlas occidental).

Dans la majorité des cas, les gisements de barytine sont de type filonien, stratiforme et karstique. La barytine s'y trouve fréquemment associée à d'autres minéraux tels que la calcite, le quartz, la malachite, la chalcopryrite et les oxydes de fer, entre autres. Concernant la genèse des gisements de barytine, on admet qu'ils résultent de l'interaction entre divers fluides d'origines magmatiques, métamorphiques et météoriques riches en baryum et en sulfates, dans un contexte tectonique à régime compressif, à la fin du cycle hercynien, suivi d'un régime distensif au début de l'ère secondaire, du Trias au Jurassique inférieur (Azza *et al.*, 1985 ; Mouttaqi, 1987 ; Azza, 1998, Wafik *et al.*, 2011).

Les réserves potentielles de barytine au Maroc demeurent difficiles à estimer précisément en raison de la grande dispersion des gisements et de la variabilité de leur teneur en BaSO_4 . À titre indicatif, les réserves des trois principaux gisements mentionnés plus haut (Zelmou, Jbel Irhoud et Seksaoua) sont estimées respectivement à 5, 7 et 3 millions de tonnes, avec des teneurs en BaSO_4 variant entre 50 % et 90 %.

4- Bentonite

Les principaux gisements et indices de bentonites au Maroc se trouvent au pied des volcans néogènes de Gourougou, de Tidiennit et d'Amjar, situés à une quinzaine de kilomètres à l'ouest de Nador (Hernandez, 1983, El Bakkali *et al.*, 1998 ; Aalaoul *et al.* 2011). Les carrières de bentonites les plus importantes sont celles de Trebia, Providencia, Bouhaoua et Afrah (Fig. 38).



Figure 38 : Carrière d'extraction de la bentonite de Jbel Tidiennit (région de Nador).

La bentonite de Nador, exploitée depuis 1944 et dont une bonne partie est destinée à l'exportation, affleure sous forme d'amas ou de strates subhorizontales avec une épaisseur variable de quelques centimètres à 20 mètres. Les couches de bentonites exploitables, caractérisées par leur homogénéité et leur pureté, se trouvent généralement au-dessus du niveau marneux du Miocène ainsi qu'en intercalation dans la série volcano-sédimentaire du Néogène-Pliocène (-23 à -2,5 Ma). L'ensemble de la série se compose essentiellement de coulées de trachy-andésites, de tufs rhyolitiques, de sable cinéritique et de calcaires fossilifères.

Quant à son mode de formation et sa composition, la bentonite de Nador provient de l'altération en milieu aqueux des produits volcaniques du Néogène. Elle est majoritairement composée de minéraux argileux, principalement de montmorillonite sodique et calcique, accompagnée d'une faible proportion de minéraux tels que le quartz, les feldspaths, le gypse et la biotite. Cette bentonite se distingue par une grande capacité d'échange cationique (CEC de 39 à 87 ml/100g) et un indice de gonflement élevé pouvant atteindre 17 ml/2g. Grâce à ces propriétés technologiques, la bentonite de Nador est largement utilisée dans des domaines variés : en génie civil pour le terrassement et l'étanchéité, comme boue de forage, ainsi que comme matière première dans la fabrication de divers produits cosmétiques.

Les estimations des réserves potentielles réalisées par l'ONHYM, à partir d'observations de terrain et de quelques sondages dans six gisements, font état d'environ 4 millions de tonnes. Ces réserves pourraient être bien plus importantes si l'on prend en compte l'ensemble des gisements et indices connus dans la région.

5- Fluorite

Le Maroc occupe la dixième place parmi les pays producteurs de fluorine (ou spath fluor, CaF_2), avec une production annuelle moyenne de 100.000 tonnes (USGS, 2000). Cela représente environ 1,4 % de la production mondiale, estimée à 7 millions de tonnes. Les deux plus grands producteurs mondiaux de fluorine sont la Chine, avec 4 millions de tonnes, et le Mexique, avec 1,2 million de tonnes. La fluorine est une source importante de fluor (F), un élément chimique largement utilisé dans de nombreuses industries chimiques (notamment pour les dérivés minéraux et organiques). Elle sert également de fondant en métallurgie (le mot "fluorine" vient du latin "fluere", signifiant fondre ou couler) et joue un rôle essentiel dans les industries du verre et de la céramique.

Trois grandes qualités de fluorine sont distinguées selon leur teneur en CaF_2 :

- *La fluorine de qualité « chimique »* (ou *acidspar* en anglais), avec 97 % de CaF_2 , est utilisée sous forme de poudre pour la production d'acide fluorhydrique (HF). Cet acide joue un rôle clé dans l'industrie chimique, notamment en fluorochimie, où il sert à fabriquer des liquides réfrigérants fluorés ainsi que des matériaux pour la plasturgie.
- *La fluorine de qualité « métallurgique »* (ou *metspar* en anglais), avec une teneur en CaF_2 comprise entre 75 % et 97 %, est principalement destinée à la sidérurgie, notamment pour la production d'aluminium. Elle est utilisée comme fondant, permettant de réduire la température de fusion des métaux et d'améliorer ainsi l'efficacité des procédés métallurgiques.
- *La fluorine de qualité « céramique et verrerie »*, avec une teneur en CaF_2 variant de 94 % à 96 %, est utilisée comme adjuvant dans la fabrication de la céramique et du verre.

Les deux principaux districts de fluorine du Maroc sont ceux d'El Hamma (Massif central) et de Touroug-El Hamda (Anti-Atlas oriental). Le gisement d'El Hamma, situé à 65 km au SW de Meknès, reste le plus intéressante sur le plan économique (Fig. 39). Du point de vue géologique, il se trouve au niveau d'un synclinal viséen supérieur, caractérisé par les formations schisto-gréseuses, conglomératiques et calcitiques.

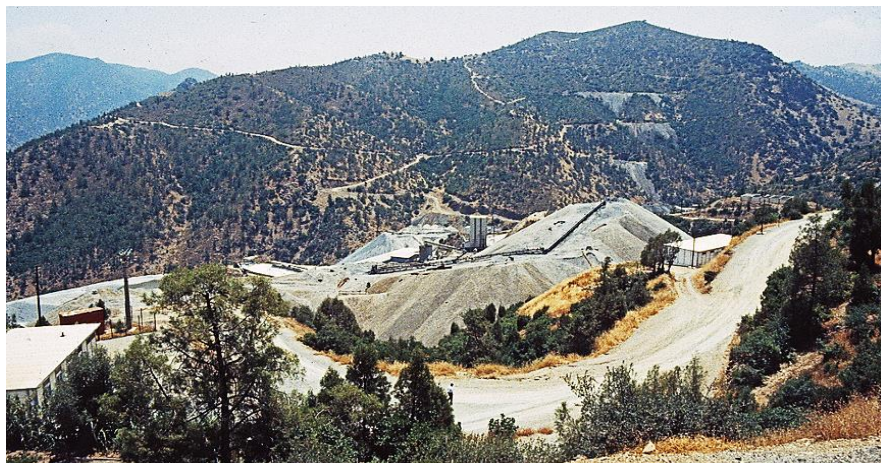


Figure 39 : Environnement de la mine de fluorine d'El Hammam (Région de Khénifra).

La mine d'El Hammam a été découverte lors des premiers travaux géologiques de Barthoux (1923) et Termier (1936). Son exploitation, entre 1951 et 1955 par la société Ugine, a pu produire plus de 3.000 tonnes de concentré de fluorine de qualité « métallurgique ». Depuis 1974, il est exploité par la Société Anonyme d'Entreprises Minières (SAMINE, groupe ONA-Managem). La minéralisation fluorée est de type filonien-hydrothermal et est associée à des roches granitiques cachées ainsi qu'à des filons de quartz minéralisés en étain (Sn) et en tungstène (W). À titre indicatif, depuis 1973, le gisement a fourni environ 10 millions de tonnes de minerai à une teneur moyenne de 40 % de CaF_2 (Chbihi & Gmira, 1998). Les réserves probables du filon principal sont estimées à 1,3 million de tonnes avec une teneur de 36 % de CaF_2 (Boushaba & Qalbi, 2011).

Le deuxième gisement majeur de fluorine, situé à Touroug-El Hamda, se trouve à 45 km à l'est de Tinjdad, dans la province d'Errachidia. Ce gisement a été exploité de manière artisanale depuis longtemps pour sa fluorine et sa barytine. L'exploitation industrielle a débuté en 2003 sous la direction de la Société Nationale de l'Industrie Minérale Marocaine (SNIMM). Il s'agit d'un gîte à fluorine et barytine de type filonien encaissé dans des rhyolites néoprotérozoïques et des grès du Cambrien moyen de l'Ougnat. Les filons, riches en fluorine, s'étendent sur plus d'un kilomètre avec une épaisseur variant de 1,5 à 6 mètres, ce qui laisse envisager des réserves potentiellement importantes.

À noter également l'existence d'autres petits gisements et indices de fluorine dans diverses régions du Maroc : Zrahina (Maroc central), Aouli (Haute Moulouya), Aghbala et Zaouït Sidi Hamza (Haut Atlas).

6- Ghassoul

Le ghassoul est une argile smectique aux propriétés détersives et dégraissantes exceptionnelles. Son exploitation se limite à un seul gisement unique au monde, situé à Tamdafelt (Jbel Ghassoul), près de Missour (Fig. 40). Ce gisement fait partie du domaine de la Moyenne Moulouya, délimité au sud par la bordure chariée du Haut-Atlas et au nord par les plateaux sub-tabulaires du Moyen-Atlas. Le ghassoul, découvert et utilisé depuis des temps immémoriaux comme lessive et shampoing, est aujourd'hui de plus en plus prisé comme base pour de nombreux produits cosmétiques, dermatologiques et pharmaceutiques (masques de soin, formules de gommage, pansements gastriques, etc.).

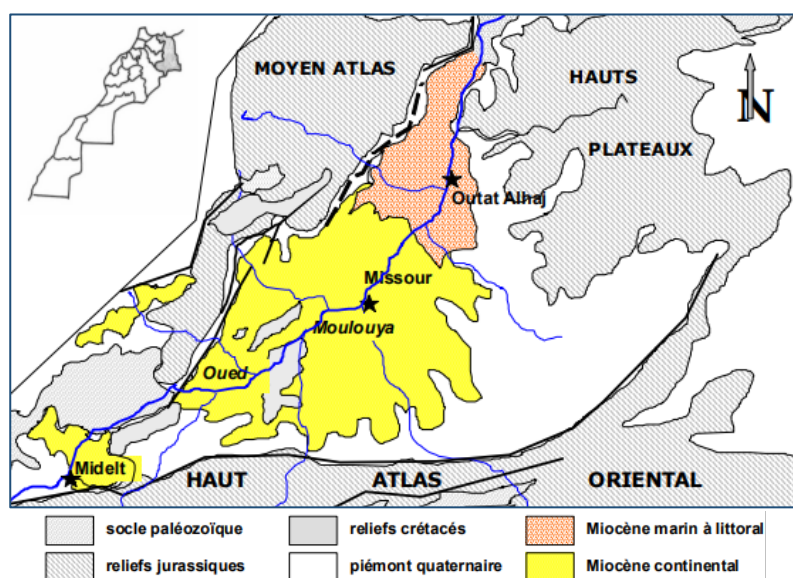


Figure 40 : Esquisse géologique du domaine de la Moulouya, montrant la limite du bassin miocène continental où se trouve le gisement de ghassoul de Tamdafelt.
(d'après Ben Brahim, 2012)

Du point de vue géologique, le ghassoul fait partie de la série sédimentaire du bassin de Missouri, d'âge oligo-pliocène (-28 à -1,8 Ma) et qui se compose principalement de formations argilo-calcaires et gypseuses. Au niveau du Jbel Ghassoul, la série sédimentaire peut être schématiquement subdivisée en quatre termes pétrographiques superposés (Trauth, 1977 ; Düringer et *al.*, 1995) (Fig. 41) :

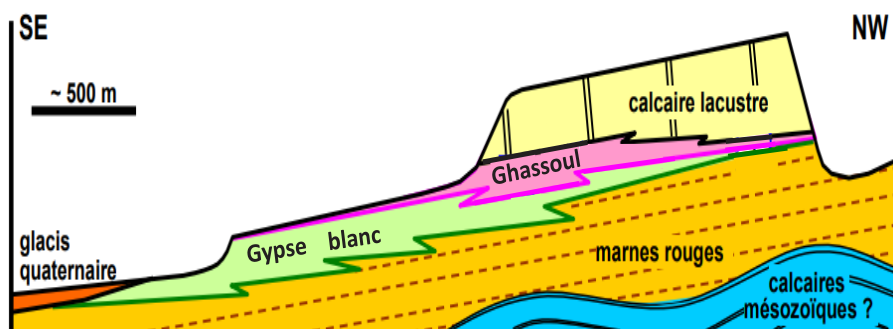


Figure 41 : Coupe schématique montrant la succession des quatre faciès sédimentaires composant le Jbel Ghassoul (d'après Düringer et *al.*, 1995, modifié).

- un ensemble inférieur, constitué de marnes rouges reposant directement sur les calcaires mésozoïques ;
- une série gypseuse blanche à gypse saccharoïde avec quelques passées argileuses renfermant des lits de gypse en fer de lance ;
- une série intermédiaire carbonatée renfermant le ghassoul sous forme de niveaux discontinus d'épaisseur variable, entre 10 et 70 cm, atteignant exceptionnellement 1m ;
- un ensemble supérieur de calcaire lacustre en gros bancs massifs.

En 1999, la production annuelle de ghassoul au Maroc était d'environ 3.300 tonnes, dont la moitié était exportée. Selon des estimations de 1998, les réserves du gisement de ghassoul de Tamdafelt étaient estimées à environ 60.000 tonnes (Barodi et *al.*, 1998).

7- Gypse

De nombreux gisements de gypse, de tailles variées, sont répertoriés à travers le Maroc et se trouvent étroitement liés aux formations argileuses et marneuses d'âge mésozoïque. Parmi eux, le gisement de Safi est le plus important à l'échelle nationale. Datant du Jurassique au Crétacé, il affleure sous forme de collines dénudées d'un blanc éclatant, s'étendant entre Safi et Youssoufia (Fig. 42).



Figure 42 : Vue d'ensemble d'une carrière d'extraction du gypse de la région de Safi.

Sur le terrain, les faciès gypseux apparaissent sous forme de couches et de lentilles s'étendant sur plusieurs kilomètres, avec une épaisseur d'environ 100 mètres. Le gypse de Safi montre trois faciès distincts par leur couleur et leur texture : un faciès gris massif à grain fin, un faciès blanc et grenu, et un faciès rosâtre à nodules de gypse recristallisé.

Les réserves de gypse de Safi sont estimées à environ 10 milliards de tonnes, soit 90 % des réserves nationales. Seule une petite fraction est exportée, tandis que tout le reste est transformé au niveau national pour la production d'acide sulfurique et de plâtre. D'autres gisements, de tailles variées, sont également répertoriés dans plusieurs régions du Maroc, notamment le Rif, le Pré-Rif, la Meseta, l'Atlas et le Sahara.

8- Perlite

La perlite, roche volcanique à composition rhyolitique (acide), affleure en grande quantité sur les flancs sud et sud-ouest du cône volcanique de Tidiennit, situé à environ 17 km au sud-ouest de Nador (Fig. 44). Elle se présente sous forme de couches et d'amas à texture vitreuse, souvent fragmentée en petites boules ou perles, d'où elle tire son nom. Les niveaux perlitiques alternent avec divers produits volcaniques (rhyolite, tuf, bentonite, brèche polygénique, etc.), témoignant de l'activité volcanique néogène dans le Rif oriental.

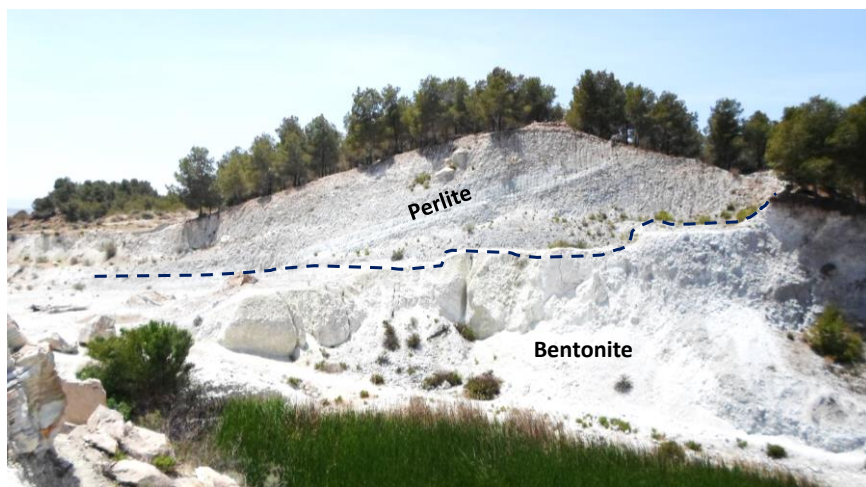


Figure 44 : Grande carrière d'extraction de la perlite et de la bentonite de Tidiennit (Rif oriental).

Le Service géologique du Ministère de l'Énergie et des Mines, ainsi que le BRPM (aujourd'hui ONHYM), ont mené des études approfondies sur la perlite de Jbel Tidiennit, tant sur le plan géologique que technologique. Les analyses révèlent que la perlite expansée de Tidiennit est comparable en qualité à celle importée, affichant une densité entre 40 et 160 kg/m³. Ce matériau présente un potentiel d'utilisation dans divers secteurs industriels, notamment pour l'amendement des sols et la filtration dans l'industrie agroalimentaire. Les estimations faites par le BRPM sur la base d'observations en surface et de sondages carottés font état d'environ 38 millions de tonnes de réserves de perlite au niveau du Jbel Tidiennit.

9- Sable siliceux

Le sol marocain renferme plusieurs gisements de sables siliceux, parmi lesquels celui de Mechraa Hammadi qui se situe à environ 40 km au nord de Taourirt, dans le Rif oriental. Bien que ses réserves soient modestes, ce gisement est remarquable pour la qualité exceptionnelle de son sable, notamment la finesse de ses grains de quartz transparents et par leur très haut degré de pureté (Fig. 45).



Figure 45 : Aspect à l'affleurement du sable siliceux de Mechraa Hammadi (Rif oriental)

Le gisement de sable siliceux le plus important en termes de quantité est celui de Dar Chaoui, situé dans le Rif occidental, entre Larache et Tétouan. Ce gisement est constitué de grès siliceux appartenant à la nappe numidienne, d'âge oligocène-miocène, qui recouvre une partie du Rif central, s'étendant du Loukos jusqu'à

Tanger. Il s'agit d'une épaisse série métrique de grès siliceux, plus ou moins friables, avec des intercalations de niveaux argileux et grésopélitiques aux épaisseurs variables. Les couches de grès siliceux exploitables présentent une granulométrie assez fine, avec une teneur en silice pouvant atteindre 98,80 % et un faible taux de fer, autour de 0,12 %.

Les travaux menés par l'ONHYM ont mis en évidence la possibilité de valoriser les sables de Dar Chaoui en les purifiant pour obtenir une qualité industrielle adaptée à la verrerie, avec une teneur en SiO_2 atteignant 99,5 % et seulement 0,01 % de Fe_2O_3 . Selon les estimations de l'ONHYM, les réserves de ce gisement sont évaluées à 6 millions de tonnes.

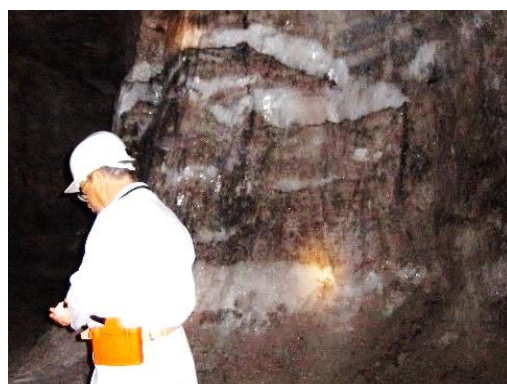
Il est important de noter que d'autres gisements potentiels de sables siliceux existent dans différentes régions du Maroc. Les sites d'Aïn Jemaa et de Toulal, situés près de Meknès, ainsi que la région méridionale autour d'Erfoud, présentent des perspectives prometteuses pour l'exploitation de ce géomatériau.

10- Sel gemme et potasse

De nombreuses concentrations de sel gemme (halite), d'origine sédimentaire évaporitique, se trouvent dans les formations argileuses d'âge triasique qui affleurent dans diverses régions du Maroc, telles que le Haut Atlas, la côte atlantique, le sillon pré-rifain, et le Prérif. Parmi ces gisements, la mine de Mohammedia, exploitée par la Société de Sel de Mohammedia (SSM) depuis 1974, demeure la plus importante à l'échelle nationale (Fig. 46).



Chevalement du puits de la mine de Sel



Niveau d'exploitation de sel de Mohammedia

Figure 46. Mine souterraine d'exploitation de sel de Mohammedia.

D'un point de vue géologique, les formations salifères se trouvent à une profondeur dépassant 400 mètres et présentent une puissance pouvant atteindre 80 mètres. Ces couches font partie de la séquence supérieure triasique, caractéristique des vastes bassins sédimentaires bordant l'Atlantique, notamment ceux de Berrechid, d'El Gara et de Médiouna.

Les niveaux exploitables de sel gemme s'étendent sur 1.500 km² et présentent localement des teneurs en NaCl supérieures à 98 %. La capacité de production de sel à Mohammedia est actuellement d'environ 825.000 tonnes par an, avec un potentiel d'augmentation à plus d'un million de tonnes par an. Les réserves, estimées autour de l'unité de Sidi Larbi (site de la mine), s'élèvent à 3 milliards de tonnes, dont 1,8 milliard de tonnes sont considérées comme des réserves certaines. Plus de la moitié du sel extrait à Mohammedia est destiné à l'électrolyse par la Société Nationale d'Électrolyse et de Pétrochimie (SNEP), tandis que le reste est exporté vers des pays européens pour le déneigement.

Le bassin subsident triasique de Khémisset abrite une autre mine d'importance majeure, exploitant à la fois le sel (NaCl) et la potasse (KCl) (Fig. 47). Découverte dans les années 1930, cette mine est particulièrement intéressante en raison de la présence d'une couche salifère considérable dans son secteur central, située entre 500 et 900 mètres de profondeur. Les réserves estimées s'élèvent à environ 187 millions de tonnes, avec des teneurs en K₂O variant entre 9,5 et 11 %.



Figure 47 : Vue panoramique de la mine de sel gemme et de potasse de Khémisset, encaissée dans des formations argileuses du Trias.

II-5 Les roches ornementales

II-5.1 Définitions

Les roches ornementales correspondent aux variétés de pierres naturelles qui présentent, en plus de leurs performances physico-mécaniques, un aspect esthétique intéressant (couleur, texture, structure) permettant leur utilisation en décoration (revêtement des façades et sculpture). Les marbriers distinguent essentiellement quatre groupes de roches : le marbre, le granit (sans « e »), le travertin et la pierre, puis donnent à chaque variété de ces roches des appellations commerciales, associant leur couleur et leur lieu d'origine. Les géologues emploient une terminologie spécifique pour ces roches, fondée sur des classifications établies et largement reconnues. Cette nomenclature s'applique aux trois grandes familles de roches : magmatiques, sédimentaires et métamorphiques.

L'usage du terme « marbre » pour désigner les roches calcaires marocaines est souvent inexact. En effet, la majorité de ces roches n'a pas subi une recristallisation métamorphique suffisante pour être classée comme marbre au sens géologique du terme. Il serait donc plus approprié de les qualifier de « calcaires marbriers » plutôt que de « marbres ».

II-5.2 Rappel historique

L'exploitation de la pierre marocaine à des fins de construction présente une histoire millénaire, remontant à l'ère préhistorique. Les vestiges archéologiques des sites antiques de Chellah, situé près de Rabat sur la rive gauche du Bou Regreg et de Volubilis, situé dans la région de Meknès près de Moulay Idriss Zerhoun, fournissent des preuves tangibles de l'utilisation systématique des matériaux lithiques locaux par les civilisations romaines dans l'édification de leurs centres urbains.

En effet, au niveau du site de Chellah, on observe l'emploi prédominant de calcaires dolomités dévonien, caractérisés par des teintes grises à rosées, extraits des carrières adjacentes de l'oued Akrech. Le site de Volubilis, quant à lui, présente une diversité lithologique notable, incluant des calcaires lacustres beiges d'âge jurassique et des calcarénites gris-beige datant du Plio-Quaternaire extraites du Jbel Zerhoun, situé à proximité (Figure 48).



Site du Chellah : Vestige de statue et stèle

Site de Volubilis : Arc de triomphe de Caracalla

Figure 48 : Monuments historiques témoignant de l'utilisation des diverses variétés de pierres marocaines par les Romains.

La pierre marocaine a ensuite été largement sollicitée par les différentes dynasties, notamment les Almohades et les Mérinides (XII^e - XV^e siècle), pour la construction de leurs monuments tels que minarets, forteresses, remparts, portails et tombeaux (Fig. 49).



Bab Chellah (Rabat) édifié en biocalcarénite
(pierre de Salé)

La Tour Hassan (Rabat) en pierre de Salé et ses
colonnes en calcaires dévonien d'Akrech

Figure 49 : Utilisation des calcaires dolomitisés et de la calcarénite par les Almohades et les Mérinides pour l'édification de leurs monuments historiques.

Au début du XX^e siècle, l'exploitation de la pierre au Maroc est devenue industrielle grâce à l'introduction de techniques modernes de marbrerie. De nombreuses variétés de roches marocaines ont alors été découvertes et exploitées intensivement. À titre indicatif, en 1965, la production de marbre marocain a atteint 12.000 tonnes. À partir de cette période, le marbre, qui était réservé aux lieux sacrés, aux palais et aux demeures luxueuses, s'est progressivement démocratisé. Aussi, il est devenu un

matériau courant pour la décoration des façades d'établissements publics, d'hôtels, de commerces, de résidences privées, et bien plus encore (Fig. 50).



Ancien siège de Bank Al-Maghrib, décoré en biocalcarénite quaternaire.



Façade en pierre sculptée du Musée Mohammed VI d'Art Moderne et Contemporain.



Bâtiment du CDG, situé à la place Pietri, avec des piliers en granit rose.



Immeuble dans le quartier d'Agdal à façade ornée de pierre de Taza.

Figure 50 : Usage du marbre et du granite pour la décoration des façades de divers établissements publics et privés à Rabat.

Après un net ralentissement de la demande sur les pierres marocaines entre les années 1970 et 1980, la construction de la mosquée Hassan II de Casablanca (1986-1993) a marqué un tournant décisif, relançant l'utilisation de ces matériaux. Ce chantier monumental a nécessité environ 60.000 m³ de roches pour les fondations, tandis que 500.000 m² de pierres ornementales ont été utilisées pour le revêtement des façades, des sols et des colonnes (Fig. 51). La plupart de ces matériaux (marbres gris et rouges, travertin beige, granits gris et roses, serpentinite verte, pierres beige et jaune, etc.) provenaient de diverses régions du Maroc, notamment Agadir, Bejaâd, Ben Guerir, Tafraoute, Taroudant et Ouarzazate.



Figure 51 : La mosquée Hassan II de Casablanca, dont la construction a nécessité l'utilisation massive de diverses variétés de roches ornementales marocaines.

Par la suite, avec le lancement du programme national des 200 000 logements en 1995, la demande pour les pierres de construction marocaines a de nouveau été relancée. Cette dynamique a été renforcée par les mégaprojets d'implantation de villes satellites en 2005 (comme Tamesna et Tamensourt), ainsi que par des projets d'aménagement de grandes métropoles, à l'image du programme de développement de la vallée du Bouregreg, initié en 2006.

II-5.3 Diversité et potentiel des roches ornementales marocaines

L'aperçu géologique présenté précédemment met en lumière la grande diversité pétrographique du sous-sol marocain. De nombreuses variétés de roches, notamment celles à structure massive (calcaire, granite, gabbro...), litée (gneiss, cipolin, serpentinite...) et schisteuse (ardoise, schiste, micaschiste...), peuvent être valorisées comme roches ornementales.

Bien que les roches ornementales soient exploitées à travers l'ensemble du territoire marocain, les variétés les plus prisées, ainsi que les plus grandes carrières exploitées au fil du temps, dont certaines sont encore actives, se situent principalement dans les deux domaines structuraux du Maroc : l'Anti-Atlas et la Meseta occidentale. La section suivante propose un aperçu synthétique du contexte géologique et des caractéristiques distinctives des principales variétés de roches ornementales provenant de ces deux domaines. Cette synthèse repose essentiellement sur quatre documents clés : le Numéro spécial N°45, consacré aux roches ornementales du

Maroc, publié en 1979 dans la revue *Mine, Géologie et Énergie* ; l'article de Perrier sur les gisements de roches ornementales du Maroc, paru en 1995 dans la revue *Le Mausolée* ; la conférence d'El Amrani sur l'apport de la recherche scientifique à la valorisation des pierres dimensionnelles du Maroc, dont le contenu a été publié dans la revue de la *Fondation de la mosquée Hassan II de Casablanca*, dédiée au thème "Marbre et pierres de taille : bilan et perspectives" ; et enfin, le « *Catalogue des pierres naturelles marocaines* », publié en 2019 par le Centre d'Études Techniques des Matériaux de Construction (CETEMCO).

A- Les roches ornementales de l'Anti-Atlas

1/ Granites gris et roses de la région de Tafraoute. Il s'agit d'un granite ancien, attribué à la phase orogénique panafricaine (fin du Précambrien). Il correspond à un vaste pluton granitique circonscrit dans les terrains précambriens de la boutonnière de Kerdous (Anti-Atlas occidental). La roche, aux teintes variant du gris clair au rose, est dure et massive. Elle montre une grande diversité de faciès et se distingue sur le terrain par son altération caractéristique en grandes boules (Fig. 52). Les granites de Tafraoute ont été largement exploités, notamment pour la construction de la mosquée Hassan II à Casablanca, ainsi que pour d'autres infrastructures majeures publiques et privées, telles que des ports et des aéroports.



Figure 52 : Affleurements du granite rose de Tafraoute présentant une fracturation marquée et une altération en boules caractéristiques.

2/ Serpentine bréchique verte de la région de Tiznit. La roche présente une structure bréchique avec un fond vert-clair parsemé de blocs disloqués vert-foncé et

bruns. L'ensemble des éléments est lié par un ciment blanc de nature carbonatée (calcite-dolomite). Il s'agit vraisemblablement d'une ancienne roche verte (gabbro ou péridotite) d'âge précambrien qui a été bréchifiée puis recimentée. La carrière de cette roche, située dans la localité d'Emri (région de Tiznit) a fourni de grands blocs pour la construction des colonnes extérieures de la mosquée Hassan II de Casablanca (Fig. 53). Elle a également produit des plaques de roche polie, utilisées pour orner les façades et les sols de nombreux bâtiments publics et privés.



Figure 53 : Colonnes de la mosquée Hassan II de Casablanca en marbre vert bréchifié (serpentine) du sud du Maroc.

3/ Marbre vert clair à taches et lamines de la région de Taznakht. Une petite carrière de marbre vert clair, parsemé de taches gris-bleu et de lamines noires, se trouve à proximité du douar N'Kob, le long de la route PR108 reliant Tazarine à Agdz. La roche correspondrait soit à un niveau de calcaire dolomitique ou de dolomie, soit à un lambeau de roche basique à ultrabasique d'âge précambrien, ayant subi une transformation métamorphique de type serpentinisation. Le marbre a été extrait d'une barre inclinée, de plusieurs mètres d'épaisseur, encadrée par des niveaux riches en talc. De petits gisements de talc, exploités de manière artisanale dans cette localité de N'Kob, sont connus depuis très longtemps.

4/ Marbre blanc-rosâtre à lamines et stylolites de Lakhssas. A une vingtaine de km au NNW de la ville de Lakhssas, située au sud de Tiznit, affleurent d'épaisses barres de calcaires clairs d'âge cambrien inférieur. De nombreuses carrières sont ouvertes dans ces barres, inclinées d'environ 25° vers l'est, pour extraire un marbre de couleur blanche aux nuances rosées, avec des laminations ondulées et des stylolites. (Fig. 54). Ce marbre de Lakhssas est très apprécié à l'échelle nationale pour ses teintes claires, sa grande résistance mécanique et sa capacité à conserver un poli impeccable sur la durée.



Figure 54 : Carrière d'extraction du marbre blanc-rose de Lakhssas.

5/ Marbre blanc marmorisé d'Imi Imqourn « Blanc d'Agadir ». Sur la route RP109 reliant Biougra à Ida Ougnidif (Province de Chtouka Aït Baha) affleurent des calcaires massifs d'âge cambrien inférieur. Ces calcaires sont découpés en grands blocs pour leur usage dans la construction. Exploités depuis plusieurs années, ils sont commercialisés sous le nom de « Blanc d'Agadir » (Fig. 55). Leur cassure fraîche révèle un beau faciès de calcaires blancs marbrés, riches en stylolites.



Figure 55 : Carrières d'extraction du calcaire blanc marbré et à stylolites d'Imi Imqourn (région de Biougra).

6/ Marbre rouge violacé « Rouge d'Agadir ». Dans deux localités situées autour d'Aït Baha, Touraght et Ifrane de l'Anti-Atlas, affleurent, en intercalation avec des schistes violacés, des bancs de calcaire d'une épaisseur métrique, à teinte rouge-violacé et à structure bariolée (Fig. 56). Il s'agit d'une formation de calcaires récifaux riches en *Archaeocyathus* (métazoaires primitifs constructeurs de récifs) du Cambrien inférieur. Ce calcaire rouge, exploité comme roche marbrière et commercialisée sous le nom du « Rouge d'Agadir ». La roche polie présente une forte hétérogénéité, avec de grandes taches blanches et de nombreuses stylolites. Bien qu'elle puisse tenir un bon poli, elle le perd rapidement lorsqu'elle est utilisée en façades externes, exposées directement aux intempéries.



Figure 56 : Structure hétérogène et aspect bariolé du marbre rouge violacé d'Agadir utilisé pour l'ornementation de façades d'un centre commercial à Rabat

7/ Calcaire fossilifère noir de Tazarine. À quelques kilomètres au sud du village de Tazarine (Province de Zagora), des bancs de calcaires noirs fossilifères émergent au milieu des dunes de sable. Ces calcaires, riches en *Orthocères* datent du Silurien. Les fossiles sont orientés et entièrement remplacés par de la calcite blanche (Fig. 57-A). L'épaisseur de ces bancs de calcaire noir ne dépasse pas 2 mètres, et ils apparaissent à divers endroits le long de la bordure sud de l'Anti-Atlas, entre Zagora et Tata. L'aspect décoratif et la grande dureté du calcaire de Tazarine en font un matériau très prisé pour la fabrication de plaques de marbre et pour la création de nombreux objets de décoration, tels que des plats, des vasques et des fontaines (Fig. 57-B & C).

Certains niveaux de cette roche sont particulièrement riches en trilobites, que les artisans locaux parviennent à extraire avec une grande habileté.



A- Carrière d'extraction de la pierre de Tazarine



B- Surface polie de la pierre de Tazarine



C- Table à pied central en pierre de Tazarine

Figure 57 : Affleurement et objets en pierre noire de Tazarine, riche en Orthocères.

8/ Calcaire fossilifère brun-marron d'Erfoud « Dalle d'Erfoud ». L'Anti-Atlas oriental, autour d'Erfoud et Rissani, est caractérisé par un ensemble de carrières exploitant des calcaires brun-marron, relativement tendres et très riches en Goniatices et Orthocères de différentes tailles. (Fig. 58-A). Ces calcaires fossilifères d'Erfoud, datés du Dévonien supérieur (Famennien), se présentent en bancs assez superficiels, d'épaisseur variant de quelques centimètres à un mètre, avec un léger pendage vers

le sud-est. Les calcaires d'Erfoud sont très peu utilisés comme marbre, mais plutôt pour la fabrication de divers objets d'art et de décoration, tels que : sculptures, dalles de tables, vases, fontaines... (Fig. 58-B & C). Pour consolider ces calcaires et leur donner de la brillance, les artisans utilisent des vernis transparents de protection.



A : Carrière d'extraction du calcaire brun à Orthocère et Goniates dans la région d'Erfoud.



B : Sculpture moderne avec Goniates



C : Double vasque en pierre d'Erfoud

Figure 58. Exploitation et utilisation du calcaire fossilifère brun marron d'Erfoud

9/ Calcarénite beige-jaune de Taghazoute. À environ 15 km au nord d'Agadir, dans la localité d'Agouni, se trouve une grande carrière exploitant une pierre beige-jaune légèrement coquillée (Fig. 59). Il s'agit d'une calcarénite datant du Crétacé supérieur, qui apparaît sous une couche d'argile blanche de quelques mètres d'épaisseur, en bancs stratifiés de 4 à 6 mètres de puissance, avec un léger pendage vers le sud. Bien que la roche soit assez poreuse, elle est aussi dure et contient localement quelques lentilles de lumachelles de taille centimétrique.



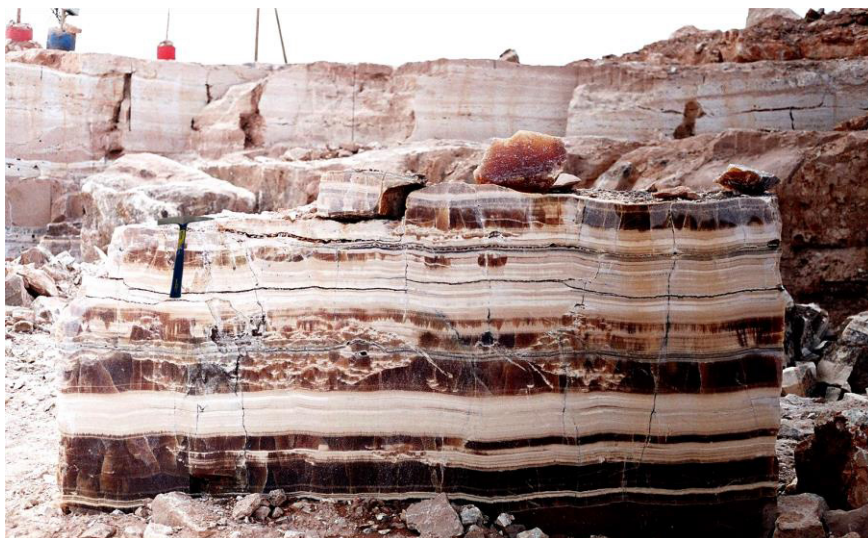
Figure 59 : Carrière d'extraction du calcaire jaune de Taghazoute dans la Région d'Agadir

10/ Travertin de Taroudant « Roudani ». Autour du village de Toughart, situés à environ 25 km au sud de la ville Taroudant, affleure une grande masse de travertin datée du Plio-Quaternaire (Fig. 60). La roche, de teinte beige, présente un aspect concrétionné et vacuolaire. La grande extension en surface et en profondeur des carrières ouvertes dans cette pierre atteste de son exploitation intense. En effet, le travertin de Roudani a été et reste largement utilisé pour le revêtement du sol et des murs dans les établissements publics et des édifices religieux. La tour ainsi que le sol de la Mosquée Hassan II de Casablanca sont en grande partie recouverts de cette pierre. Assez souvent, on utilise un masticage pour le colmatage des cavités de ce travertin.



Figure 60 : Carrières de travertin beige vacuolaire, en extraction par gradins.

11/ Onyx brun-ambré d'Afra-Aguelmouss. À une trentaine de kilomètres à l'ENW de la ville de Ouarzazate se trouvent les deux localités d'Afra et d'Aguelmouss, réputées pour leurs carrières d'extraction d'un onyx calcaire d'âge quaternaire ancien. La roche présente une teinte brun-ambré, un aspect translucide avec des niveaux rubanés (Fig. 61-A & B). Elle affleure en strate horizontale d'environ 1,5 à 3 m d'épaisseur, reposant sur une formation sédimentaire terrigène et recouverte par des terrains grésocalcaires, localement conglomératiques. L'intense fracturation de la roche, déjà fragile, limite son exploitation à de petits blocs ne dépassant pas un mètre cube. L'onyx brun-ambré d'Afra et d'Aguelmouss est principalement utilisé pour la fabrication de petits objets d'art et de décoration tels que des statuettes, des œufs, des vasques et autres (Fig. 61-C).



A- Bloc d'onyx fraîchement extrait de la carrière d'Aguelmouss



B- Fragment brut d'onyx



C- Œuf taillé dans l'onyx brun

Figure 61 : Extraction et utilisation de l'onyx brun-marron d'Afra-Aguelmouss.

B- Les roches ornementales de la Meseta occidentale

1/ Marbre vert de la région de Ben Guerir « Vert Chane ». À environ 20 km à l'ouest de Ben Guérir, près de la localité de Bouchane, affleurent des barres calcaires datant du Cambrien moyen, d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Ces formations calcaires abritent plusieurs carrières, aujourd'hui abandonnées, mais autrefois exploitées pour l'extraction d'un marbre vert d'une grande beauté. Ce marbre se distingue par sa grande dureté et sa structure hétérogène, avec un fond vert foncé traversé par des veines marron à noir et parsemé de lentilles blanches (Fig. 62). Cette composition unique confère au marbre un aspect distinctif et recherché.



Figure 62 : Façade décorée en marbre vert à trainées de grenat brun et tâches de calcite blanche correspondant au skarn Vert Chane de la région de Ben Guerir.

Sur le plan pétrographique, il s'agit d'une roche de type skarn, riche en silicates calciques tels que la calcite, le pyroxène, le grenat et la wollastonite, formée par un métamorphisme de contact avec apport de chaleur et de fluides siliceux d'origine granitique (métasomatose). Cette origine métamorphique est confortée par la présence, à proximité de ces calcaires, du granite tardi-hercynien de Sebt Brikiine. Ce marbre vert a été intensément exploité entre 1986 et 1993 pour alimenter le chantier de la Mosquée Hassan II à Casablanca. Ce même marbre vert a également été utilisé pour l'ornementation des façades et des murs de certains bâtiments et aéroports marocains, notamment l'aéroport Mohammed V de Casablanca.

2/ Marbre blanc veiné de Bou Acila « Skyros africain ». Près de la maison forestière de Bou Acila, à environ trente kilomètres au sud-ouest de Khénifra, se trouve l'une des plus anciennes carrières de marbre du Maroc (Termier, 1936 ; Morin, 1960). Fermée en 1965 en raison de l'épuisement des réserves, cette carrière produisait un marbre au fond blanc laiteux, traversé par un réseau anastomosé de veinules brun-rouge à noires (Fig. 63). Ce marbre marocain, commercialisé sous l'appellation « Skyros africain » ou « Skyros marocain », était particulièrement apprécié pour son esthétique, notamment utilisé dans la décoration des façades de magasins, des établissements publics et des entrées d'immeubles privés.



Figure 63 : Ornementation d'une entrée d'immeuble en marbre blanc-veiné de Bou Acila (au sol) et marbre rouge d'Agadir (au mur).

Le marbre de Boua Acila provient des barres de calcaires marmorisées qui se trouvent en intercalation avec des schistes et des roches volcano-sédimentaires d'âge cambrien et qui affleurent au cœur de l'anticlinal de Bou Acila-Ourahdad. En 1978, les réserves de marbre à Bou Acila étaient estimées à 9 millions de m³ (Hilali & Bouhaouli, 1979). Selon Ouali et Ajakane (2015), ces réserves restent suffisantes pour envisager une possible réexploitation industrielle des carrières de Bou Acila.

3/ Marbre gris veiné de Tiflet « Gris lido ». À quelques kilomètres au sud-est de Tiflet se trouvent des carrières de marbre gris, exploitées depuis des décennies, mais aujourd'hui en grande partie abandonnées. Ces carrières sont ouvertes dans des formations calcaires datant du Dévonien inférieur à moyen, caractérisées par des couches d'épaisseur métrique et présentant localement une fracturation marquée. La

surface fraîche de ce calcaire montre une coloration grise, légèrement violacée, traversée par un réseau dense de veinules calcitiques blanches (Fig. 64).



A- Bloc brut de marbre gris de Tiflet extrait à la haveuse



B- Carreaux (20 x 20 cm) à surface polie du marbre gris de Tiflete



C- Escalier de la Faculté des sciences de Rabat en marbre gris de Tiflet

Figure 64 : Carrière d'extraction du marbre gris de Tiflet et son utilisation pour le revêtement du sol.

Le marbre gris de Tiflet a été intensément exploité entre les années 1930 et 1970, sous le nom commercial de marbre « Gris Lido ». Très apprécié à l'échelle nationale, il a également été largement exporté vers l'Asie du Sud-Est, en particulier la Chine, ainsi que vers certains pays européens, dont l'Italie. Le marbre gris de Tiflet est couramment utilisé pour divers revêtements, tant intérieurs qu'extérieurs : comptoirs, éviers, monuments, margelles de piscine, seuils, murs, sols, pavages, et autres projets de décoration. Il se prête aussi bien à la sculpture manuelle qu'à la découpe

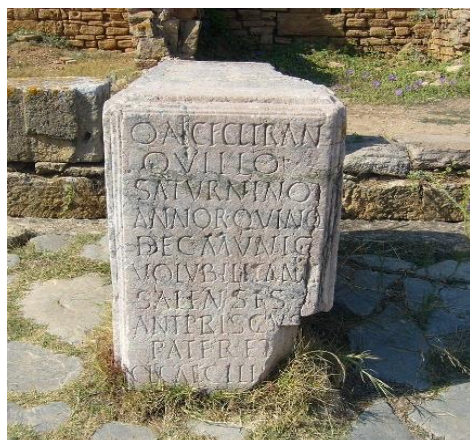
mécanique et supporte diverses finitions : poli, poncé, bouchardé, vieilli, adouci ou flammé.

Il est à noter que des calcaires du même âge, présentant une grande diversité de teintes et de textures (gris perlé, gris rosé, noir veiné, etc.), sont présents en différents endroits de la Meseta côtière, notamment le long des oueds Bou Regreg, Ykem et Cherrat. Apprécies pour leur haute valeur ornementale et leur grande résistance mécanique, ces calcaires sont largement utilisés pour la décoration des façades et des entrées des bâtiments publics et des immeubles prestigieux de Rabat, ainsi que de nombreuses autres villes du Maroc (Fig. 65).



Figure 65 : Façades et escaliers d'immeubles à Rabat couvert de marbre gris-veiné.

4/ Marbre gris-rosé de l'Oued Akrech. Au sud-est de Rabat, à la confluence des Oueds Bouregreg et Akrech, affleurent des calcaires dolomités massifs datant du Dévonien inférieur et moyen. Ces calcaires se distinguent par leur teinte gris-rosé et leur texture grenue saccharoïde, montrant des cristaux millimétriques de calcite bien cristallisés, ce qui leur confère un aspect granité. Par endroits, le fond rosâtre de la roche est traversé par un réseau dense de veinules noires. L'exploitation de ce calcaire rosé, couramment désigné sous le nom de « marbre de l'Oued Akrech », remonte à l'époque romaine, où il était employé dans la construction de la cité antique de Sala Colonia, aujourd'hui Chellah (voir Fig. 66-A). Plus tard, sous la dynastie almohade, cette pierre a été choisie pour la fabrication des piliers de la Mosquée Hassan à Rabat ainsi que pour d'autres éléments de leurs monuments historiques (voir Fig. 66-B).



A- Stèle romaine en marbre rose granité de l'Oued Akrech (Chellah)



B- Piliers de la mosquée Hassan en marbre rosé de l'Oued Akrech

Figure 66 : Monuments historiques en calcaire dolomitisé gris-rosé de l'Oued Akrech.

Les calcaires de l'Oued Akrech ont été largement utilisés pendant la période du protectorat français pour la construction de la ville de Rabat. La façade des grands établissements et lieux publics, y compris le Parlement (Fig. 67), les piliers des grands bâtiments de l'avenue Mohammed V, ainsi que les trottoirs de la ville, sont réalisés en pierre de l'Oued Akrech.



Figure 67 : Façade du Parlement, sur l'avenue Mohammed V à Rabat, ornée de marbre gris-rosé de l'Oued Akrech.

Aujourd'hui encore, le marbre de l'Oued Akrech demeure un matériau privilégié pour l'ornementation des façades, le revêtement des trottoirs et le pavage des voies de tramway à Rabat (Fig. 68).



Figure 68 : Pavage de la voie de tramway* à Rabat en marbre gris-rosé de l'Oued Akrech.

* : Photographié en juin 2021, ce tramway masqué symbolise à jamais la sombre période du confinement marquée par la pandémie de COVID-19.

5/ Marbre noir à veines blanches de Khénifra. Le long de la route régionale RR 710, sur un tronçon d'environ 20 km entre Khénifra et Bejaâd, se trouvent plusieurs carrières de calcaire massif dans les localités de Sidi-Amar, Tabaïnout et Sidi Lamine, où l'on extrait principalement du marbre et du gravier (Fig. 69).



Figure 69 : Carrière d'extraction marbre blanc veiné de la région de Sidi Lamine

Ces carrières sont exploitées dans des bancs calcaires d'épaisseur métrique, intercalés dans les flyschs du Carbonifère (Viséen supérieur). La roche calcaire, d'aspect massif, présente une palette de teintes allant du blanc au noir et est souvent riche en fossiles tels que les crinoïdes, polypiers, brachiopodes. La variété la plus appréciée et largement exploitée pour l'ornementation est le calcaire noir à veines

blanches calcitiques, commercialisé sous le nom de « Noir de Khénifra » (Fig. 70). Les calcaires gris-blanc de cette région, fréquemment très fracturés, sont quant à eux destinés au concassage pour la fabrication de sols en mosaïque.



Figure 70 : Hall du cinéma Renaissance à Rabat, décoré de marbre noir de Khénifra sur les murs et d'autres marbres marocains au sol.

6/ Granite gris argenté d'Oulmès « Gris pharaon ». Dans le Maroc central, l'exploitation des granites tardi-hercyniens d'Oulmès et de Ment est restée limitée. Cette faible mise en valeur s'explique principalement par les défis techniques liés à leur extraction, en comparaison avec la relative facilité d'exploitation des calcaires utilisés en marbrerie. Les traces d'une carrière d'extraction du granite gris d'Oulmès subsistent le long de la route secondaire reliant l'Hôtel des Thermes et l'ancienne mine de cassitérite (SnO_2) d'El Karit (Fig. 71).



Figure 71 : Carrière d'exploitation du granite gris d'Oulmès, extrait à la masse et à la burette.

La roche est grenue isogranulaire, de teinte grise avec reflet argenté dû à la présence de mica blanc. Ce granite gris d'Oulmès a été commercialisé sous l'appellation de « Gris Pharaon ».

De nombreuses petites carrières artisanales d'extraction de granite gris, de même âge, se trouvent dans la région de Ment. Contrairement au granite d'Oulmès, celui de Ment présente une texture grenue porphyrique, qui se compose d'un fond grenu à quartz, plagioclase et mica noir sur lequel se détachent de grands cristaux de feldspaths potassiques (orthose) blancs, d'où l'appellation de granite à « dents de cheval ».

7/ Calcaire jaune de Bejaâd « Jaune de Bejaâd ». Plusieurs petites carrières existent autour de la ville de Bejaâd, fournissant, dans le temps, une variété de pierre calcaire de couleur jaune bariolée avec des points noir-rouille (Fig. 72). Il s'agit d'une dalle de calcaire à grain très fin, d'âge crétacé supérieur. La dalle, dont l'épaisseur n'excède pas 50 cm, s'étend à l'horizontale sur plusieurs kilomètres carrés, sous une couche de terre marno-argileuse de 2 à 6 mètres d'épaisseur.



Figure 72. Façade d'une résidence privée ornée de pierre jaune de Bejaâd.

Les réserves initiales de ce matériau se sont épuisées il y a quelques années. Cependant, l'exploitation se poursuit actuellement dans l'extension de ce même banc de calcaire crétacé, en direction de la région de Kasbat Troch. Dans cette zone, la roche présente un faciès de teinte plutôt gris-beige (Fig. 73).



Figure 73 : Carrière d'extraction de la pierre gris-beige de Kasbat Troch.

8/ Calcaire lacustre beige la Région de Meknès « Crème Saïss ». À quelques kilomètres au SE de Meknès existent d'anciennes carrières d'extraction d'un calcaire beige d'âge pliocène. Ces carrières ont fourni une partie des pierres de construction de la cité romaine de Volubilis (Fig. 74). Bien que la pierre présente une structure noduleuse et poreuse similaire à celle des travertins, il s'agit en réalité d'un calcaire lacustre. Commercialisée sous le nom de « Crème Saïss », cette pierre est traitée par masticage pour colmater sa porosité.



Figure 74 : Façade d'un nouveau restaurant en construction, au quartier d'Agdal-Rabat, utilisant le travertin crème de Volubilis.

9/ Calcarénite gris beige de la région de Rabat-Salé « Pierre de Salé ». Le long de la route reliant Salé à Kénitra (RN 1), on trouve plusieurs carrières d'extraction d'un grès-calcaire de teinte beige, connu et commercialisé sous le label de « Pierre de

Salé ». Il s'agit d'une biocalcarénite appartenant aux cordons dunaires, d'âge plioquaternaire, qui s'étendent parallèlement à la côte atlantique, entre El Jadida et Larache. La roche, de teinte gris-beige, montre souvent une nette stratification en bancs d'épaisseur variée avec des niveaux en lames entrecroisées (Fig. 75). Elle est principalement composée de grains de quartz millimétriques et de fragments de coquilles, le tout lié par un ciment calcaire.



Figure 75 : Ancienne carrière abandonnée d'extraction de calcarénite, située à Sidi Taïbi, entre Salé et Kénitra.

Cette pierre, exploitée depuis l'Antiquité, est toujours prisée pour ses nombreux avantages : sa teinte claire, sa grande résistance aux intempéries et sa facilité de taille et de sculpture. Ainsi, elle est utilisée pour réaliser divers objets de décoration tels que des piliers, des fontaines, des arcades et des pierres tombales (Fig. 76).



Figure 76 : Divers objets de décoration sculptés dans la calcarénite « pierre de Salé ».

10/ Calcarénite jaune ocre de la région de Casablanca « Pierre de Bouskoura ».

Des carrières d'extraction d'une calcarénite équivalente à celle de Rabat-Salé se trouvent à la périphérie sud de Casablanca, en allant vers Bouskoura. Cette calcarénite se distingue par sa teinte jaune ocre, sa faible dureté et sa forte porosité. C'est cette porosité prononcée qui lui vaut le nom commercial de « Travertin de Bouskoura ». La pierre de Bouskoura se vend taillée en moellons pour être utilisés comme pierre de taille en maçonnerie.

Plus loin, à environ 50 km de route au SW de Casablanca et à proximité de Bir Jdid, on retrouve des carrières de cette même calcarénite jaune ocre, mais qui se distingue à cet endroit par une granulométrie fine et une dureté élevée avec l'intercalation de niveaux stratigraphiques riches en coquilles ou en petits galets. Cette variété de calcarénite est commercialisée sous le label de « Travertin de Bir Jdid ».

Il convient de noter que la calcarénite des dunes plio-quaternaires, notamment celles de Salé, Bouskoura, Bir Jdid, etc., représente le matériau de choix pour le revêtement et la décoration des mosquées (Fig. 77).



Figure 77 : Mosquée Lalla Soukaina, située à Hay Riad, Rabat, ornés de riches décorations en calcarénite gris-beige.

II-5.4 Réserves et marché des roches ornementales marocaines

Les réserves potentielles en roches ornementales du Maroc sont difficiles à estimer, mais elles s'avèrent considérables. L'estimation faite par Bouhaoui et *al.* (1979), sur la base d'une sélection de 33 grands gisements à travers le pays, fait état de 1 milliard de m³. Selon El Amrani (2015), les réserves probables en pierres naturelles susceptibles d'être utilisées en construction et en ornementation des domaines de l'Anti-Atlas, des Atlas, de la Mesta marocaine et du Rif dépassent largement les 1,4 milliard de m³. En tenant compte des potentialités encore méconnues du domaine saharien, les réserves marocaines de roches ornementales pourraient être bien plus importantes que les estimations actuelles.

Malgré des réserves importantes, la capacité d'extraction des pierres marocaines reste très limitée, atteignant à peine 300 000 tonnes par an (2016), ce qui ne couvre même pas la moitié de la demande nationale. Le reste est comblé par des importations de pierres, souvent d'origine inconnue, de qualité moyenne à médiocre et vendues sur le marché marocain à des prix très compétitifs. Cette situation crée une concurrence déloyale et freine le développement de l'industrie marbrière nationale. Il est donc essentiel que des efforts significatifs soient entrepris par les autorités compétentes ainsi que par les professionnels du secteur de la pierre, notamment l'Association Marocaine des Marbriers (AMM) et la Fédération des Industries des Matériaux de Construction (FMC), afin de redresser cette situation et de valoriser les vastes ressources naturelles en pierres du Maroc.

DEUXIEME PARTIE

Principales espèces et variétés minérales du Maroc

Chapitre I : Généralités sur les minéraux

I-1 Définition

Les minéraux sont des solides homogènes qui se distinguent par une composition chimique spécifique et une structure cristalline bien définie. Lorsque leur développement se fait de manière libre et sans entrave, ils forment des cristaux automorphes, qui se manifestent sous la forme de polyèdres délimités par des faces planes. La forme macroscopique d'un minéral résulte de la répétition régulière de la maille élémentaire dans l'espace, cette dernière étant définie par la géométrie propre à chaque espèce minérale. Il existe sept types de mailles élémentaires, correspondant à sept formes cristallines possibles : cubique, rhomboédrique, hexagonale, quadratique, orthorhombique, monoclinique et triclinique (Fig. 78).



Figure 78 : Systèmes cristallins et formes possibles, simples et composées, des minéraux.

Il convient de noter que, par des tronçures symétriques au niveau des sommets ou des arêtes, des formes simples, les minéraux peuvent adopter des formes complexes. Ainsi, une transformation progressive peut faire passer un cristal d'une forme cubique à un octaèdre, un dodécaèdre ou autres.

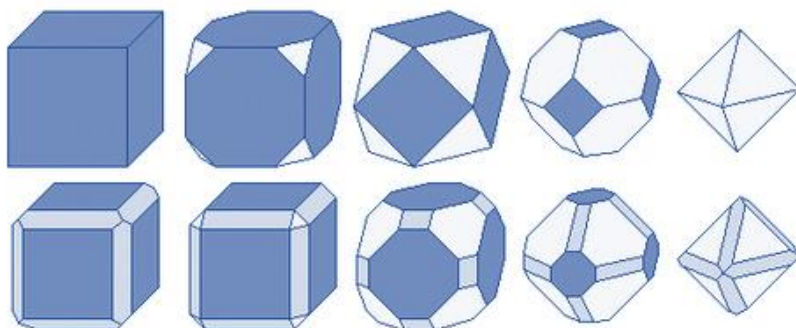


Figure 79 : Formes complexes dérivées par tronçures d'un système cristallin cubique.

I-2 Critères d'identification des minéraux

L'identification des minéraux se fait à trois niveaux, chacun faisant appel à des moyens et des techniques de plus en plus élaborées :

- L'observation macroscopique, réalisée à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe de terrain.
- L'observation microscopique, effectuée à l'aide d'un microscope polarisant sur des lames minces.
- L'analyse minéralogique, utilisant la diffraction des rayons X (DRX) ou la fluorescence des rayons X (FRX).

Dans ce document, nous nous limiterons à rappeler les principaux critères de reconnaissance macroscopique utilisables pour l'identification des minéraux.

I-2.1 Forme. Ce premier critère de reconnaissance est particulièrement intéressant lorsque le minéral est automorphe, c'est-à-dire qu'il conserve sa forme propre avec des faces cristallines et des angles bien définis. De nombreux minéraux peuvent être facilement identifiés simplement par l'observation de leur forme. C'est le cas, par exemple, du quartz, souvent rencontré sous forme de prismes allongés à extrémités pyramidales ou encore de la pyrite et de la fluorine qui apparaissent fréquemment sous forme de cubes parfaits. D'autres minéraux, bien que xénomorphes, peuvent présenter des formes spécifiques, en agrégats, aiguilles, concrétions, dendrites, etc. (Fig. 80) facilitant leur identification.

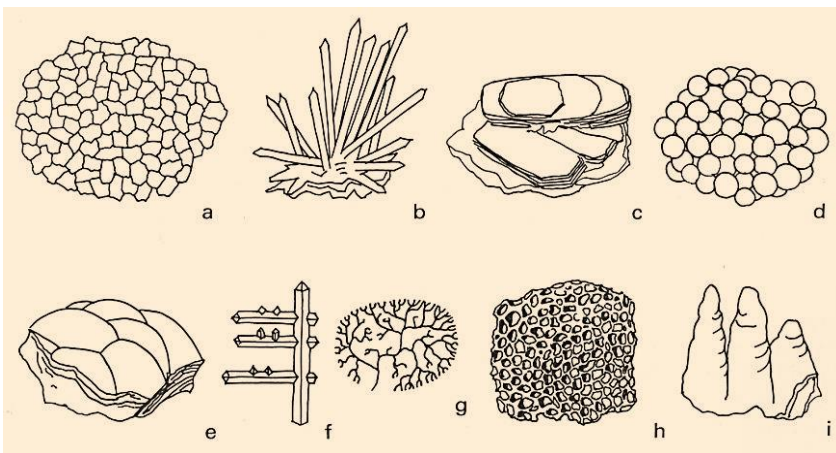


Figure 80 : Diverses formes caractéristiques de certains minéraux.

(a : granuleuse ; b : filamenteuse ; c : en écaille ; d : oolitique ; e : mamelonnée ; f, g : dendritique ; h : poreuse ; i : stalactitique)

I-2.2 Couleur. Certains minéraux possèdent des couleurs constantes et caractéristiques comme l'azurite (bleu azure), l'olivine (vert olive), la vanadinite (rouge brique). D'autres minéraux, en revanche, peuvent présenter une variété de couleurs en fonction des impuretés présentes dans leurs structures cristallines. La fluorine, par exemple, est incolore à l'état pur, mais peut également se décliner en jaune, brun, vert, violet et autres couleurs.

I-2.3 Transparence. La transparence d'un minéral reflète sa capacité à laisser passer la lumière et c'est l'une des principales raisons de la fascination qu'exercent les minéraux sur l'homme. En effet, des minéraux précieux tels que les diamants, les émeraudes ou les rubis se distinguent par leur grande transparence.

I-2.4 Clivage. Certains minéraux possèdent une à trois surfaces planes et lisses, formant entre elles des angles constants : ce sont des plans de clivage qui correspondent physiquement à des niveaux de moindre cohésion atomique. Parmi les minéraux à plans de clivage nets et bien définis (Fig. 81) on peut citer les micas, qui se débitent facilement en feuillets parallèles suivant un plan de clivage, ainsi que la galène et la calcite, qui possèdent trois plans de clivage orthogonaux, permettant de fractionner un grand cristal en plusieurs petits cristaux tout en conservant la même forme.

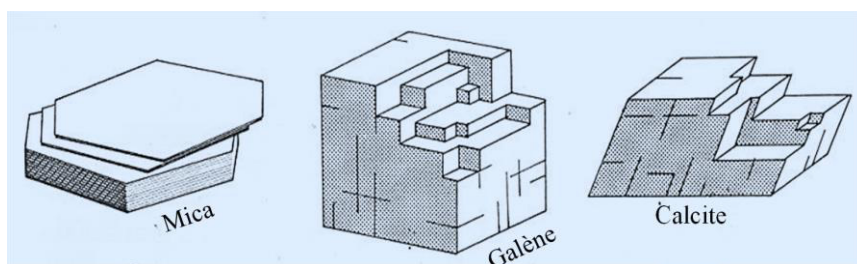


Figure 81. Exemples de clivages caractéristiques de certains minéraux

I-2.5 Macle. On parle de macle lorsque deux ou plusieurs minéraux d'une même nature s'associent entre eux de manière régulière, selon des lois cristallographiques bien définies. Les macles peuvent être simples ou répétées, donnant parfois aux minéraux des formes curieuses, voire caractéristiques de l'espèce. Parmi les exemples notables, on peut citer la macle de Carlsbad de l'orthose, la macle en genou du rutile et du quartz, ou encore la macle en croix de la staurotide (Fig. 82).

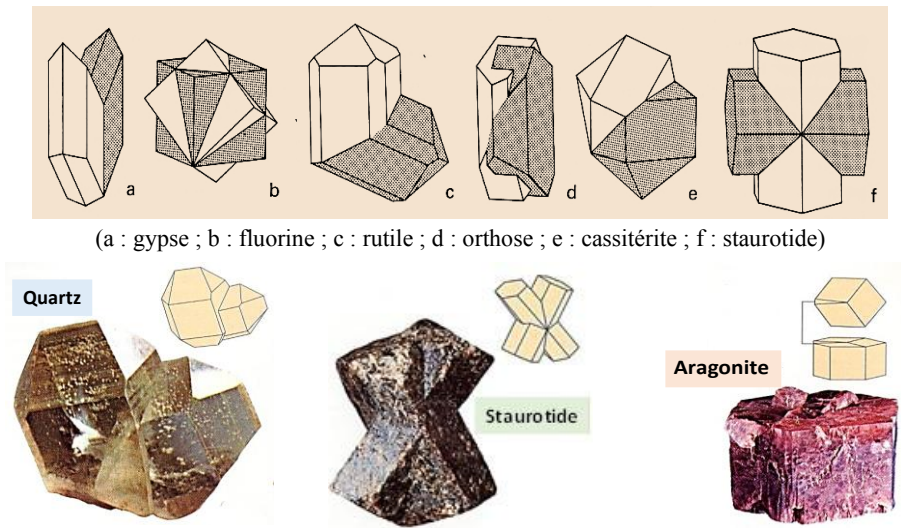


Figure 82. Différents types de macles caractéristique de certains minéraux

I-2.6 Dureté. La dureté d'un minéral exprime sa résistance à être rayé, abrasé ou pénétré par un autre matériau. Pour évaluer cette propriété, on fait appel à l'échelle de Mohs (Fig. 83), qui se base sur dix minéraux de référence classés selon leur dureté croissante, allant du talc, le plus tendre (n°1) au diamant, le plus dur (n°10). Selon cette classification pratique, chaque minéral peut rayer celui qui le précède et être rayé par celui qui le suit.

N°	Minéral	Test	Dureté
1	Talc	Rayé par l'ongle	Faible
2	Gypse		
3	Calcite	Rayé par le cuivre	Moyenne
4	Fluorite	Rayé par l'acier	Elevée
5	Apatite		
6	Feldspath	Rayent le verre	Très élevée
7	Quartz		
8	Topaze		
9	Corindon		
10	Diamant		

Figure 83. Echelle de Mohs permettant l'évaluation de la dureté des minéraux

I-2.7 Densité. La densité d'un minéral correspond au rapport entre son poids et celui d'un même volume d'eau. Elle dépend de la composition chimique du minéral et peut

parfois constituer un critère de détermination pertinent. En comparant deux minéraux de volume équivalent à la main, on peut souvent percevoir lequel des deux est plus dense. Par exemple, la barytine et la galène se distinguent par leur densité nettement plus élevée que celle de la plupart des minéraux tels que le quartz, le feldspath ou la calcite.

I-2.8 Goût et odorat. Certains minéraux se caractérisent par des goûts distinctifs, tels que le goût salé du sel gemme ou le goût amer de la sylvine. D'autres peuvent être identifiés par leur odeur, comme le soufre et certains sulfures (par exemple, la pyrite et la chalcoppyrite), qui dégagent une odeur fétide lorsqu'ils sont cassés avec un marteau.

I-2.9 Magnétisme. L'utilisation d'un aimant puissant permet d'identifier les minéraux ferromagnétiques, tels que la magnétite et la pyrrhotite, qui sont fortement attirés par l'aimant. Les minéraux paramagnétiques, comme l'hématite, montrent une légère attraction vers l'aimant. En revanche, les minéraux diamagnétiques, qui ne contiennent pas de fer dans leur composition chimique, sont insensibles au champ magnétique de l'aimant.

I-2.10 Luminescence. Certains minéraux se distinguent par leur capacité à émettre une lumière particulière (fluorescence ou phosphorescence) lorsqu'ils sont exposés à un rayonnement ultraviolet (UV). Par exemple, la scheelite et la fluorine émettent une lumière bleue fascinante lorsqu'elles sont exposées à l'UV dans l'obscurité (Fig. 84).



Figure 84. Fluorescence à la lumière ultraviolette des cristaux de fluorine

I-3 Conditions et modes de genèse des minéraux

La genèse des minéraux est un processus géologique souvent long et complexe. Chaque espèce minérale requiert des conditions physico-chimiques précises telles que la concentration en éléments chimiques, la température et la pression, pour cristalliser et se développer. On distingue généralement trois principaux modes de genèse des minéraux :

I-3.1 Genèse magmatique. Le refroidissement progressif du magma favorise la formation de petits cristaux, qui se développent en se nourrissant des éléments chimiques du bain magmatique. Plus le refroidissement est lent, plus les minéraux ont le temps de croître en taille. Le processus de cristallisation se déroule en quatre stades successifs : orthomagmatique, pegmatitique, pneumatolitique et hydrothermal. Ces étapes permettent la formation de diverses séries de minéraux silicatés (olivine, pyroxène, amphiboles, biotite, plagioclase, feldspath potassique, quartz, etc.) et non-silicatés (apatite, barytine, cassitérite, wolframite, galène, etc.).

I-3.2 Genèse sédimentaire. Les minéraux du domaine sédimentaire se forment dans les couches superficielles de la Terre, sous l'effet de l'énergie solaire. Ils peuvent être classés en trois groupes principaux :


- *Les évaporites* : ces minéraux, tels que l'halite, la sylbite et le gypse, se forment par cristallisation à la suite de l'évaporation d'eaux saumâtres riches en éléments comme le chlore, le fluor et le bore.
- *Les minéraux d'origine chimique* : ce groupe comprend des minéraux comme la calcite, le silex et l'opale. Ils résultent de la précipitation d'éléments chimiques (calcium, silicium, sodium, etc.) dissous dans l'eau des océans et des mers.
- *Les minéraux authigènes* : ce groupe comprend le quartz, les carbonates et les minéraux argileux. Ils se forment ou se recristallisent au sein même de la roche sédimentaire au cours du processus de diagenèse.

I-3.3 Genèse métamorphique. Sous l'effet du métamorphisme, qui résulte principalement de l'élévation de la température et/ou de la pression, les minéraux des roches préexistantes subissent des transformations à l'état solide. Le stock chimique des anciens minéraux est libéré, puis réutilisé pour former de nouveaux minéraux plus stables sous les nouvelles conditions physico-chimiques du milieu. Parmi ces minéraux, dits de métamorphisme ou de néoformation, on distingue des silicates (comme l'andalousite, le disthène, le grenat, la sillimanite, etc.) et des non-silicates (comme la magnétite, le spinelle, la scheelite, le graphite, etc.).

I-4 Classification des minéraux

Actuellement, la classification minéralogique la plus couramment adoptée est celle de Strunz qui repose sur la composition chimique des minéraux. Cette classification distingue neuf grandes classes de minéraux (voir Tableau II).

Tableau II : Classification des minéraux de Strunz (1977).

1. Eléments natifs	 <p>Karl Hugo Strunz Minéralogiste allemand, (1910 - 2006)</p>
2. Sulfures et sulfosels	
3. Halogénures	
4. Oxydes et hydroxydes	
5. Carbonates et nitrates	
6. Borates	
7. Sulfates, chromates, tungstates et Molybdates	
8. Phosphates, arsénates et vanadates	
9. Silicates	
10. Minéraux organiques	

En pratique, les minéralogistes regroupent les minéraux en deux grandes catégories : 1/ *les silicates* (classe 9 de la classification de Strunz) et 2/ *les non-silicates* (classes 1 à 7 de la classification de Strunz).

I-4.1 Les silicates. Ils regroupent un grand nombre d'espèces minérales représentant presque la totalité (92%) des formations rocheuses de l'écorce terrestre (Fig. 85).

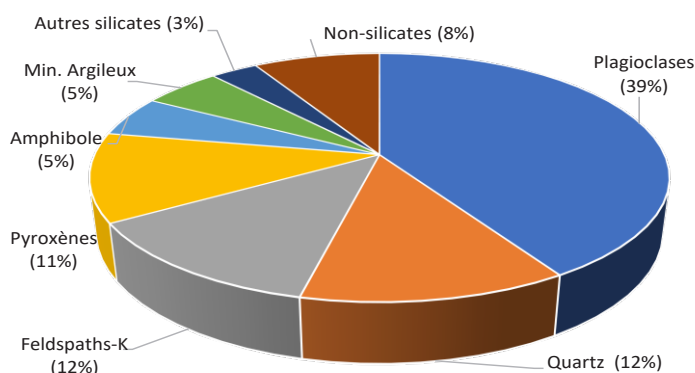


Figure 85 : Proportions des silicates et des non-silicates dans l'écorce terrestre, ainsi que leur abondance relative.

Les silicates se caractérisent par la présence du tétraèdre $[\text{SiO}_4]^{4-}$, constitué d'un atome de silicium (Si^{4+}) au centre et de quatre atomes d'oxygène (O^{2-}) aux sommets. Ces tétraèdres s'associent entre eux par un ou plusieurs de leurs sommets ou via des cations (Mg^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , etc.) pour former la trame de base des silicates. L'agencement des tétraèdres $[\text{SiO}_4]^{4-}$ permet de distinguer six familles de silicates (Fig. 86).

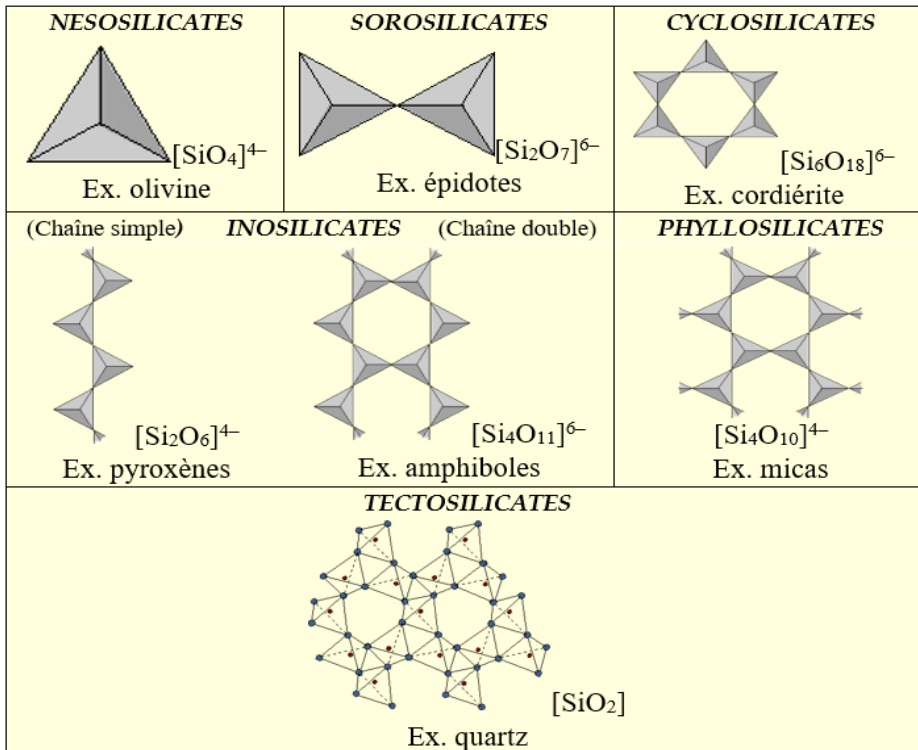


Figure 86 : Modes d'agencement des tétraèdres $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dans les six familles de silicates.

Les plus importantes espèces minérales qui composent le groupe des silicates sont : les plagioclases (39%), les feldspaths alcalins (12%), le quartz (12%), les pyroxènes (11%), les amphiboles (5%), les micas (5%), les minéraux argileux (5%). Tous les autres silicates (andalousite, cordiérite, épidotes, olivine, tourmaline, etc.) forment environ 3% (Fig. 85).

I-4.2 Les non-silicates. Ils regroupent les huit premières classes de la classification de Strunz et se différencient des silicates par l'absence du tétraèdre $[\text{SiO}_4]^{4-}$. Bien

qu'ils soient relativement peu abondants (8%), leurs concentrations en certains endroits de l'écorce terrestre donnent naissance à des gisements économiquement intéressants. Ces gisements peuvent contenir des substances minérales utiles, tant métalliques (par exemple, or, argent, cuivre, nickel) que non-métalliques (par exemple, barytine, fluorine, gypse, phosphates). Le tableau III présente ces huit classes de non-silicates ainsi que les sous-classes, en indiquant quelques minéraux représentatifs de chaque sous-classe.

Tableau III : Classes et sous-classes des non-silicates.

<i>Classes</i>	<i>Sous-classes et minéraux représentatifs</i>
1. Eléments natifs (80 espèces)	<i>1.1 Métaux</i> (ex. argent, or, platine) <i>1.2 Semi-métaux</i> (ex. arsenic, bismuth, stibine) <i>1.3 Métalloïdes</i> (ex. diamant, graphite, soufre).
2. Sulfures & sulfosels (350 espèces)	<i>2.1 Sulfures</i> (ex. blende, galène, pyrite) <i>2.2 Sulfosels</i> (ex. arsénopyrite, proustite)
3. Halogénures (160 espèces)	<i>3.1 Fluorures</i> (ex. fluorine) <i>3.2 Chlorures</i> (ex. halite, sylvine)
4. Oxydes et hydroxydes (320 espèces)	<i>4.1 Oxydes simples</i> (ex. cassitérite) <i>4.2 Oxydes multiples</i> (ex. chromite) <i>3.3 Hydroxydes</i> (ex. goethite, manganite).
5 et 6 Carbonates, nitrates et borates (200 espèces)	<i>5.1 Carbonates</i> (ex. calcite, dolomite, magnésite) <i>5.2 Nitrates</i> (ex. nitre, nitronatrite) <i>6.1 Borates</i> (ex. borax).
7. Sulfates, chromates, molybdates et tungstates (230 espèces)	<i>7.1 Sulfates</i> (ex. anglésite, barytine) <i>7.2 Chromates</i> (ex. crocoïte) <i>7.3 Molybdates</i> (ex. wulfenite) <i>7.4 Tungstate</i> (ex. scheelite, wolframite)
8. Phosphates, arséniates et vanadates (360 espèces)	<i>8.1 Phosphates</i> (ex. apatite, monazite) <i>8.2 Arséniates</i> (ex. adamite, mimérite) <i>8.3 Vanadates</i> (ex. vanadinite)

Chapitre II : Les minéraux du Maroc

II-1 Présentation

Comme indiqué dans la première partie de cet Atlas, le Maroc se distingue par une géologie remarquable, caractérisée par une succession d'unités pétrographiques variées, allant de l'Archéen jusqu'à l'époque actuelle. Ces unités ont été modelées par diverses orogénèses, notamment archéenne, éburnéenne, panafricaine, calédonienne, hercynienne et alpine. Cette diversité géologique a favorisé la formation de nombreuses concentrations de substances minérales utiles, tant métalliques que non-métalliques, à travers le pays. L'exploitation de ces ressources a permis la découverte et l'extraction de nombreux minéraux et fossiles, souvent rares et de grande qualité. Ainsi, au fil du temps, le Maroc a acquis une renommée internationale en tant que destination privilégiée pour les collectionneurs de minéraux et de fossiles.

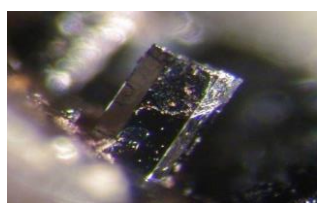
Une étude approfondie de la minéralogie du Maroc a été publiée par Permingeat (1990). Selon cette étude, environ 600 espèces et variétés minérales ont été inventoriées au Maroc, sur les 1.800 espèces bien connues dans le monde (Strunz & Tennyson, 1970-1977). Cela signifie que plus de 30% des minéraux connus dans le monde sont bien représentés au Maroc. Les classes minéralogiques les plus courantes sont les éléments natifs, les sulfures, les oxydes et les phosphates, qui représentent entre 30 et 45 % de la diversité minérale du pays. En revanche, les autres classes, telles que les halogénures, les nitrates et les borates, sont relativement plus rares.

Le beau livre *Minéraux du Maroc*, publié par le Ministère de l'Énergie et des Mines (Azza et al., 1992), ainsi que le document de l'Institut Scientifique *Inventaire des collections géologiques de l'Institut Scientifique* (Fedan, 2014), restent les principales références pour apprécier la richesse et la beauté des minéraux marocains. Ces trésors minéralogiques peuvent être admirés directement au musée de géologie du Ministère, au Muséum d'Histoire Naturelle de l'Institut Scientifique de Rabat, dans certains départements de géologie des facultés des sciences, ainsi que dans divers musées privés à Midelt, Erfoud et d'autres localités. De plus, de nombreux minéraux marocains sont disponibles à la vente sur divers sites spécialisés dans le commerce en ligne de minéraux et fossiles (*i.e.* www.fabreminerals.com/ , www.1001mineraux.com/, www.le-comptoir-geologique.com/mineraux.html).

Enfin, les deux sites Internet *Mindat.org* (<https://www.mindat.org/>) et *Webmineral* (<http://webmineral.com/>) constituent d'excellentes bases de données sur les minéraux du monde entier, y compris ceux du Maroc. Ces deux plateformes fournissent de précieuses informations sur les minéraux marocains, telles que leurs lieux de provenance, leur contexte géologique et minier, leurs photos et leurs caractéristiques minéralogiques. Leur contribution a été inestimable pour l'élaboration de cet Atlas.

II-2 Les minéraux découverts au Maroc

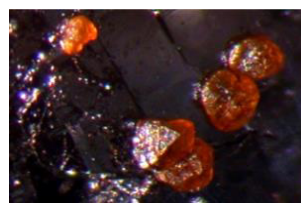
Les travaux d'exploitation des mines métalliques, entamés au début du XX^e siècle, ont conduit à la découverte de nouvelles espèces minérales au Maroc. Une dizaine de ces minéraux, définis pour la première fois dans le pays, ont été nommés en l'honneur de régions marocaines ou de géologues étrangers ayant travaillé au Maroc. Ci-dessous, nous présentons les informations essentielles sur ces minéraux typiquement marocains (Fig. 87).



Marokite



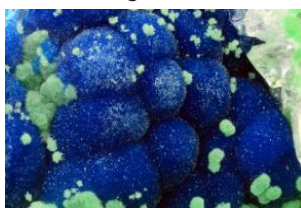
Agardite



Henritermierite



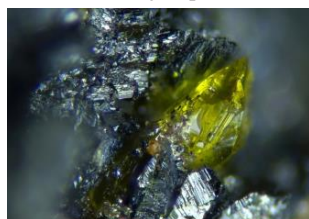
Melonjosephite



Arhbarite (du Chili)



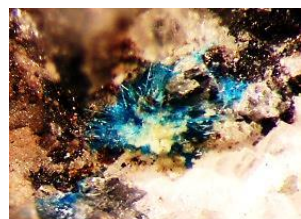
Imiterite



Jouravskite



Goudefroyite



Jacquesdietrichite

Figure 87 : Principales espèces minérales découvertes pour la première fois au Maroc.

- **Marokite** : minéral de manganèse ($\text{CaMn}^{3+}_2\text{O}_4$), découvert dans un filon du gisement de manganèse de Tachgalt, situé à 20 km au SSE d'Ouarzazate, Anti-Atlas. Ce minéral a été nommé par référence au Maroc (Gaudefroy et al., 1963).
- **Agardite** : minéral de cuivre et de terres rares $[(\text{Y,Ca})(\text{Cu}_6(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_6, 3\text{H}_2\text{O})]$, provenant du grand filon du gisement de cuivre de Bouskour qui se trouve à environ 60 km à l'est d'Ouarzazate (Anti-Atlas). Ce minéral a été nommé en hommage à Jules Agard, l'un des pionniers de la géologie du Maroc (Dietrich et al., 1969).
- **Henritermierite** : variété de grenat $[\text{Ca}_3(\text{Mn,Al})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_4]$, trouvée dans le filon du gisement de manganèse de Tachgalt (région d'Ouarzazate, Anti-Atlas). Ce minéral a été nommé en hommage à Henri Termier (1897-1989), pionnier de la géologie du Maroc (Gaudefroy et al., 1969).
- **Melonjosephite** : minéral du phosphate $[\text{CaFe}^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})]$ rencontré dans des pegmatites d'Angarf-Sud (30 km au SSW de Taznakht, Anti-Atlas). C'est un minéral très rare dont les échantillons-types se trouvent dans le Musée de l'Institut de minéralogie de Liège (Belgique). Il a été nommé en l'honneur de Joseph Mélon, professeur de minéralogie en Belgique (Fransolet, 1973).
- **Arhbarite** : minéral de cuivre $[\text{Cu}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3]$ découvert dans la mine d'Arhbar du district cobalto-nickélique de Bou-Azzer, situé à 45 km au sud de Ouarzazate (Anti-Atlas central). Ce minéral a été nommé en référence à la région d'Arhbar où il a été découvert. (Schmetzer, et al., 1982).
- **Imiterite** : minéral d'argent (Ag_2HgS_2) découvert pour la première fois dans la mine d'argent d'Imiter (25 km à l'est de Tinghir, Jbel Sarhro, Anti-Atlas). Ce minéral a été nommé en référence à la mine l'Imiter. (Guillou, et al., 1985).
- **Jouravskite** : minéral de manganèse $[\text{Ca}_3\text{Mn}^{4+}(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)(\text{OH})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$, trouvé dans la mine de manganèse de Tachgalt (région de Ouarzazate, Anti-Atlas). Il a été nommé en l'honneur de George Jouravsky, ayant travaillé comme géologue-en-chef au Service géologique du Maroc. (Gaudefroy & Permingeat, 1963).
- **Gaudefroyite** : minéral de manganèse $[\text{Ca}_4\text{Mn}^{3+}_{2-3}(\text{BO}_3)_3(\text{CO}_3)(\text{O,OH})_3]$ découvert dans la mine de manganèse de Tachgalt (20 km au SSE de Ouarzazate, Anti-Atlas). Ce minéral a été nommé en hommage à l'Abbé Ch. Gaudefroy, qui a grandement contribué à la géologie du Maroc (Jouravsky & Permingeat, 1964).
- **Jacquesdietrichite** : minéral de cuivre, très rare $[\text{Cu}_2(\text{H}_2\text{BO}_3)(\text{OH})_3]$, découvert dans la mine de Tachgalt, situé dans la région de Ouarzazate (Anti-Atlas). Ce minéral a été nommé en l'honneur de Jacques Emile Diettrich, géologue français (1926-2009) qui l'a découvert (Kampf & Favreau, 2004).

La réalisation de cet Atlas du patrimoine minéral marocain a été rendue possible grâce au soutien précieux de plusieurs institutions publiques et privées. Leur collaboration nous a permis d'accéder à leurs collections géologiques et à leur documentation. De plus, les informations complémentaires disponibles sur divers sites Internet ont considérablement enrichi notre travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude envers l'ensemble de ces institutions et sites Internet qui ont contribué à ce projet. Nos remerciements détaillés figurent sur la première page de ce document, dans la section Remerciements.



La présentation du volet "Minéraux du Maroc" de cet Atlas repose sur trois principes fondamentaux, choisis pour leur utilité et leur aspect pratique.

- 1/ Les minéraux seront organisés selon la classification de Strunz, en commençant par les minéraux silicatés (classe 9), suivis des minéraux non-silicatés (lasses 1 à 8).
- 2/ Au sein de chaque groupe de minéraux, un ordre alphabétique sera adopté pour faciliter la recherche.
- 3/ Chaque minéral sera présenté sous forme d'une fiche détaillée. Ces fiches regrouperont une photographie du minéral ainsi que toutes les informations pratiques le concernant, notamment sa composition chimique, son système cristallin, ses propriétés, son mode de gisement et ses associations minérales. Elles incluront également ses occurrences au Maroc, ses domaines d'utilisation et ses particularités.



II-3 Les minéraux silicatés

Parmi les dizaines de minéraux silicatés répertoriés au Maroc, nous nous limiterons à en présenter une vingtaine qui révèlent parfois des cristaux de grande taille, visibles à l'œil nu. Ces minéraux, au-delà de leur intérêt scientifique et économique, se distinguent par leurs élégantes faces cristallines et leurs couleurs attrayantes, les rendant particulièrement prisés des collectionneurs de minéraux.

1- Actinote	8- Épidote	15- Pyrophyllite
2- Agate	9- Grenat	16- Quartz
3- Allanite	10- Hémimorphite	17- Talc
4- Amiante	11- Henritermierite	18- Titanite
5- Andalousite	12- Muscovite	19- Tourmaline
6- Béryl	13- Orthose	20- Vésuvianite
7- Chrysocolle	14- Prehnite	21- Wollastonite

1- Actinote		$\text{Ca}_2(\text{Mg, Fe})_5(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2(\text{OH, F})_2$	Inosilicate
			
Cristaux d'actinote en aiguilles enchevêtrées		Actinote fibreuse d'Imilchil	
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques, aciculaires, lamellaires ou en amas fibreux, parfois sous forme de masses grenues. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : gris-vert à vert-sombre. <i>Eclat</i> : vitreux à soyeux. <i>Dureté</i> : 5,5 à 6. <i>Densité</i> : 2,9 à 3,3.		
Associations minérales	L'actinote correspond à la variété ferromagnésienne de l'amphibole calcique, minéral des roches magmatiques basiques. Elle peut aussi se former par altération des pyroxènes et se trouve également dans les roches métamorphiques calciques.		
Gisements marocains	L'actinote se rencontre dans diverses régions du Maroc, souvent associée aux roches magmatiques et métamorphiques, calciques et basiques. De grands cristaux sont connus dans les régions d'Azegour et d'Imilchil (Haut Atlas).		
Utilisations	L'actinote et l'amiante ont été utilisées dans la fabrication des matériaux isolants, résistants au feu, et comme additifs dans les garnitures des plaquettes de freins.		
Particularités	L'utilisation industrielle de l'actinote et de l'amiante est désormais interdite en raison des graves risques qu'elles présentent pour la santé humaine.		



2- Agate		SiO_2	Amorphe
			
Agate de la région de Midelt		Géode à cœur vide	
Propriétés	<i>Forme</i> : masse compacte ou en géode à cœur cristallisé, reconnaissable par sa zonation fruste et sa cassure esquilleuse. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : variée : blanc, brun ou rouge. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 6,5. <i>Densité</i> : 2,58 à 2,64.		
Associations minérales	L'agate est une forme de silice non cristallisée. Elle constitue la totalité des géodes pleines ou l'écorce des géodes vides, dont la surface interne est souvent tapissée de cristaux de quartz à extrémités pyramidales.		
Gisements marocains	Les géodes d'agate se trouvent dans les couches de basaltes triasiques altérées de diverses régions volcaniques du Maroc : Maroc central, Atlas, Haute Moulouya...		
Utilisations	Comme l'onyx et l'opale, l'agate est une pierre fine utilisée largement en joaillerie. Les grandes masses sont également prisées pour la sculpture d'objets d'art.		



3- Allanite		$(\text{Ce,Ca,Y,La})_2(\text{Al,Fe}^{+3})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$	Sorosilicate
			
Prisme d'allanite dans une pegmatite		Cristaux automorphes d'allanite	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques, tabulaires ou aciculaires, parfois en masses compactes ou grenues. Système cristallin : monoclinique. Couleur : noir à brun, jaunâtre ou rougeâtre. Eclat : gras et vitreux. Dureté : 6,5 à 7. Densité : 3,5 à 4,2.		
Associations minérales	L'allanite appartient au groupe de l'épidote. Elle est courante dans les roches argileuses métamorphisées et les pegmatites des plutons granitiques.		
Gisements marocains	Des concentrations d'allanite sont signalées dans certaines pegmatites des granitoïdes du Maroc, notamment en bordure du pluton granitique hercynien d'Azegour (Haut Atlas occidental) et à Sidi Bou Othmane (Jébilet centrales).		
Utilisations	L'allanite présente un intérêt économique, car elle contient jusqu'à 20 % de terres rares (Ce, Ca, Y, La, etc.) ainsi que d'autres éléments utiles (Th, U, Zr, Ba, P, etc.).		
Particularités	L'allanite peut être utilisée pour la datation géologique des roches magmatiques grâce à ses propriétés cristallographiques.		

4- Amiante (asbeste)		$\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$	Phyllosilicate
			
Échantillon d'amiante fibreuse (chrysotile)		Vue rapprochée des fibres de l'amiante	
Propriétés	Forme : masse fibreuse doux au toucher. Système cristallin : monoclinique. Couleur : blanc, verdâtre à bleuté. Eclat : soyeux. Dureté : 2,5. Densité : 2,5 à 2,6.		
Associations minérale	L'amiante (ou asbeste) appartient au groupe de la serpentine, minéral argileux, proche de la lézardite et de l'antigorite. L'amiante chrysotile résulte de l'altération des roches ultrabasiques magnésiennes riches en olivines et amphiboles.		
Gisements marocains	L'amiante a été exploitée dans la région de Bou Azzer et de Siroua (Anti-Atlas). Elle existe aussi dans le Rif, associée au massif de péridotites de Beni Bousera.		
Utilisations	Elle est utilisée dans la fabrication de textiles résistants aux hautes températures (ex. tenues des pompiers), ainsi que pour la production d'isolants thermiques.		
Particularités	L'utilisation de l'amiante en tant qu'isolant a été interdite en raison des graves risques pour la santé humaine, notamment son caractère cancérigène.		

5- Andalousite		Al ₂ O(SiO ₄)	Nésosilicate
			
Cristaux d'andalousite de sidi Bou Othmane		Sections basales d'andalousite de forme carrée et montrant des croix de chiastolite	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques à section basale carrée, montrant parfois des inclusions charbonneuses en croix. Système cristallin : orthorhombique. Couleur : gris, vert ou rosâtre. Eclat : vitreux à gras. Dureté : 6,5 à 7,5. Densité : 3,12 à 3,16.		
Associations minérales	L'andalousite est un minéral commun dans les schistes du métamorphisme de contact. Elle se trouve aussi dans les pegmatites et roches granitiques alumineuses.		
Gisements marocains	Des cristaux centimétriques d'andalousite existent dans les schistes du métamorphisme de contact de Sidi Bou Othmane (Jébilet centrales), ainsi que dans les schistes situés en bordures des granitoïdes du Maroc central (Oulmès et Ment).		
Utilisations	L'andalousite est utilisée pour la fabrication des réfractaires et des céramiques résistantes aux acides. Les variétés transparentes ont la valeur de pierres gemmes.		
Particularités	L'andalousite est fluorescente sous rayons cathodiques et émet une lumière jaune.		

6- Béryl		Al ₂ (Be ₃ Si ₆ O ₁₈)	Cyclosilicate
			
Prismes de béryl vert dans une pegmatite		Béryl de la région de Taznakht (Anti-Atlas)	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques hexagonaux à extrémités tronquées ou bipyramidales, avec faces striées. Système cristallin : hexagonal. Couleur : incolore, jaune, rosâtre ou verdâtre. Eclat : vitreux, mat à gras. Dureté : 7,5 à 8. Densité : 2,6 à 2,9.		
Associations minérales	Le béryl se rencontre dans les pegmatites, où il est associé au quartz, à l'orthose, à la muscovite, à la topaze... Il est aussi un minéral accessoire dans certaines roches granitiques ainsi que dans des micaschistes et les gneiss.		
Gisements marocains	De grands béryls verdâtres proviennent des pegmatites de la région de Taznakht (Anti-Atlas). De rares béryls se trouvent dans des pegmatites du Maroc central.		
Utilisations	Le béryl est une source de béryllium, utilisé dans l'industrie aéronautique et nucléaire. Les variétés transparentes de béryl, verte (Émeraude), bleue (Aigue-marine) et rose (Morganite), sont des pierres précieuses très prisées en joaillerie.		

7- Chrysocolla	$(\text{Cu}, \text{Al})_2\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Phyllosilicate
		
Chrysocolla avec azurite de Bouskour		Echantillon de chrysocolla à cœur de cuivre
Propriétés	<i>Forme</i> : masses terreuses, cryptocristallines ou concrétionnées, parfois en cristaux aciculaires ou en stalactites. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : bleu turquoise à vert. <i>Eclat</i> : vitreux à terreux. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3,5. <i>Densité</i> : 1,9 à 2,4.	
Associations minérales	Minéral secondaire, la chrysocolla se trouve associée aux minéraux d'altération du cuivre, tels que la malachite et l'azurite, avec lesquels elle peut être confondue.	
Gisements marocains	De très beaux cristaux de chrysocolla proviennent de la mine de cuivre de Bouskour (Jbel Saghro, région de Ouarzazate). On la trouve également dans d'autres mines de cuivre de l'Anti-Atlas (mine de Bleïda) et du Haut Atlas.	
Utilisations	En raison de ses belles couleurs vertes à bleu turquoise, la chrysocolla est utilisée comme pierre semi-précieuse en joaillerie et pour la décoration.	
Particularités	Minéral récemment découvert au Maroc et est apprécié par les collectionneurs.	

8- Epidote	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$	Sorosilicate
		
Epidote verte (pistachite) sur carbonates		Cristaux limpides d'épidote d'Imilchil
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques, allongés ou tabulaires, à faces striées, parfois en masses granulaires. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : vert pistache, vert bouteille, rouge à noir. <i>Eclat</i> : vitreux à résineux. <i>Dureté</i> : 6. <i>Densité</i> : 3,38 à 3,49.	
Associations minérales	L'épidote est commune dans les roches du métamorphisme régional (amphibolites et gneiss) ainsi que dans les skarns en association avec les grenats et les actinotes. C'est également un minéral d'altération secondaire des plagioclases calciques.	
Gisements marocains	Les plus beaux cristaux d'épidote proviennent de la région d'Imilchil (Haut Atlas). L'épidote est aussi signalée dans les skarns de la région d'Azegour.	
Utilisations	L'épidote pistachite, en grands cristaux limpides, a la valeur de pierres semi-précieuses (fausse émeraude). Elle est aussi recherchée par les collectionneurs.	

9- Grenat $X_3Y_2(SiO_4)_3$ - (X = Ca, Mn, Mg ou Fe ; Y = Al, Cr ou Fe)**Nésosilicate**

Grenat andradite sur feldspath (région d'Azgour)



Grenat rouge orangé (région de Nador)

Propriétés

Forme : cristaux en grains arrondis ou en cubes à arêtes tronquées, avec de multiples inter-croissances. *Système cristallin* : cubique. *Couleur* : brun, rouge, orangé, vert ou noir. *Eclat* : vitreux à résineux. *Dureté* : 6 à 7,5. *Densité* : 3,6 à 4,3.

Associations minérales

Les grenats forment un vaste groupe de minéraux compris entre les pôles Mg-Fe-Al-Mn-Cr. Ils se trouvent dans les roches métamorphiques (ex. gneiss) et magmatiques (ex. péridotite), ainsi que dans les roches détritiques (ex. placers).

Gisements marocains

Des cristaux centimétriques de grenat (grossulaires et almandins) se trouvent dans les skarns d'Azegour (Haut Atlas) et de Sidi Bou Othmane (Jébile). Ils sont aussi présents dans les gneiss de Beni Bousera (Rif) et d'Imilchil (Haut Atlas).

Utilisations

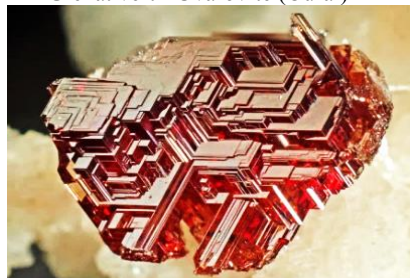
Durs et globuleux, les grenats sont utilisés comme abrasifs. Les variétés limpides et colorées en vert, jaune et rouge sont également des gemmes de grande valeur.

Variétés de grenats

Grenat vert - Uvarovite (Oural)





Grenat brun - Andradite (Grèce)

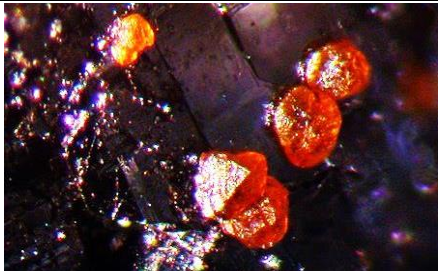





Grenat rouge maclé - Spessartine (Brésil)







Grenat rouge orangé - Grossulaire (Italie)



10- Hémimorphite	$\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})$	Sorosilicate
		
Hémimorphite blanche (mine de Bouskour)		Hémimorphite verte (mine de Bou Azzer)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques aciculaires, à faces striées, parfois en masses à surfaces mamelonnées. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : incolore, bleu, brun, vert ou gris. <i>Eclat</i> : vitreux à adamantin. <i>Dureté</i> : 4,5 à 5. <i>Densité</i> : 3,5.	
Associations minérales	L'hémimorphite est un minéral secondaire des zones d'oxydation des minerais primaires de sulfures de plomb (galène : PbS) et de zinc (blende : ZnS).	
Gisements marocains	De beaux cristaux prismatiques de couleur bleue à vert pâle se trouvent dans les mines de Bouskour et de Bou Azzer (Anti-Atlas). Quelques rares cristaux jaunâtres sont signalés aux environs d'Ijoukak (région de Marrakech-Safi).	
Utilisations	L'hémimorphite forme de beaux minéraux en gerbes, très esthétiques, ce qui les rend très recherchés par les minéralogistes et les collectionneurs.	
Particularités	L'hémimorphite est un minéral luminescent, fluorescent et piézoélectrique.	



11- Henritermierite	$\text{Ca}_3(\text{Mn, Al})_2(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_4$	Nésosilicate
		
Henritermierite sur marokite (Tachgalt)		Henritermierite jaune de Tachgalt
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux globuleux de taille millimétrique ou en forme d'agrégats de grains souvent maclés. <i>Système cristallin</i> : quadratique. <i>Couleur</i> : brun, rouge, orange ou jaune. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : indéterminée. <i>Densité</i> : 3,34 à 3,4.	
Associations minérales	L'henritermierite appartient au groupe des grenats. Elle se trouve sous forme de petits grains remplissant les interstices des gangues des minerais de manganèse, souvent associée à l'hausmannite, la manganite, l'hématite et la calcite.	
Gisements marocains	Minéral découvert pour la première fois dans la mine de manganèse de Tachgalt (Maroc) en association avec la marokite, la gaudefroyite, la calcite et la barytine.	
Utilisations	Minéral intéressant pour la recherche en minéralogie et en cristallographie.	
Particularités	Minéral très rare, typique du Maroc, que l'on trouve également en Afrique de Sud.	

12- Muscovite	$\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	Phyllosilicate
		
Muscovite dans pegmatite (Sidi Bou Othmane)		Paillettes gris-argenté de muscovite
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux tabulaires à section basale hexagonale, parfois en agrégats d'écailles ou en masses foliacées. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : blanc à gris argenté. <i>Eclat</i> : vitreux, nacré à soyeux. <i>Dureté</i> : 2,5. <i>Densité</i> : 2,8 à 3.	
Associations minérales	Minérale fréquent dans les granites et les pegmatites, la muscovite se trouve aussi dans les roches métamorphiques (micaschistes) et les roches détritiques.	
Gisements marocains	Des grandes muscovites, de taille décimétrique, se trouvent dans les pegmatites de la région de Taznakht (Anti-Atlas) et celles de Sidi Bou Othmane (Jébilet).	
Utilisations	La muscovite est utilisée comme isolant électrique et thermique. Elle sert également dans diverses industries : caoutchouc, papeterie, céramique, etc.	

13- Orthose	KAlSi_3O_8	Tectosilicate
		
Cristaux d'orthose rose (région de Midelt)		Cristaux d'orthose blanche (région d'Imilchil)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux tabulaires souvent maclés (macles de Carlsbad) ou en masse compacte. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : blanc, gris, jaune, rose ou rouge. <i>Eclat</i> : vitreux, gras à nacré. <i>Dureté</i> : 6 à 6,5. <i>Densité</i> : 2,55 à 2,63.	
Associations minérales	L'orthose est un constituant essentiel des roches acides telles que les granitoïdes, gneiss, migmatites. Elle forme, avec le quartz, la majeure partie des pegmatites.	
Gisements marocains	De grandes masses d'orthose proviennent des pegmatites de la région de Taznakht (Anti-Atlas) et de Sidi Bou Othmane (Jébilet). De beaux cristaux d'orthose blanche et rose proviennent des régions de Midelt et d'Imilchil.	
Utilisations	L'orthose est utilisée dans l'industrie de la céramique, de la verrerie ainsi comme isolant électrique. Les variétés d'orthose limpide sont prisées en joaillerie.	
Particularités	L'altération de l'orthose par hydrolyse donne le kaolin, une argile blanche noble.	

14- Prehnite	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Phyllosilicate
		
Prehnite verte de la mine d'El Hammam		Prehnite vert-pâle de la région d'Imilchil
Propriétés	<i>Forme</i> : agrégats cristallins, formant des masses arrondies, fibroradiées ou mamelonnées. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : incolore, gris, jaune ou verdâtre. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 6 à 6,5. <i>Densité</i> : 2,86 à 2,98.	
Associations minérales	Minéral hydrothermal secondaire de basse température qui se forme généralement dans des fissures et des cavités des roches éruptives basiques et des schistes cristallins. Elle est souvent associée à la calcite et aux zéolites.	
Gisements marocains	De très beaux cristaux, aux formes et teintes variées, proviennent de différentes régions du Maroc, notamment Imilchil, El Hammam, Bou Arfa, Midelt.	
Utilisations	Les variétés de prehnite, aux couleurs vives, au grand éclat et de dureté élevée, sont utilisées en joaillerie. La prehnite est aussi prisee par les collectionneurs.	

15- Pyrophyllite	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	Phyllosilicate
		
Pyrophyllite argenté disposée en gerbe		Variété de pyrophyllite verte et luisante
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux en lamelles fines à disposition radiaire, parfois en agrégats ou en masses compactes. <i>Système cristallin</i> : triclinique. <i>Couleur</i> : blanc, gris jaune ou vert. <i>Eclat</i> : nacré, mat à soyeux. <i>Dureté</i> : 1 à 2. <i>Densité</i> : 2,65 à 2,9.	
Associations minérales	La pyrophyllite se trouve dans les roches schisteuses, souvent associée au disthène, dont elle dérive par altération. Elle est également présente dans les formations hydrothermales, en association avec le quartz, la topaze, les micas...	
Gisements marocains	La pyrophyllite est signalée dans différentes régions du Maroc, sous forme de petits gisements, notamment dans les régions de Tassaout et d'Aït Azegrou, à l'ENE de Taroudannt et dans le massif de l'Ougnat (Anti-Atlas oriental).	
Utilisations	La pyrophyllite est utilisée comme additif pour la fabrication des céramiques et trouve aussi des applications en papeterie, textile, peinture, cosmétique et autres.	

16- Quartz	SiO ₂	Tectosilicate
		
Quartz - cristal de roche (région d'Alnif)		Cristal de quartz améthyste
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques à extrémités bipyramidales, également en masses cryptocristallines ou compactes. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : blanc, gris, jaune, rose, violet... <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 7. <i>Densité</i> : 2,65.	
Associations minérales	Le quartz est le principal constituant des roches magmatiques acides (ex. les granitoïdes), métamorphiques (ex. les gneiss) et sédimentaires (ex. les grès). Il forme la gangue des minéralisations filoniennes à or, argent, étain, tungstène, etc.	
Gisements marocains	Le quartz est abondant au Maroc et se trouve dans différentes régions sous forme de cristal de roche, de quartz fumé, de géodes d'améthyste, etc.	
Utilisations	Le quartz est la matière principale pour l'industrie du verre, des émaux et des abrasifs. Il est utilisé aussi dans le domaine de l'électricité et de l'électronique.	
Particularités	En raison de sa propriété piézoélectrique, le quartz est utilisé dans l'électronique et en horlogerie, notamment pour les montres à quartz.	

Variétés de quartz



Géode de quartz blanc





Partie d'une géode de quartz améthyste

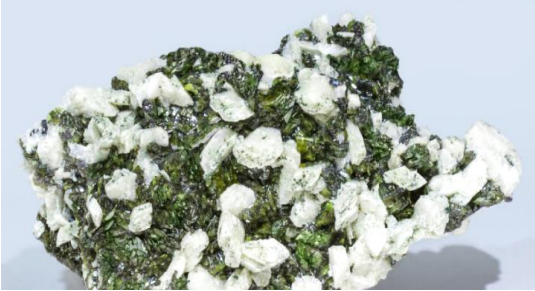
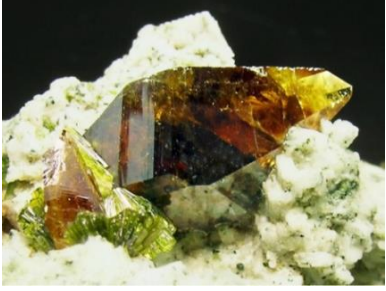


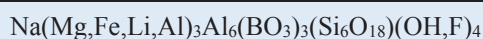
Quartz fumé



Quartz rouge (région de Tinjdad)

17- Talc	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	Phyllosilicate
		
Amas folié de talc verdâtre		Talc blanc réduit en poudre
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux flexibles, masses foliées ou finement grenues, se caractérisant par un toucher doux. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : incolore, blanc, gris verdâtre ou brunâtre. <i>Eclat</i> : gras à nacré. <i>Dureté</i> : 1,0. <i>Densité</i> : 2,6 à 2,8.	
Associations minérales	Le talc se forme dans les zones du métamorphisme des roches basiques magnésiennes et provient de l'altération des pyroxènes, amphiboles et olivines.	
Gisements marocains	Des gisements et indices de talc sont connus dans la région de N'kob et au niveau du district à cobalt-nickel de Bou Azzer (massif de Siroua, Anti-Atlas central).	
Utilisations	Le talc est utilisé en tant qu'absorbant et lubrifiant en cosmétique, mais également comme charge dans le papier, la peinture, la céramique, le caoutchouc, etc.	
Particularités	Le talc est le minéral le plus tendre au monde (n°1 sur l'échelle de dureté de Mohs).	

18- Titanite (sphène)	$CaTi(SiO_4)O$	Nésosilicate
		
Titanite sur orthose (région d'Imilchil)		Cristal de titane à éclat résineux
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques de forme losangique ou aplatie, souvent maclés, parfois en groupements granulaires. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : vert, jaune, brune, rose... <i>Eclat</i> : résineux. <i>Dureté</i> : 5 à 5,5. <i>Densité</i> : 3,48 à 3,6.	
Associations minérales	La titanite (ou sphène) est un minéral accessoire des roches plutoniques acides et intermédiaires. Elle se trouve dans les roches métamorphiques (gneiss, schistes...) en association avec l'albite, la chlorite, l'épidote, l'apatite, la monazite...	
Gisements marocains	La titanite se trouve en cristaux microscopiques dans les roches plutoniques et métamorphiques du Maroc central et de l'Anti-Atlas. De beaux cristaux de titanite de tailles millimétriques proviennent de la région d'Imilchil (Haut Atlas oriental).	
Utilisations	La titanite est une source de titane. Les grands cristaux de titanite limpides ont une valeur de pierre fine en bijouterie et sont très prisés par les collectionneurs.	

19- Tourmaline

Cyclosilicate



Tourmaline noire dans pegmatite (Maroc central)



Cristal de tourmaline à faces striées

Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques, à faces striées et à section triangulaire, en aiguilles ou en masses microcristallines. <i>Système cristallin</i> : rhomboédrique. <i>Couleur</i> : rose, verte, jaune ou noire. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 7 à 7,5. <i>Densité</i> : 3 à 3,2.
Associations minérales	La tourmaline est fréquente dans les filons hydrothermaux et dans les pegmatites liées aux roches granitiques. C'est un minéral accessoire des roches magmatiques et métamorphiques et se trouve aussi dans les terrasses alluviales (placers).
Gisements marocains	De grands cristaux prismatiques de tourmaline noire se trouvent dans les pegmatites liées aux plutons granitiques du Maroc central et de l'Anti-Atlas.
Utilisations	La tourmaline est utilisée en industrie électrique. Les variétés rouge (rubellite) et bleue (indigolite) sont très prisées en joaillerie comme pierres semi-précieuses.
Particularités	La tourmaline se distingue par ses propriétés piézoélectriques et pyroélectriques.

Variétés de tourmaline



Tourmaline rose (Elbaïte) du Rif



Tourmaline verte (Verdelite)



Tourmaline brune (Elbaïte) du Rif



Tourmaline multicolore (Melon d'eau)

20- Vésuvianite	$\text{Ca}_{10}(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4(\text{SiO}_4)_5(\text{Si}_2\text{O}_7)_2 (\text{OH,F})_4$	Sorosilicate
------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------



Cristaux de vésuvianite brune des skarn d'Azegour



Vésuvianite de Sidi Bou Othmane

Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques trapus à faces striées. <i>Système cristallin</i> : quadratique. <i>Couleur</i> : jaune, brun à vert. <i>Eclat</i> : vitreux à résineux. <i>Dureté</i> : 6,5. <i>Densité</i> : 3,4.
Associations minérale	La vésuvianite (ou idocrase) est un minéral du métamorphisme de contact des roches calcaires (skarns) et des roches magmatiques alcalines (ex. syénites). Elle est souvent associée aux grenats andradite, à l'amphibole-Ca et à la wollastonite.
Gisements marocains	De grands cristaux de vésuvianite verte à brune et à éclat résineux se trouvent dans les skarns d'Azegour (Haut Atlas occidental) et de Sidi Bou Othmane (Jébilet). De beaux cristaux isolés proviennent de la région d'Imilchil (Haut Atlas oriental).
Utilisations	Les cristaux transparents de vésuvianite ont une valeur de pierre semi-précieuse.
Particularités	Minéral voisin de la famille des grenats dont il se distingue par son habitus.

21- Wollastonite	$\text{Ca}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)$	Inosilicate
-------------------------	--------------------------------------	-------------



Wollastonite blanche en gerbes radiées



Wollastonite fibreuse (Maroc central)

Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux en gerbes radiées ou masses granuleuses. <i>Système</i> : triclinique. <i>Couleur</i> : incolore, grise à vert. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 4,5 à 5. <i>Densité</i> : 2,8 à 3,1.
Associations minérales	La wollastonite est un minéral typique des roches du métamorphisme de contact d'origine calcaire (skarns) et se trouve associée à la calcite, au grenat-Ca, au diopside... Elle se rencontre également dans les roches magmatiques alcalines.
Gisements marocains	Des gisements et indices de wollastonite sont connus dans les régions de Sibara (Maroc central) et autour du granite d'Azegour (Haut Atlas occidental), ainsi que dans différentes localités du vaste domaine métamorphique de l'Anti-Atlas.
Utilisations	La wollastonite est utilisée, pour ses propriétés physico-chimiques, dans divers domaines industriels : la céramique, le papier, le caoutchouc et le plastique...

II-4 Les minéraux non-silicatés

Les minéraux non-silicatés ne contiennent pas le tétraèdre $[\text{SiO}_4]^{4-}$ et correspondent aux classes 1 à 8 dans la classification de Strunz. Au Maroc, de nombreuses espèces et variétés de minéraux non-silicatés ont été répertoriées. À l'instar des minéraux silicatés, nous nous limiterons, dans cet Atlas, à présenter et décrire certains minéraux non-silicatés particulièrement représentatifs au Maroc, qui se distinguent par leurs formes et leurs couleurs remarquables. De plus, nous avons sélectionné des minéraux appartenant à chacun des huit groupes de la classification de Strunz.



II-4.1 Éléments natifs. Les minéraux natifs sont composés d'un seul élément chimique à l'état pur. Au Maroc, quatre éléments natifs majeurs sont particulièrement présents : l'argent, le cuivre, le graphite et l'or.





1- Argent



2- Cuivre

3- Graphite

4- Or

1-Argent	Ag	Élément Natif
		
	Argent natif à aspect filamenteux de la Mine d'Imiter Plaquette d'argent d'Imiter	
Propriétés	<i>Forme</i> : souvent en écailles, en masses filamenteuses, en agrégats arborescents ou en plaquettes, rarement en petits cristaux automorphes. <i>Système cristallin</i> : cubique. <i>Couleur</i> : blanc argenté. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3. <i>Densité</i> 10 à 11.	
Associations minérales	L'argent se trouve sous forme d'amalgames associé à l'or, au mercure et à l'antimoine dans les filons hydrothermaux. Il se trouve également dans les zones de céméntation des gisements de sulfures de plomb (galène) et de zinc (sphalérite).	
Gisements marocains	Les principaux gisements marocains d'argent natif se trouvent dans l'Anti-Atlas, à Imiter (région de Tinghir) et à Zgounder (région de Siroua). L'argent est extrait comme sous-produit des mines de Pb, Zn, Cu à Tighza, Touissit, Bou Azzer, etc.	
Utilisations	L'argent est largement utilisé dans l'industrie chimique, l'électronique, la photographie et la radiographie. Il est également très prisé en joaillerie et sert à la frappe de monnaie et des médailles.	
Particularités	L'argent est un métal malléable et ductile avec un fort pouvoir réflecteur (95 %).	

2-Cuivre	Cu	Elément Natif
		
	Cuivre natif de la mine d'Oumjrane (Alnif) Cuivre natif et malachite (mine Bouskour)	
Propriétés	<i>Forme</i> : masses compactes ou agrégats dendritiques et arborescents et rarement en cristaux automorphes. <i>Système cristallin</i> : cubique. <i>Couleur</i> : rouge cuivre. <i>Eclat</i> : métallique, avec patine d'altération verte. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3. <i>Densité</i> : 8,95.	
Associations minérales	Le cuivre natif se trouve généralement en petite quantité dans les zones d'altération des gisements de sulfures de cuivre. Il est également présent, bien que plus rarement, dans les cavités des roches basaltiques ainsi que dans certains grès et conglomérats.	
Gisements marocains	Des grains et des dendrites de cuivre natif existent dans plusieurs gisements de sulfures de cuivre au Maroc, principalement dans les mines de l'Anti-Atlas telles que Oumjrane-Bou N'Has, Bouskour, Agoulzi, Taznakht et Bleïda.	
Utilisations	Le cuivre est utilisé surtout dans l'industrie électrique (circuits imprimés, fils électriques) ainsi que pour la fabrication d'alliages tels que le laiton et le bronze.	
3-Graphite	C	Elément Natif
		
	Amas lamellaire et plissé du graphite Section hexagonale de graphite	
Propriétés	<i>Forme</i> : lamelles à surface striée ou masses foliacées terreuses et parfois en cristaux tabulaires à base hexagonale. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : gris de plomb à noir. <i>Eclat</i> : métallique sombre. <i>Dureté</i> : 1 à 2. <i>Densité</i> : 2,1 à 2,3.	
Associations minérales	Le graphite cristallise à partir de la matière organique et se trouve disséminé dans les roches métamorphiques de HT-BP (schistes et calcaires graphiteux). Il se rencontre parfois dans les filons hydrothermaux et les pegmatites.	
Gisements marocains	Des concentrations modestes de graphite se trouvent au Maroc, notamment à Sidi Bou Othmane (région des Jébilet) et dans le massif de Beni Bousera (Rif).	
Utilisations	Le graphite est principalement utilisé pour les mines de crayons, mais aussi dans diverses industries en tant que conducteur, lubrifiant, colorant, et autres.	
Particularités	Les isotopes du carbone (^{13}C et ^{14}C) servent pour la datation radiométrique.	

4-Or	Au	Elément Natif
		
Or natif dans une gangue de quartz		Or sur un fond de malachite (mine de Bleïda)
Propriétés	Forme : en grains éparpillés ou en dendrites, parfois en petites masses arrondies (pépites) et rarement en cristaux automorphes. Système cristallin : cubique. Couleur : jaune d'or. Eclat : métallique. Dureté : 2,5 à 3. Densité : 19,3.	
Associations minérales	L'or est fréquent dans les filons de quartz liés aux granitoïdes en association avec la pyrite, le mispickel... Il se trouve également dans les amas sulfurés avec des sulfures et des arséniures. Il se rencontre aussi dans les dépôts alluvionnaires (placers).	
Gisements marocains	Les principales mines d'or du Maroc sont celles d'Akka (Boutonnière de Tagragra d'Akka) et de Tiouit (région de Tinghir). L'or est aussi extrait comme sous-produit dans d'autres mines : Bleïda (Anti-Atlas), Tighza (Maroc central), etc.	
Utilisations	L'or est utilisé depuis l'Antiquité en joaillerie et pour la frappe de monnaie. Il est également employé dans la fabrication de composants électroniques.	
Particularités	L'or se distingue par sa grande malléabilité, permettant de fabriquer des fils et des feuillets très fins, pouvant atteindre une épaisseur de l'ordre de 0,01 micromètre.	
Variétés d'or		



Or natif en cristaux octaédriques



Or en cristaux dendritiques





Or en amas arborescent



Grosse pépite d'or d'environ 6 cm

II-4.2 Sulfures et sulfosels. De nombreuses espèces de sulfures et de sulfosels sont répertoriées au Maroc. Au moins 19 d'entre elles sont largement répandues et présentent une grande diversité de forme et de couleur, parfois très spectaculaires.

1- Acanthite	2- Allargentum	3- Blende	4- Chalcocite
5- Chalcopyrite	6- Cinabre	7- Covellite	8- Djurleite
9- Galène	10- Imitérite	11- Marcassite	12- Mispickel
13- Molybdénite	14- Proustite	15- Pyrite	16- Pyrrhotite
17- Réalgar	18- Skuttérudite	19- Stibine	

1-Acanthite	Ag_2S	Sulfure
		
Crystal pyramidal d'Acanthite d'Imiter		Acanthite sur quartz d'Imiter
Propriétés	<i>Forme</i> : en cristaux octaédriques avec extrémités pyramidales, parfois groupés de manière parallèle. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : gris de plomb à noir. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> : 2 à 2,5. <i>Densité</i> : 7,2 à 7,4.	
Associations minérales	L'acanthite se trouve comme minéral primaire dans des filons hydrothermaux en association avec l'argent natif, l'argentite, la pyrolusite, et autres. Elle provient également de l'altération des minerais de sulfures et sulfosels et de l'argent primaire.	
Gisements marocains	Les principaux cristaux d'acanthite, souvent remarquables par leurs formes esthétiques, proviennent des mines d'argent d'Imiter et d'Igoudrane (Anti-Atlas).	
Utilisations	Principal minerai d'extraction de l'argent métal, pouvant fournir jusqu'à 87 % d'argent pur. Minéraux de formes spectaculaires, très prisés par les collectionneurs.	


Variétés d'acanthite


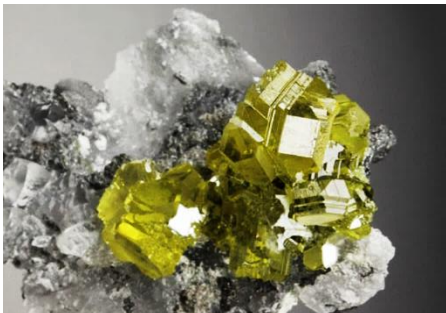


Acanthite de forme arborescente






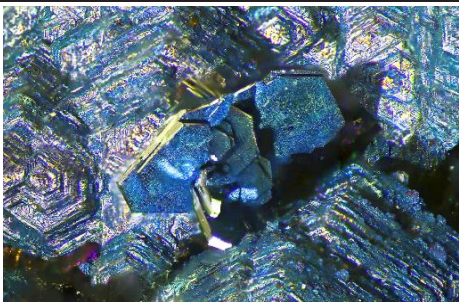
Cristaux d'acanthite à surfaces striées



2-Allargentum		Ag _{1-x} Sb _x (x = 0,09-0,16)	Sulfure
			
Allargentum sur calcite (mine de Bouismas)		Cristaux filamenteux d'allargentum	
Propriétés	<i>Forme</i> : souvent en grains ou filaments et parfois en petits agrégats avec intercroissance avec l'argent natif. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : gris argenté. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> : 3,5 à 4. <i>Densité</i> : 10 à 10,12.		
Associations minérales	L'allargentum se trouve dans des filons hydrothermaux en association avec l'argent natif ainsi qu'à divers sulfures tels que l'argentite et la pyrolusite, entre autres.		
Gisements marocains	Les principaux cristaux d'allargentum proviennent de la mine de Bouismas, située dans le district minier de Bou Azzer (Anti-Atlas central). Ce minéral extrêmement rare est connu seulement au Maroc, au Canada et en Allemagne.		
Utilisations	Minéral d'extraction de l'argent métal. En raison de sa rareté et de ses formes singulières, il est très recherché par les musées et les collectionneurs de minéraux.		



3- Blende (Sphalérite)		ZnS	Sulfure
			
Blende brun rouge de la mine d'Imiter		Blende jaune de la mine de Bou Azzer	
Propriétés	<i>Forme</i> : groupements de cristaux tétraédriques, tronqués et maclés, rarement en masses granulaires ou fibreuses. <i>Système cristallin</i> : cubique. <i>Couleur</i> : jaune à brun-noir. <i>Eclat</i> : résineux à submétallique. <i>Dureté</i> : 3,5 à 4. <i>Densité</i> : 3,9 à 4,2.		
Associations minérales	La blende (ou sphalérite) est souvent associée à la galène (PbS) dans des filons hydrothermaux et peut également se rencontrer dans des pegmatites.		
Gisements marocains	La blende est commune dans toutes les mines de Pb-Zn du Maroc. De très beaux cristaux de grande taille provenaient de la mine de Goundafa (région de Marrakech).		
Utilisations	La blende est le principal minéral d'extraction du zinc, un élément essentiel dans la fabrication des alliages métalliques. Les cristaux de blende limpides et aux couleurs vives sont prisés comme pierres semi-précieuses et utilisées en joaillerie.		


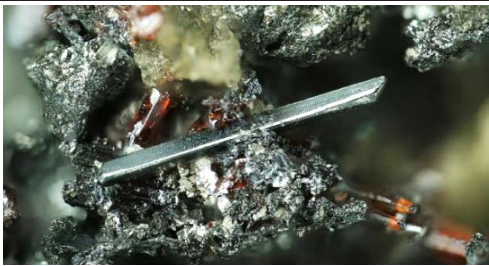
4- Chalcosite		Cu ₂ S	Sulfure
			
Chalcocite sur quartz de la mine de Bouskour		Enchevêtrement de cristaux de chalcocite	
Propriétés	Forme : cristaux isolés, tabulaires ou prismatiques, avec section basale hexagonale et parfois en cristaux enchevêtrés. Système cristallin : monoclinique. Couleur : gris-noir avec irisations bleutées. Eclat : métallique. Dureté : 2,5 à 3. Densité : 5,5 à 5,8.		
Associations minérales	La chalcocite primaire se trouve en cristaux automorphes dans des filons hydrothermaux à gangue quartzreuse. Elle peut être secondaire dans les zones d'oxydation des sulfures de cuivre associée à la chalcopirite, covellite...		
Gisements marocains	La chalcosite se trouve fréquemment associée à la covellite dans la plupart des mines de cuivre du Maroc, notamment à Bouskour, Bleïda et Kettara. De très beaux cristaux de chalcocite proviennent de la mine de Bouskour (Anti-Atlas oriental).		
Utilisations	La chalcocite est un important minéral d'extraction du cuivre (80 %). Les cristaux à forte irisation bleutée sont très recherchés par les collectionneurs de minéraux.		



5- Chalcopirite		CuFeS ₂	Sulfure
			
Chalcopirite sur quartz (mine de Bou N'Has)		Chalcopirite en cristaux maclés	
Propriétés	Forme : souvent en masses compactes ou microcristallines, avec de nombreuses mâcles interpénétrées. Système cristallin : quadratique. Couleur : jaune laiton avec ternissement irisé. Eclat : métallique. Dureté : 3,5 à 4. Densité : 3,9 à 4.		
Associations minérales	La chalcopirite forme la masse principale des amas sulfurés volcano-sédimentaires. Elle se trouve aussi dans les skarns, avec scheelite et la molybdénite, ainsi que dans les porphyres cuprifères et les filons hydrothermaux à gangue de quartz et de calcite.		
Gisements marocains	La chalcopirite se présente dans diverses mines de cuivre du Maroc, notamment à Bleïda, Bouskour, Tiouit (Anti-Atlas), Azegour (Haut Atlas), Kettara (Jébilet), etc.		
Utilisations	La chalcopirite est responsable de près de 80% de la production mondiale de cuivre. Elle renferme aussi des quantités intéressantes d'or et d'argent comme sous-produits.		



6- Cinabre	HgS	Sulfure
		
Cristaux de cinabre sur quartz (mine d'Imiter)		Groupement de cristaux de cinabre (Imiter)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux tabulaires épais ou prismatiques avec des surfaces striées, parfois en masses grenues. <i>Système cristallin</i> : rhomboédrique. <i>Couleur</i> : rouge vif à rouge marron. <i>Eclat</i> : adamantin à métallique. <i>Dureté</i> : 2 à 2,5. <i>Densité</i> : 8 à 8,2.	
Associations minérales	Le cinabre cristallise dans les zones d'activité volcanique récentes et au niveau des sources à émanation de fluides chauds. Il se trouve également dans des filons hydrothermaux, en association avec le mercure, la stibine, le réalgar, le quartz...	
Gisements marocains	Le cinabre est bien présent dans la mine d'Imiter (Anti-Atlas) où il se retrouve associé aux amalgames d'argent. Des indices de cinabre sont signalés dans d'autres régions du Maroc, notamment dans le Rif, le Maroc central, les Jébil et le H. Atlas.	
Utilisations	Principal minéral de mercure (86,2%). Il a été utilisé comme pigment (vermillon). Aujourd'hui, il est à la base de la fabrication des détonateurs d'explosifs.	
7- Covellite	CuS	Sulfure
		
Covellite en cristaux lamellaires		Sections hexagonales de la covellite (Bou Azzer)
Propriétés	<i>Forme</i> : en cristaux tabulaires ou en plaques et rarement en encroûtements sur les roches minéralisées en cuivre. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : bleu indigo avec irisations pourpres. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> : 1,5 à 2. <i>Densité</i> : 4,7.	
Associations minérales	La covellite résulte de l'altération des minerais de cuivre et se trouve dans les zones d'oxydation, en association avec la chalcocite, la bornite, les oxydes de fer...	
Gisements marocains	La covellite est fréquemment associée à la chalcocite dans les mines de cuivre du Maroc (ex. Bleïda et Kettara). De très beaux cristaux proviennent de Bou Azzer.	
Utilisations	La covellite est un minéral d'extraction du cuivre. Les cristaux de covellite, en grandes lamelles, avec de fortes irisations bleutées sont très recherchés par les musées de minéralogie et les collectionneurs de minéraux.	



8- Djurleite		Cu ₃₁ S ₁₆	Sulfure
			
Djurleite de la mine d'Aït Ahmane (Bou Azzer)		Cristaux lamellaires et maclés de djurleite	
Propriétés	Forme : souvent en cristaux prismatiques ou en tablettes à surfaces maclées et parfois en masses granulaires. Système cristallin : monoclinique. Couleur : gris-fer à noir. Eclat : métallique à submétallique. Dureté : 2,5 à 3. Densité : 5,6 à 5,7.		
Associations minérales	La djurleite est fréquente dans la nature, mais elle reste peu connue comme minéral de cuivre. Elle se trouve dans les gisements de cuivre en association avec divers sulfures et sulfates, tels que la chalcocite, la bornite, la chalcopyrite et autres.		
Gisements marocains	La djurleite est présente dans la majorité des mines de cuivre du Maroc. De très beaux cristaux proviennent de la mine de cuivre d'Aït Ahmane (Bou Azzer).		
Utilisations	Intéressant minéral d'extraction du cuivre et constitue de belles pièces de collection.		

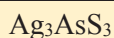
9- Galène		PbS	Sulfure
			
Cristal cubique de galène		Galène sur chalcopyrite (mine de Bou N'Has)	
Propriétés	Forme : cristaux cubiques avec macles par pénétration ou accolement et un triple plan de clivage, parfois en masses grenues. Système cristallin : cubique. Couleur : gris de plomb à gris argenté. Eclat : métallique. Dureté : 2,5. Densité : 7,4 à 7,6.		
Associations minérales	On trouve la galène dans les filons hydrothermaux, associée à la blende, l'argentite, la pyrite... et souvent prise dans une gangue de quartz, de calcite ou de barytine. La galène se rencontre aussi dans des skarns et certaines roches d'origine sédimentaire.		
Gisements marocains	Au Maroc, la galène est abondante dans les mines de plomb-zinc, notamment à Touissit, Tighza et Mibladen. Les spécimens remarquables, avec de gros cristaux gris-argenté (galène argentifère) proviennent de la région de Tafilt.		
Utilisations	En tant que principal minéral de plomb (concentrant 86,6 % de ce métal), la galène est aussi une source secondaire d'argent et d'or. Les échantillons de galène bien cristallisés sont très prisés comme pièces de collection.		
Particularités	Localement, la galène est connue sous le nom de Tazoult (terme berbère). En poudre très fine, elle est utilisée par les femmes comme fard pour les yeux (K'houl).		

10- Imitérite	Ag_2HgS_2	Sulfure
		
Imitérite sur quartz (mine d'Imiter)		Imitérite avec proustite et acanthite (mine d'Imiter)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux en aiguilles fines, mesurant quelques millimètres. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : gris-blanc à gris-fer. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3. <i>Densité</i> : 7,846 (calculée).	
Associations minérales	L'imitérite se trouve dans des veines hydrothermales de basse température, étroitement associée à l'argentite, la proustite, l'acanthite, l'argent natif et autres.	
Gisements marocains	L'imitérite est connue exclusivement dans les filons argentifères de la mine d'Imiter (région de Tinghir), en liaison complexe avec la blende, la galène, la chalcopryrite...	
Utilisations	L'imitérite constitue un minerai très rare d'argent et de mercure. Elle est très recherchée par les minéralogistes et les collectionneurs de minéraux.	
Particularités	L'imitérite a été nommé en l'honneur de la mine d'argent d'Imiter, lieu où elle a été découverte pour la première fois, en 1983.	

11- Marcassite	FeS_2	Sulfure
		
Marcassite sur calcite de la région d'El Hammam		Coupe d'un nodule de marcassite
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux souvent tabulaires, parfois en masses ou stalactites ou fibres rayonnantes, formant des nodules. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : jaune de bronze pâle. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> 6 à 6,5. <i>Densité</i> : 4,8 à 4,9.	
Associations minérales	Minéral fréquent dans les filons hydrothermaux, souvent associé à la pyrite et aux minerais de Pb et Zn. La Marcassite se trouve dans les zones réductrices et dans les roches sédimentaires en concrétions ou parfois en remplacement des fossiles.	
Gisements marocains	La marcassite s'observe dans différentes provinces métalliques, sous forme de petits cristaux saupoudrant la barytine crétée (Jébilet, Haute Moulouya, Haut Atlas). Elle se trouve également en nodules dans des niveaux de schistes paléozoïques.	
Utilisations	La marcassite est exploitée pour la production de l'acide sulfurique. En raison de son aspect esthétique, jaune métallique, elle est utilisée comme objet de décoration.	

12- Mispickel (Arsénopyrite)		FeAsS	Sulfosel
			
Cristaux de mispickel (mine de Tighza)		Cristaux pyramidés de mispickel (mine d'Imiter)	
Propriétés	Forme : souvent en cristaux prismatiques, maclés et à surfaces striées, parfois en masses compactes ou granulaires. Système cristallin : monoclinique. Couleur : gris d'argent, ternissement brun. Eclat : métallique. Dureté : 5,5 à 6. Densité : 5,9 à 6,2.		
Associations minérales	Le mispickel est fréquent dans les filons hydrothermaux de haute température, liés aux plutons granitiques. Il se trouve également associé à l'or, à l'étain, au tungstène et à l'argent ainsi qu'en cristaux disséminés dans les roches calcaires.		
Gisements marocains	Le mispickel est décrit dans les filons de quartz minéralisés, situés au contact des granitoïdes du Maroc central (ex. Moulay Bou Azza et Tighza). Il est signalé aussi dans les gîtes polymétalliques, les amas sulfurés et les gisements de cobalt-nickel.		
Utilisations	Principal minerai d'extraction de l'arsenic (46%). Son exploitation génère des quantités significatives de sous-produits de métaux précieux, comme l'or et l'argent.		

13-Molybdénite		MoS ₂	Sulfure
			
Molybdénite dans les skarns d'Azegour		Lamelles hexagonales de molybdénite	
Propriétés	Forme : en cristaux tabulaires à contour hexagonal, parfois en agrégats lamellaires ou en masses écailleuses. Système cristallin : hexagonal. Couleur : gris de plomb à gris-plomb bleuâtre. Eclat : métallique. Dureté : 1 à 1,5. Densité : 4,6 à 4,8.		
Associations minérales	La molybdénite est fréquente dans les skarns à grenatite où elle forme des gisements exploitables. Elle se rencontre plus rarement dans certains filons de quartz et dans les pegmatites, en association avec de l'étain (Sn) et du tungstène (W).		
Gisements marocains	Une concentration importante de molybdénite en grandes lamelles existe dans la mine d'Azegour (Haut Atlas occidental). Des indices de molybdénite sont signalés au niveau de certains filons de quartz à Sn et W, dans diverses régions du Maroc.		
Utilisations	La molybdénite est un important minerai d'extraction du molybdène, avec une teneur atteignant les 60% de Mo. C'est un excellent lubrifiant à sec et sert pour la fabrication d'alliages résistants à la température et à la corrosion.		

14- Proustite**Sulfosel**

Proustite granulaire (mine d'Imiter)



Proustite en cristaux prismatiques rouges (Imiter)

Propriétés

Forme : en cristaux prismatiques, à extrémités tronquées, maclés et à surface striée, parfois en masses granulaires. *Système cristallin* : rhomboédrique. *Couleur* : rouge, noircissant avec le temps. *Eclat* : adamantin. *Dureté* : 2 à 2,5. *Densité* : 5,5 à 5,6.

Associations minérales

La proustite est un minéral des filons à sulfures d'origine hydrothermale de basse température. Elle se forme dans les zones oxydées, en association avec d'autres minerais d'argent et de sulfures variés, tels que l'arsenic, l'acanthite, etc.

Gisements marocains

Les plus beaux spécimens de proustite proviennent de la mine d'argent d'Imiter (région de Tinghir, Anti-Atlas). Ces cristaux se distinguent par leur esthétique remarquable, bien qu'ils soient généralement de taille millimétrique.

Utilisations

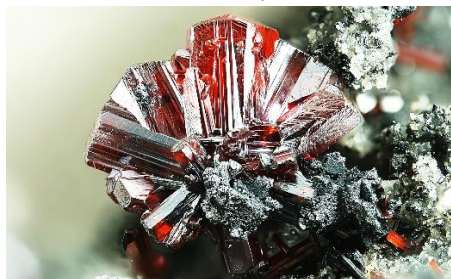
La proustite est un excellent minéral d'argent avec une teneur de 65,4%. C'est aussi un minéral très prisé par les collectionneurs pour sa couleur et son éclat attrayants.

Variétés de proustite

Proustite à faces striés (mine de Bou Azzer)





Proustite de couleur terne (mine de Bouismas)



Proustite en prismes radiés (mine d'Imiter)



Proustite rouge vif (mine Aït Ahmane)

15- Pyrite	FeS ₂	Sulfure
		
	Pyrite en cubes interpénétrés (mine de Guemassa) Pyrite en lamelles (mine de Bou N'Has)	
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux souvent cubiques ou dodécaédriques, à faces striées et à macles d'interpénétration, parfois en masses compactes. <i>Système cristallin</i> : cubique. <i>Couleur</i> : jaune-laiton pâle. <i>Eclat</i> : métallique. <i>Dureté</i> : 6 à 6,5. <i>Densité</i> : 4,8 à 5.	
Associations minérales	La pyrite est un minéral commun des filons de quartz minéralisés à galène, blende et or. Elle se trouve aussi dans les roches magmatiques basiques ainsi que dans les roches métamorphiques et sédimentaires.	
Gisements marocains	La pyrite se trouve dans divers gisements de sulfures et d'oxydes de fer du Maroc. De très beaux cristaux de taille centimétrique proviennent des mines de Guemassa (région de Marrakech) et de Ouixane (région de Nador).	
Utilisations	La calcination de la pyrite permet la production de l'acide sulfurique, très utile pour le traitement des phosphates. L'exploitation de la pyrite génère fréquemment des sous-produits significatifs, notamment d'or, de cuivre, de nickel et de fer.	
Particularités	Par sa teinte jaune doré et son éclat métallique, la pyrite rappelle l'apparence de l'or, ce qui lui a valu le surnom évocateur de « l'or des fous ».	

Variétés de pyrite



Cristaux de pyrite à surfaces striées



Masse grenue de pyrite jaune pâle




Grands cubes de pyrite à faces striées




Cubes de pyrite à arêtes tronquées

16- Pyrrhotite		Fe _{1-x} S	Sulfure
			
Masse de pyrrhotite (mine de Kettara-Jébilet)		Pyrrhotite en lamelles à surfaces ternes	
Propriétés	Forme : souvent en masses compactes ou grenues, parfois en cristaux tabulaires ou en lamelles hexagonales. Système cristallin : hexagonal. Couleur : jaune de bronze à brune avec irisation. Eclat : métallique. Dureté : 3,5 à 4,5. Densité : 4,6 à 4,7.		
Associations minérales	La pyrrhotite est un minéral de haute température, que l'on trouve associé à la pyrite et à la chalcoppyrite dans les roches basiques (ex. gabbro) et métamorphiques (ex. skarns) ainsi que les formations volcano-sédimentaires et les filons hydrothermaux.		
Gisements marocains	Au Maroc, la pyrrhotite est présente dans de nombreux gisements de sulfures, notamment à Kettara et Draa Sfar (Jébilet), à Hajar (Guemassa), à Tighza (Maroc central) ainsi que dans les mines de sulfures cuivre du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas.		
Utilisations	La pyrrhotite est une source secondaire du fer. Certaines de ses variétés, riches en nickel et cobalt pouvant être exploités comme sous-produits.		

17- Réalgar		AsS	Sulfosel
			
Réalgar en aiguilles enchevêtrées (Bouismas)		Cristaux prismatiques à faces striées de réalgar	
Propriétés	Forme : cristaux en masses granulaires, parfois en fines aiguilles enchevêtrées ou cristaux prismatiques à faces striées. Système cristallin : monoclinique. Couleur : rouge-rubis à jaune-orange. Eclat : vitreux. Dureté : 1,5 à 2. Densité : 3,5.		
Associations minérales	Le réalgar est un minéral secondaire des filons hydrothermaux minéralisés en arsenic, cobalt et nickel où il se trouve associé à l'orpiment (As ₂ S ₃). Il peut se rencontrer également dans les dépôts des sources chaudes d'origine volcanique.		
Gisements marocains	Le seul indice de réalgar signalé au Maroc se trouve au niveau des mines de Bouismas et d'Aït Ahmane, (district cobalto-nickélique de Bou Azzer, Anti-Atlas).		
Utilisations	Le réalgar est une source importante d'arsenic, avec une teneur de l'ordre de 70% d'As. Il est par ailleurs utilisé pour la fabrication des feux d'artifice.		



18- Skutterudite		(Co, Fe, Ni)As ₂₋₃	Sulfosel
			
Masse granulaire de skuttérudite (Bou Azzer)		Cristaux en cube tronqués de skuttérudite	
Propriétés	Forme : cristaux cubiques à octaédriques, étroitement interpénétrés ou en masses granulaires, parfois en rognons. Système cristallin : cubique. Couleur : gris-acier à blanc d'étain. Eclat : métallique. Dureté : 5,5 à 6. Densité : 6,5.		
Associations minérales	La skuttérudite se trouve dans les filons hydrothermaux à moyenne et haute température, en association avec des minerais de nickel et de cobalt.		
Gisements marocains	Le district cobalto-nickélicifère de Bou Azzer est l'un des principaux gisements de skuttérudite, non seulement au Maroc, mais également à l'échelle mondiale.		
Utilisations	Principale source d'extraction de l'arsenic, du cobalt et du nickel, la skuttérudite de Bou Azzer est également très prisée par les collectionneurs de minéraux.		

19- Stibine		Sb ₂ S ₃	Sulfosel
			
Stibine en lamelles (Tamazight)		Fines aiguilles de stibine en sur quartz	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques, aciculaires et à faces striées, parfois en aiguilles fibroradiées et rarement en masses compactes. Système cristallin : orthorhombique. Couleur : gris de plomb. Eclat : métallique à mat. Dureté : 2 à 2,5. Densité : 4,6.		
Associations minérales	La stibine se trouve dans les filons de quartz hydrothermaux de basse température, en association avec le réalgar, l'orpiment, la galène, la pyrite... Elle existe également en amas de remplacement dans les roches sédimentaires calcaires.		
Gisements marocains	Plusieurs indices de stibines sont inventoriés dans le Maroc central. Le plus important est celui de Tourtite (région de Khénifra). D'autres gisements sont connus dans le Rif (près de Ceuta) et dans le Haut Atlas oriental (Jbel Haouanit).		
Utilisations	Principale source d'extraction de l'antimoine (71,7 %), la stibine est utilisée dans l'industrie pyrotechnique (explosifs et feux d'artifices) et la fabrication des piles.		
Particularités	En poudre fine, la stibine est utilisée par les femmes comme fard aux yeux.		

II-4.3 Halogénures. Au Maroc, les deux principaux minéraux représentatifs de la classe des halogénures sont la fluorine (ou fluorite) et l'halite (ou sel gemme).

1- Fluorine

2- Halite

1- Fluorine (fluorite)	CaF_2	Halogénure
		
Fluorine verte d'El Hammam (Maroc central)	Fluorine jaune d'Aouli (Haute Moulouya)	
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux cubiques, octaédriques ou rhombododécaédriques, souvent avec macles d'interpénétration. <i>Système cristallin</i> : cubique. <i>Couleur</i> : très variée : jaune, vert, rose, violet, pourpre, etc. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 4. <i>Densité</i> : 3,1 à 3,56.	
Associations minérales	La fluorine se trouve dans les filons hydrothermaux, associée au quartz, à la barytine, à la calcite, etc. Elle forme parfois la gangue des minéralisations à plomb, zinc... Elle apparaît aussi sous forme de géodes dans les roches sédimentaires.	
Gisements marocains	Le plus important gisement de fluorine du Maroc est celui d'El Hammam (Maroc central). D'autres gîtes, bien que de moindre importance, offrent des fluorines de couleurs variées dans des régions comme : Aouli, Tounfit, Errachidia et Taourirt.	
Utilisations	La fluorine est utilisée pour la production d'acide fluorhydrique. Elle sert aussi comme fluidifiant en métallurgie. Les variétés transparentes servent à fabriquer les objectifs pour les microscopes ainsi que les prismes pour la spectrographie.	
Particularités	La fluorine est fluorescente lorsqu'elle est éclairée par un rayonnement ultraviolet.	



Variétés de fluorine



Fluorine violette de Tounfit (région de Midelt)



Fluorine bleutée opaque (Hamada de Tafilalet)

2- Halite (sel gemme)		NaCl	Halogénure
			
Cristal pur d'halite (mine de Mohammedia)		Halite impure avec potasse (mine de Khémisset)	
Propriétés	Forme : cristaux cubiques aux faces concaves, parfois en masses granulaires ou en stalactites. Système cristallin : cubique. Couleur : incolore et transparente avec des teintes jaunes, roses ou grises. Eclat : vitreux. Dureté : 2,5. Densité : 2,1 à 2,2.		
Associations minérales	L'halite se forme par évaporation de l'eau de mer et se trouve intercalée dans les séries sédimentaires. Les dépôts de sel profonds peuvent remonter vers la surface sous forme de diapir, en raison de la faible densité et de la forte plasticité du sel.		
Gisements marocains	De nombreux gisements d'halite, associés aux terrains triasiques, sont connus dans différentes régions du Maroc, notamment dans le Pré-Rif, le Maroc oriental et le Haut Atlas. La plus grande mine de sel du Maroc est celle de Mohammedia.		
Utilisations	L'halite est un ingrédient essentiel pour l'alimentation humaine et animale. Elle est aussi utilisée dans diverses industries : agroalimentaire, chimie, électrochimie...		
Particularités	Autrefois, les Romains payaient leurs soldats en sel, d'où l'origine du mot "salaire".		

Variétés d'halite



Sel gris en masse granulaire (Khémisset)





Fleur de sel, cristallisant dans des marais salants



Sel en stalactite et stalagmite à l'entrée d'une mine de Khémisset

II-4.4 Oxydes et hydroxydes. De nombreux spécimens d'oxydes et d'hydroxydes sont répertoriés au Maroc. Nous nous limiterons ici à présenter et décrire neuf d'entre eux, parmi les plus représentatifs :

1- Cassitérite	2- Gœthite	3- Hausmannite
4- Hématite	5- Magnétite	6- Manganite
7- Marokite	8- Pyrolusite	9- Rutile

1- Cassitérite	SnO_2	Oxyde
 		
Cassitérite en groupement granulaire		
Cassitérite à faces striées sur quartz		
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux pyramidaux ou prismes courts, souvent maclés, parfois en masses réniformes à structure fibreuse. <i>Système cristallin</i> : quadratique. <i>Couleur</i> : brun à marron. <i>Eclat</i> : adamantin à submétallique. <i>Dureté</i> : 6 à 7. <i>Densité</i> : 6,8 à 7,1.	
Associations minérales	La cassitérite est typique des filons hydrothermaux de haute température et de certaines pegmatites. Elle se trouve associée à la wolframite, à l'arsénopyrite, à la topaze et au quartz. On la trouve également dans les dépôts alluvionnaires (placers).	
Gisements marocains	Les filons de quartz, étroitement liés au granite d'Oulmès (région d'El Karit, Maroc central), renferment des beaux cristaux de cassitérite brun marron. La cassitérite est aussi signalée dans la mine de fluorine d'Achmmach (Maroc central).	
Utilisations	La cassitérite est la principale source d'étain (78,5 %). Elle est utilisée comme alliage avec le cuivre pour former le bronze et sert d'anti-corrosion dans les boîtes de conserve et comme couche réfléchissante pour la production des miroirs.	

Variétés de cassitérite



Cassitérite brune à surface striée (Australie)



Cassitérite maclée (Malaisie)

2- Goethite		FeO(OH)	Hydroxyde
			
Goethite en masse mamelonnée		Goethite botryoïde et zonée (région d'Azegour)	
Propriétés	Forme : masses mamelonnées à structure interne fibro-radiée, parfois en stalactite. Système cristallin : orthorhombique. Couleur : brun foncé, noir ou brun à jaune ocre. Eclat : métallique à submétallique. Dureté : 5 à 5,5. Densité : 3,3 à 4,3.		
Associations minérales	La goethite est un minéral typique des zones d'oxydation "chapeaux de fer" des gisements de pyrite d'où il provient par altération. Elle est souvent associée à divers minéraux tels que la psilomélane, la limonite, l'hématite, le quartz et la calcite.		
Gisements marocains	La goethite est rencontrée dans différents gisements et indices marocains de Fer, de sulfures, de plomb, de cobalt... De très belles pièces de goethite proviennent des régions d'Azegour (Haut Atlas), de Taouz et de Bou Azzer (Anti-Atlas).		
Utilisations	La goethite est une source importante de fer (62,9 %), métal, d'usage très courant. La limonite ocre-jaune, souvent associée à la goethite est utilisée comme pigment.		
Particularités	Par chauffage, la goethite se déshydrate pour donner l'hématite.		





3- Hausmannite		(Mn ²⁺ Mn ³⁺) ₂ O ₄	Oxyde
			
Octaèdres d'hausmannite (mine Tachgagalt)		Hausmannite à faces striées (Tachgagalt)	
Propriétés	Forme : minéraux en masse compacte à granulaire ou en cristaux octaédriques, parfois en groupements lamellaires à faces striées. Système cristallin : quadratique. Couleur : brun-rougeâtre à noire. Eclat : submétallique. Dureté : 5,5. Densité : 4,8.		
Associations minérales	L'hausmannite est un minéral primaire des veines hydrothermales. Elle peut aussi provenir de l'altération des roches manganésifères et est souvent associée à des minéraux tels que la pyrolusite, le grenat-andradite, la barytine et la dolomite.		
Gisements marocains	Au Maroc, l'hausmannite, tout comme la marokite, se trouve uniquement dans les filons manganésifères de la mine de Tachgagalt (région de Ouarzazate).		
Utilisations	Minéral intéressant pour l'extraction du manganèse, métal qui sert à la fabrication d'acier dur pour les rails, les outillages, les roulements, les coffre-forts, etc.		

4- Hématite		Fe ₂ O ₃	Oxyde
			
Hématite en grandes lamelles imbriquées (Nador)		Hématite en fines paillettes brillantes (Tiflet)	
Propriétés	Forme : cristaux tabulaires ou lamellaires, disposés en fleur (rose de fer), parfois en paillettes ou masses compactes. Système cristallin : rhomboédrique. Couleur : gris-acier à noir. Eclat : métallique. Dureté : 5,1 à 6,5. Densité : 4,9 à 5,3.		
Associations minérales	L'hématite est commune dans les roches sédimentaires, où elle se trouve en oolites d'origine primaire ou comme ciment ferrugineux d'origine secondaire. Elle peut exister comme minéral accessoire dans les roches magmatiques et métamorphiques.		
Gisements marocains	Au Maroc, l'hématite existe dans différents terrains précambriens et paléozoïques, notamment dans les gisements exploitables des zones oxydées "chapeaux de fer". La mine d'Ouixane (Nador) a été l'une des plus importantes mines de fer du pays.		
Utilisations	Principal minerai de fer (avec une teneur de 96,9 %), l'hématite sert pour produire de la poudre à polir. Elle est aussi utilisée comme pigment.		
Particularités	La mine de fer d'Ouixane offre une grande diversité morpho-structurale d'hématite.		

5- Magnétite		Fe ₃ O ₄	Oxyde
			
Echantillon de magnétite (région d'Imilchil)		Cristaux de magnétite (région de Guelmim)	
Propriétés	Forme : cristaux généralement octaédriques à faces striées, avec macles fréquentes, parfois en masses compactes et granulaires. Système cristallin : cubique. Couleur : noire et opaque à gris-fer. Eclat : submétallique. Dureté : 5,5 à 6,5. Densité : 5,2.		
Associations minérales	La magnétite est un minéral accessoire des roches magmatiques (basiques et ultrabasiques) et métamorphiques, de type skarn. Elle se rencontre également dans certains filons hydrothermaux et dans des dépôts alluvionnaires (placers).		
Gisements marocains	La magnétite se trouve en grandes masses au niveau de la mine de fer d'Ouixane (Nador). Elle est abondante sous forme de grains minuscules dans les sables noirs de certaines plages atlantiques, où elle est associée à l'ilménite et au zircon.		
Utilisations	La magnétite est une source importante de fer (teneur : 71,5 %). Grâce à sa propriété magnétique, elle est largement utilisée en électricité et en électronique.		



6- Manganite		MnO(OH)	Hydroxyde
			
Manganite fines aiguilles (région de Taouz)		Manganite en gerbes (mine d'Imini)	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques et aiguilles très fines, souvent à faces striées, groupés en bouquets à structure rayonnante. Système cristallin : monoclinique. Couleur : gris acier à noir. Eclat : submétallique. Dureté : 4. Densité : 4,2 à 4,4.		
Associations minérales	La manganite précipite à partir de solutions riches en manganèse, en milieu oxydant avec la pyrolusite, la goëthite et la barytine. Elle se rencontre également dans des filons hydrothermaux de basse température associée au quartz, à la calcite et à la barytine.		
Gisements marocains	Des manganites, en fines aiguilles à structure rayonnante, proviennent de la mine d'Imini (région de Ouarzazate). La manganite existe également dans l'ancienne mine de manganèse de Tancherfi (région de Taourirt, Maroc oriental).		
Utilisations	Le manganite constitue un minerai de manganèse, utilisé en sidérurgie et en verrerie.		

7- Marokite		CaMn ³⁺ ₂ O ₄	Hydroxyde
			
Marokite massive de la mine de Tachgalt		Cristal prismatique de marokite (Tachgalt)	
Propriétés	Forme : souvent en masse ou en cristaux prismatiques à faces striées, parfois en lamelles disposées en gerbes. Système cristallin : orthorhombique. Couleur : noire. Eclat : adamantin à submétallique. Dureté : 6,5. Densité : 4,64.		
Associations minérales	La marokite se rencontre dans des filons hydrothermaux manganésifères, associée à la manganite et l'hausmannite et prise dans une gangue de dolomie et de barytine.		
Gisements marocains	Les spécimens-type de marokite proviennent du champ filonien manganésifère du gisement de Tachgalt, situé au SSW de Ouarzazate (Anti-Atlas central).		
Utilisations	La marokite est une source de manganèse métal, utilisé en métallurgie, notamment dans la fabrication d'acier dur pour les rails, les roulements et les coffres-forts.		
Particularités	Découvert en 1962 dans la mine de manganèse de Tachgalt (région de Ouarzazate), la marokite a été nommée en hommage au Maroc.		

8- Pyrolusite		Mn ⁴⁺ O ₂	Oxydes
			
Pyrolusite en agrégats fibro-radiés d'Imini		Dendrites de pyrolusite sur paquette roche	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques ou agrégats fibro-radiés, parfois en masses compactes, ou sous forme de fines dendrites. Système cristallin : quadratique. Couleur : gris foncé noir. Eclat : métallique. Dureté : 6 à 7. Densité 5.		
Associations minérales	La pyrolusite est un minéral secondaire qui se forme dans les zones oxydées des gîtes de manganèse. Elle résulte également de la précipitation chimique, en milieu sédimentaire et peut se trouver aussi sous forme de nodules au fond des océans.		
Gisements marocains	La pyrolusite existe dans plusieurs gisements manganésifères du Maroc, notamment à Imini, (région de Ouarzazate) et aussi dans la région de Bou Arfa (Maroc oriental).		
Utilisations	La pyrolusite est un minerai d'extraction du manganèse, utilisé en sidérurgie.		
Particularités	Les efflorescences ou dendrites de manganèse, développées dans les fissures des roches, sont souvent confondues avec des empreintes de végétaux (fougères).		
1- Rutile		TiO ₂	Oxyde
			
Rutile en prisme à surface striée		Cristaux de rutile en aiguilles fines	
Propriétés	Forme : fines aiguilles, développées sur un support de roche ou incrustées dans du quartz, parfois en cristaux prismatiques striés. Système cristallin : quadratique. Couleur : rouge à brunâtre. Eclat : adamantin. Dureté : 6 à 6,5. Densité : 4,2.		
Associations minérales	Le rutile est un minéral accessoire que l'on trouve dans les roches métamorphiques (ex. gneiss, granulites), magmatiques (ex. granites, syénites). Il existe aussi dans les pegmatites et dans des filons de quartz, ainsi que dans les sables alluvionnaires.		
Gisements marocains	Le rutile est souvent décrit comme minéral accessoire dans diverses roches marocaines, notamment magmatiques et métamorphiques riches en titane. Il forme, avec l'ilménite, des concentrations notables dans les sables noirs de certains fleuves.		
Utilisations	Le rutile est une source de titane. Les grands cristaux, limpides et vivement colorés sont recherchés en joaillerie où ils sont utilisés comme pierres semi-précieuses.		
Particularités	Le rutile est un minéral présent dans les roches lunaires et dans les météorites.		

II-4.5 Carbonates, borates et nitrates. Les carbonates, borates et nitrates (classes 5 et 6 de la classification de Strunz) sont bien représentés au Maroc, avec plusieurs espèces et de nombreuses variétés bien répertoriées. Nous nous limiterons ici à la description des 11 espèces suivantes :

1- Aragonite	2- Azurite	3- Calcite	4- Cérusite
5- Dolomite	6- Gaudefroyite	7- Jacquesdietrichite	8- Magnésite
9- Malachite	10- Sidérite	11- Smithsonite	

1- Aragonite	CaCO ₃	Carbonate
		
Aragonite brune de Tazouta (Région de Sefrou)		
Aragonite transparente de Tazouta		
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques hexagonaux, souvent assemblés en agrégats, parfois en cristaux aciculaires ou en stalactites. <i>Système</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : incolore, blanc, jaune, orange... <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 3,5 à 4. <i>Densité</i> : 2,9 à 3.	
Associations minérales	L'aragonite est fréquente dans les évaporites, en association avec le gypse et dans les zones d'altération des sulfures. Elle se trouve plus rarement dans certaines roches volcaniques basiques et dans les roches métamorphiques de basse pression.	
Gisements marocains	Un gisement intéressant d'aragonite, en prismes hexagonaux bruns, se trouve dans la région de Tazouta, près de Sefrou. Des variétés blanches aux formes très diverses sont également connues dans les régions de Mibladen, de Tizirine et de Touissit.	
Utilisations	L'aragonite brun rose est particulièrement prisée par les collectionneurs.	

Variétés d'aragonite



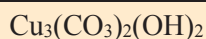
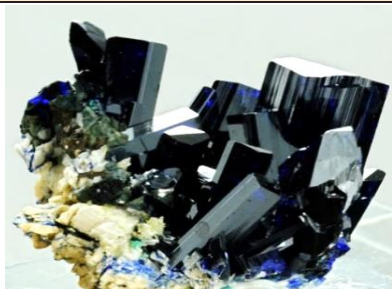
Aragonite dendritique de Mibladen



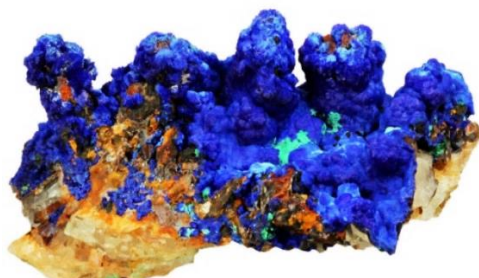
Aragonite plombifère en prisme de Touissit



Aragonite en aiguilles aciculaire de Tizirine

2- Azurite**Carbonate**

Azurite en prismes striés (Touissit)



Azurite en masse pulvérulente (Oumejrane)

Propriétés

Forme : cristaux en prismes allongés ou tabulaires, avec faces striées, parfois en concrétions ou en masses pulvérulentes. *Système cristallin* : monoclinique. *Couleur* : bleu azur. *Eclat* : vitreux. *Dureté* : 3,5 à 4. *Densité* : 3,8.

Associations minérales

L'azurite est un minéral secondaire des zones oxydées des gisements de cuivre. Elle est souvent associée à la malachite, la chrysocolle, la cérusite, l'anglésite...

Gisements marocains

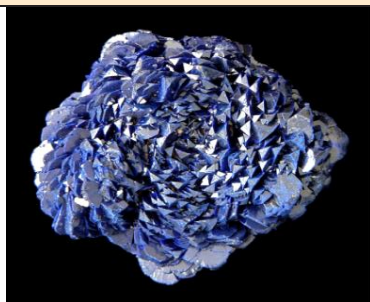
Au Maroc, de très belles pièces d'azurite proviennent des districts cuprifères, notamment de Touissit (Maroc oriental), de Kerrouchen et d'Aouli-Mibladen (Haute Moulouya) et de Bouskour (Anti-Atlas).

Utilisations

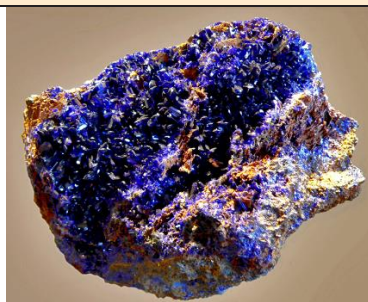
L'azurite est une source de cuivre. Elle est utilisée pour la fabrication d'objets artistiques et, parfois, taillée comme gemme. Jadis, elle servait aussi de pigment.

Particularités

L'azurite est soluble dans les acides et l'ammoniaque et fait effervescence avec HCl.

Variétés d'azurite

Azurite en pétales de rose (Touissit)





Azurite en masse granulaire (Touissit)



Azurite en aiguilles enchevêtrées (Kerrouchen)



Azurite en aiguilles radiaires (Kerrouchen)

3- Calcite	CaCO ₃	Carbonate
 		
Calcite rhomboédrique (mine d'El Hammam) Géode de calcite en scalénoèdres (Midelt)		
Propriétés	<i>Forme</i> : très variée : prismes, rhomboèdres, géodes, agrégats fibreux, granules, stalactites et stalagmites. <i>Système cristallin</i> : rhomboédrique. <i>Couleur</i> : incolore, blanc, jaune, rose ou vert. <i>Eclat</i> : vitreux à nacré. <i>Dureté</i> : 3. <i>Densité</i> : 2,6 à 2,8.	
Associations minérales	La calcite est le principal minéral des roches sédimentaires carbonatées et des roches métamorphiques, comme le marbre. Elle constitue la gangue de certaines minéralisations et forme les stalactites et les stalagmites des grottes.	
Gisements marocains	Au Maroc, la calcite est très fréquente, souvent associée à la barytine et à la fluorine dans les filons hydrothermaux minéralisés. Une variété particulièrement riche en cobalt, la cobaltocalcite, de couleur rose à violette, se trouve à Bou Azzer.	
Utilisations	La calcite est utilisée dans diverses industries : ciment, métallurgie, bâtiment, agronomie, etc. Elle trouve également des applications en ornementation.	
Particularités	La calcite émet une fluorescence de couleur orange, jaune, rose ou bleu sous lumière ultraviolette et fait effervescence en contact avec l'acide chlorhydrique (HCl).	

Variétés de calcite



Calcite en lamelles hexagonales (El Hammam)



Rhomboèdres de calcite (spath d'Island)



Masse concrétionnée de calcite (Midelt)



Calcite rose "Cobaltocalcite" de Bou Azzer

4- Cérusite**Carbonate**

Cristaux prismatiques de cérusite (Touissit)



Cristaux étoilés de cérusite (Taouz)

Propriétés

Forme : en prismes allongés ou tabulaires avec macles fréquentes, donnant des ramifications étoilées. *Système cristallin* : orthorhombique. *Couleur* : incolore à gris-jaunâtre. *Eclat* : adamantin. *Dureté* : 3 à 3,5. *Densité* : 6,4 à 6,6.

Associations minérales

La cérusite est un minéral secondaire des zones d'oxydation des minerais de plomb. Elle est souvent associée à l'anglésite, à la galène, à la blende et à la pyromorphite.

Gisements marocains

Des grands cristaux limpides de cérusite proviennent des mines de Pb-Zn de Touissit (Maroc oriental) et de Mibladen (Haute Moulouya). Des cérusites de formes particulières se trouvent dans la région de Taouz (Région de Drâa-Tafilalet).

Utilisations

Important minéral de plomb, pouvant contenir des quantités notables d'argent.

Particularités

Sous les UV, la cérusite est fluorescente et émet une lumière bleu verdâtre ou jaune.

Variétés de cérusite

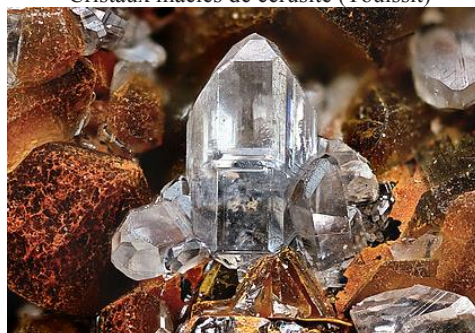
Cérusite sur dolomite (Touissit)



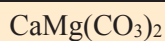
Cristaux maclés de cérusite (Touissit)



Cérusite sur barytine crêtée (Mibladen)



Cérusite incolore et limpide (Mibladen)

5- Dolomite**Carbonate**

Rhomboédres de dolomites (Taouz)



Dolomite ferrière (mine de Touissit)

Propriétés

Forme : en cristaux rhomboédriques à faces courbées ou en masses granulaires, spathiques ou saccharoïdes. *Système cristallin* : rhomboédrique. *Couleur* : blanc, jaune, rose ou brun. *Eclat* : vitreux à nacré. *Dureté* : 3,5 à 4. *Densité* : 2,8 à 3.

Associations minérales

La dolomite peut être d'origine évaporitique (primaire) ou secondaire, formée par l'interaction entre une solution magnésienne et le calcaire. Elle constitue souvent la gangue des filons hydrothermaux minéralisés en plomb-zinc.

Gisements marocains

La dolomite est commune au Maroc où elle se trouve associée aux massifs rocheux carbonatés et dolomitiques ainsi que dans les environs des mines de plomb-zinc.

Utilisations

La dolomite est une source importante de magnésium métallique. Elle est également utilisée comme liant hydraulique et dans la fabrication de briques réfractaires.

Variétés de dolomite

Dolomite mouchetée de pyrite (Touissit)



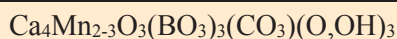
Dolomite ferrière brune (Touissit)



Dolomite cobaltifère (Bou Azzer)



Dolomite cobaltifère avec marcassite (Bou Azzer)

6- Gaufroyite

Carbonate



Gaufroyite en prisme (mine de Tachgalt)

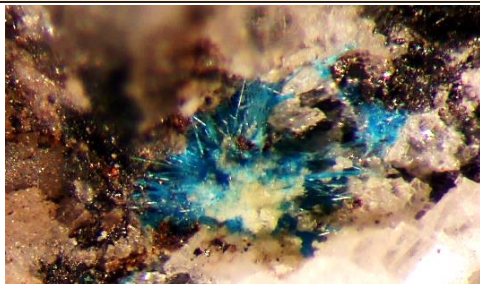


Gaufroyite en aiguilles (mine de Tachgalt)

Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux aciculaires à section basale hexagonale, parfois en aiguilles groupées en faisceaux ou en gerbes. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : noire à brun violacé et opaque. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 6. <i>Densité</i> : 3,35 à 3,5.
Associations minérales	La gaufroyite est un minéral des filons hydrothermaux manganésifères, souvent en association avec la manganite, la hausmannite, la marokite... et fréquemment pigée dans une gangue de dolomite et de barytine.
Gisements marocains	Les minéraux types proviennent du champ filonien du gisement manganésifère de Tachgalt, situé à environ 20 km au SSW de Ouarzazate.
Utilisations	Source de manganèse métal, utilisé dans l'industrie métallurgique pour la fabrication d'aciers spéciaux. Les grands cristaux sont prisés comme pierres fines.
Particularités	Découverte en 1962 dans la mine de manganèse de Tachgalt, la gaufroyite a été nommée en hommage à l'Abbé Gaufroy, pionnier de la minéralogie au Maroc.

7- Jacquesdietrichite

Borate



Jacquesdietrichite en aiguilles fines (Tachgalt)






Jacquesdietrichite et malachite (USA)

Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux en fines aiguilles, parfois en minces lamelles ou en agrégats. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : bleu-ciel à bleu azur pâle. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 2. <i>Densité</i> 3,28.
Associations minérales	De petite taille, la jacobsdietrichite est un minéral d'origine hydrothermale qui se forme dans de petites cavités, souvent en association avec la gaufroyite, la jouravskite la calcite et la dolomite.
Gisements marocains	La jacobsdietrichite est un minéral très rare et n'est connu qu'au Maroc (mine de manganèse de Tachgalt, Anti-Atlas) et aux USA (mine de Caledonia).
Utilisations	Minéral très recherché par les minéralogistes ainsi que par les collectionneurs.
Particularités	Minéral découvert au Maroc en 1926 et dédié à Jacques Emile Dietrich.

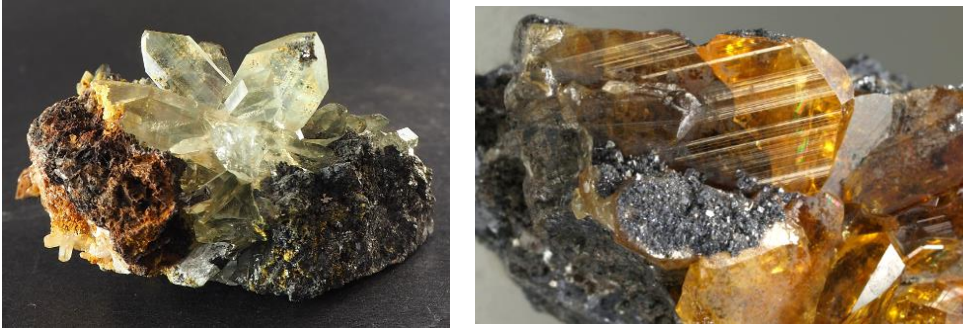
8- Magnésite		MgCO ₃	Carbonate
			
Cristaux rhomboédriques de magnésite (Rif)		Magnésite en masse cryptocristalline (Rif)	
Propriétés	Forme : masses cryptocristalline, saccharoïdes, fibreuses ou concrétionnées, rarement en cristaux rhomboédriques. Système cristallin : rhomboédrique. Couleur : blanche, jaune, brune ou grise. Eclat : vitreux. Dureté : 3,5 à 4,5. Densité : 3.		
Associations minérales	La magnésite est d'origine sédimentaire. Elle peut être d'origine métasomatique, issue de l'interaction entre des fluides riches en Mg et des carbonates ou hydrothermale, par altération des roches magnésiennes (péridotites et serpentinites).		
Gisements marocains	D'importants gisements de magnésite se trouvent en filons et remplissage de diaclases, traversant les formations paléozoïques (péridotites et serpentinites) de Beni Bousera (Rif). D'autres gisements sont signalés à Bou Azzer (Anti-Atlas).		
Utilisations	La magnésite constitue une source du magnésium. Elle sert également pour la sidérurgie, les briques réfractaires, la papeterie, les ciments spéciaux, etc.		
Particularités	La magnésite est fluorescente avec émission de lumière vert-bleuâtre.		

9- Malachite		Cu ₂ CO ₃ (OH) ₂	Carbonate
			
Malachite et azurite (Mibladen)		Malachite en cristaux prismatiques (Touissit)	
Propriétés	Forme : masses finement cristallisées, cristaux prismatiques ou fines aiguilles aciculaires. Système cristallin : monoclinique. Couleur : vert brillant caractéristique. Eclat : vitreux à soyeux. Dureté : 3,5 à 4. Densité : 3,6 à 4,05.		
Associations minérales	La malachite est un minéral secondaire des zones d'oxydation des gisements de cuivre. Elle est souvent associée à l'azurite, à la cuprite, à la calcite et à la dolomite.		
Gisements marocains	Les beaux cristaux de malachite proviennent des mines de cuivres et de plomb-zinc, notamment celles de Bou Beker-Touissit (Maroc oriental), Kerrouchen (Moyen Atlas), Bouskour (région de Ouarzazate) et Mfis (région de Taouz-Tafilalet).		
Utilisations	Source secondaire de cuivre, la malachite zonée est utilisée comme pierre décorative. Les variétés limpides sont taillées en pierres semi-précieuses.		
Particularités	La malachite est utilisée comme colorant naturel et pigment pour les vernis.		

10- Sidérite (sidérose)		FeCO ₃	Carbonate
			
Sidérite en cristaux lamellaires (Taouz)		Rhomboèdre de sidérite d'Iouriren (Taфраoute)	
Propriétés	Forme : cristaux rhomboédriques à faces courbées et striées, parfois en masses granulaires ou fibro-radiées. Système cristallin : rhomboédrique. Couleur gris-brun à gris-jaunâtre. Eclat : vitreux. Dureté : 3,5 à 4,5. Densité : 3,8 à 4.		
Associations minérales	La sidérite se trouve dans les filons hydrothermaux de basse température. Elle forme également la gangue des minéralisations sulfurées. Elle peut se rencontrer aussi comme concrétions ferreuses dans les roches argileuses et marno-schisteuses.		
Gisements marocains	De très beaux cristaux de sidérite proviennent de différentes régions du Maroc, notamment celles de Gourrama et de Taouz (région Tafilalet), d'Iouriren (région de Taфраoute), de Bou n'Has (région d'Alnif) et de Jbel Hadid (région de Khénifra).		
Utilisations	Les grandes concentrations de sidérites peuvent constituer des gisements de Fer.		
11- Smithsonite		ZnCO ₃	Carbonate
			
Smithsonite en cristaux trapus (Mine de Touissit)		Smithsonite en masse mamelonnées (Touissite)	
Propriétés	Forme : cristaux à faces courtes et rugueuses ou en masses botroïdales, parfois en concrétions ou en encroûtements. Système cristallin : rhomboédrique. Couleur : blanche, jaune, verte, bleue... Eclat : vitreux. Dureté : 4,5 à 5. Densité 4 à 4,5.		
Associations minérales	La smithsonite est un minéral secondaire des zones d'oxydation des minerais de zinc et se trouve en association avec la sphalérite, la galène, la calcite... Elle se rencontre aussi dans certains filons hydrothermaux minéralisés en plomb-zinc.		
Gisements marocains	La smithsonite se rencontre dans le gisement de Pb-Zn de Touissit (Maroc oriental), ainsi que dans quelques gîtes du Haut Atlas calcaire et de la région d'Errachidia.		
Utilisations	La smithsonite est une source de zinc. Certaines variétés (translucides, fibreuses et zonées) sont très recherchées pour leur utilisation comme pierres ornementales.		
Particularités	La smithsonite est fluorescente à l'UV, avec émission de lumière verte, bleue, rose.		

II-4.6 Sulfates, chromates, molybdates, tungstates et wolframates. Parmi les espèces minérales de la classe 7 de la classification de Strunz, nous décrivons une dizaine espèces les plus représentées au Maroc, à savoir :

1- Anglésite	2- Barytine	3- Brochantite	4- Célestine	5- Gypse
6- Jouravskite	7- Linarite	8- Scheelite	9- Wolframite	10- Wulfénite-

1- Anglésite	PbSO ₄	Sulfate
		
<p>Prismes à faces striées d'anglésite (Touissit) Anglésite brune à faces striées (Touissit)</p>		
Propriétés	<p><i>Forme</i> : cristaux prismatiques à extrémités pyramidales, parfois en masses granulaires ou compactes. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : incolore ou teinté en jaune, gris ou bleu. <i>Eclat</i> : adamantin. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3. <i>Densité</i> : 6,3.</p>	
Associations minérales	<p>L'anglésite se forme par altération de la galène dans les zones d'oxydation des mines de plomb en association avec la galène, la cérusite, la calcite, la barytine, etc.</p>	
Gisements marocains	<p>La mine de plomb-zinc de Touissit-Bou Beker (Maroc oriental) a fourni, depuis plusieurs années, de magnifiques spécimens d'anglésites. L'anglésite provient aussi des mines de Mibladen (Haute Moulouya) et de Bou Azzer (Anti-Atlas).</p>	
Utilisations	<p>Les variétés limpides, vertes à oranges, sont très prisées par les collectionneurs.</p>	
Particularités	<p>L'anglésite est fluorescente, émettant une belle lumière jaune sous les rayons UV.</p>	



Variétés d'anglésite



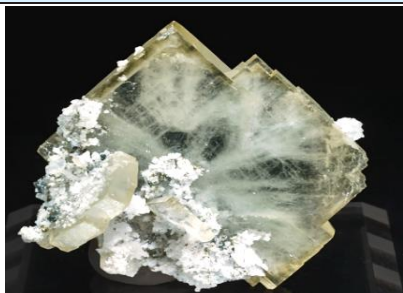
Anglésite fumée (mine de Touissit)



Anglésite verte (mine de Touissit)

2- Barytine	BaSO ₄	Sulfate
		
	Barytine rose crêtée (mine de Mibladen)	Barytine en masse fibreuse (région de Midelt)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux lamellaires et crêtés, parfois en masses concrétionnées ou fibro-radiées et rarement d'aspect saccharoïde. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : blanche, jaune, brun. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3,5. <i>Densité</i> : 4,3 à 4,7.	
Associations minérales	La barytine se forme dans les filons hydrothermaux de moyennes et basses températures où elle s'associe souvent avec le quartz, la fluorine et la calcite. Elle peut également constituer la gangue des minerais de plomb, de zinc, de cuivre et d'argent.	
Gisements marocains	De nombreux gisements de barytine sont répertoriés à travers le Maroc. De très beaux cristaux proviennent des régions de Mibladen et de Jbel Irhoud. Une nouvelle variété de barytine bleue provient de la mine de fer d'Ouiksane (région de Nador).	
Utilisations	La barytine est la principale source d'extraction du baryum (Ba). Elle est utilisée comme additif dans les boues de forages et sert aussi dans l'industrie du papier.	

Variétés de barytine



Barytine en cristaux lamellaires (Alnif)



Barytine jaune (mine de Bouismas)









Barytine en prismes fumé (mine de Tighza)






Barytine bleue (mine de Ouiksane)



3- Brochantite	$\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$	Sulfate
		
Brochantite en fines aiguilles (Goulmima)		Prismes de brochantite (mine de Bouskour)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques ou aiguilles aciculaires, parfois en masse granulaire ou en encroutements. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : vert émeraude à vert foncé. <i>Eclat</i> : vitreux à nacré. <i>Dureté</i> : 3,9 à 4. <i>Densité</i> : 3,0 à 5,5.	
Association s minérales	La brochantite se forme dans les zones oxydées des gisements de cuivre, où elle cristallise en régions arides sous de faibles conditions d'acidité. Elle est souvent associée à des minéraux tels que la malachite, l'azurite, la cuprite et la linarite.	
Gisements marocains	La brochantite est inventoriée dans plusieurs mines de cuivre du Maroc, notamment à Bouskour et Oumjrane-Bou N'Has (Anti-Atlas oriental). De beaux cristaux viennent de la mine de Touissit (Maroc oriental) ainsi que de la région de Goulmima.	
Utilisations	Les échantillons de brochantite présentant de grands cristaux limpides et transparents sont très recherchés par les minéralogistes et les collectionneurs de minéraux.	
4- Célestine	SrSO_4	Sulfate
		
Géode de célestine (Tirrhist, Midelt)		Cristaux prismatiques de célestine
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux souvent tabulaires, rarement prismatiques, parfois en masses fibreuses ou granulaires. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : incolore à blanc bleuté, rarement rougeâtre. <i>Eclat</i> : vitreux. <i>Dureté</i> : 3 à 3,5. <i>Densité</i> : 4,9 à 4.	
Association s minérales	La célestine se trouve dans les roches sédimentaires, notamment dans les fractures et cavités des dolomies, en association avec la barytine, le gypse et la calcite. Elle peut également former la gangue des filons hydrothermaux minéralisés en plomb-zinc.	
Gisements marocains	Des échantillons de célestine à grands cristaux proviennent de la région de Bou Azzer. Elle est aussi signalée dans diverses régions du Maroc, comme Tirrhist, situé près d'Imilchil (Haut Atlas central) et Ightem, près de Zagora (Anti-Atlas central).	
Utilisations	La célestine constitue une importante source de strontium (Sr), utilisé dans l'industrie pyrotechnique, nucléaire ainsi que pour la fabrication du verre et des céramiques.	





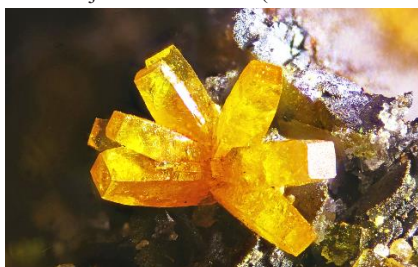

5- Gypse		CaSO ₄ .2H ₂ O	Sulfate
			
Gypse fibreux (région de Midelt)		Gypse en « Rose des sable » (région d'Erfoud)	
Propriétés	Forme : cristaux tabulaires, aiguilles, masses saccharoïdes ou lamelles entrecroisées (rose des sables). Système cristallin : monoclinique. Couleur : incolore à jaune, rose, gris. Eclat : vitreux à soyeux. Dureté : 2. Densité : 2,3.		
Genèse et associations	Le gypse est un minéral évaporitique souvent associé à l'halite dans les roches sédimentaires. Il provient en grande partie de l'hydratation de l'anhydrite. On le trouve aussi, mais rarement, dans les zones volcaniques et les filons minéralisés.		
Gisements marocains	De nombreux gisements de gypse, sous ses différentes formes, sont connus à travers le pays, notamment dans les régions Al Hoceima, Touissit, Midelt, Tighza et d'Erfoud. Des réserves importantes de gypse se trouvent dans la région de Safi.		
Utilisations	Le gypse est utilisé en construction, surtout comme liant, enduit et retardateur dans le ciment Portland. La variété albâtre est très appréciée, comme roche ornementale.		
Particularités	La rose des sables est une forme de gypse qui cristallise dans les zones désertiques.		
Variétés de gypse			
			
Gypse en cristaux trapus (Midelt)		Gypse en aiguilles aciculaires (Tighza)	
			
Gypse lamellaire « en fer de lance » (Rif)		Gypse en fleur (Bou Beker-Touissit)	

6- Jouravskite		$\text{Ca}_3\text{Mn}^{4+}(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)(\text{OH})_6 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Sulfate
			
Jouravskite (mine de Tachgalt, Maroc)		Jouravskite (Afrique du Sud)	
Propriétés	Forme : cristaux trapus, pyramidaux, hexagonaux à arrondis, parfois en masses saccharoïdes, pulvérulentes ou en tâches. Système cristallin : hexagonal. Couleur : jaune-vert, orange à gris. Eclat : vitreux. Dureté : 2,5. Densité : 1,8 à 2.		
Associations minérales	La jouravskite est un minéral rare que l'on trouve dans les zones oxydées des gisements de manganèse. Elle est souvent associée avec d'autres minéraux tels que la manganite, la marokite, la gaudefroyite, l'henritermierite et la calcite.		
Gisements marocains	Au Maroc, la jouravskite n'est connue que dans la mine de manganèse de Tachgalt, située à 20 km au sud-sud-ouest de Ouarzazate (Anti-Atlas central).		
Utilisations	Etant très rare, la jouravskite est prisée par les minéralogistes et les collectionneurs.		
Particularités	La jouravskite a été découverte pour la première fois en 1965 au Maroc. Elle a été nommée en hommage à Georges Jouravsky (1896-1964).		

7- Linarite		$\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$	Sulfate
			
Cristaux de linarite sur quartz (Goulmima)		Linarite et hémimorphite (mine de Bouskour)	
Propriétés	Forme : cristaux aplatis tabulaires ou prismatiques, montrant de nombreuses faces cristallines, rarement en masses irrégulières. Système cristallin : monoclinique. Couleur : bleu-azure intense. Eclat : vitreux à adamantin. Dureté : 2,5. Densité : 5,3.		
Associations minérales	La linarite se trouve principalement dans les zones d'oxydation des gisements de sulfures de cuivre et de plomb. Elle est fréquemment associée à d'autres minéraux tels que le cuivre, la galène, l'anglésite, la cérusite, la malachite et l'hémimorphite.		
Gisements marocains	Minéral très rare au Maroc, que l'on trouve dans certaines mines de Pb-Zn-Cu, notamment la mine de Bouskour ainsi que dans la région de Goulmima.		
Utilisations	La linarite est particulièrement recherchée par les collectionneurs de minéraux.		
Particularités	Par sa couleur bleu-azur, la linarite peut être confondue avec l'azurite. Elle se distingue par sa solubilité dans de l'acide nitrique dilué.		


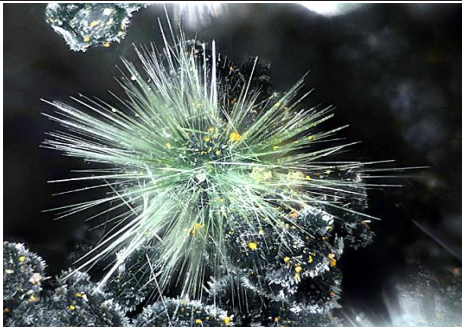
8- Scheelite		CaWO ₄	Wolframate
			
Lumière du jour		Lumière ultra-violette	
Scheelite reconnaissable en lumière UV		Cristal de scheelite (USA)	
Propriétés	Forme : cristaux bipyramidaux ou tabulaires, avec macles par pénétration, parfois en masses granulaires. Système cristallin : quadratique. Couleur : incolore, jaune, vert ou rouge. Eclat : vitreux. Dureté : 4,5 à 5. Densité : 5,9 à 6,1.		
Genèse et associations	La scheelite se trouve dans les pegmatites et les filons hydrothermaux de haute température associée à la cassitérite, la molybdénite et la fluorine. Elle est également présente dans les skarns à grenat-grossulaire, idocrase, pyroxène-ca et wollastonite.		
Gisements marocains	Des cristaux centimétriques de scheelite se trouvent dans les skarns de la région d'Azegour (Haut Atlas occidental). La scheelite est signalée également à Tighza et Aguelmous (Maroc central), Tamellalt (Jébilet) et Taourirt (Maroc oriental).		
Utilisations	La scheelite est une source importante de tungstène (W), utilisé pour la fabrication des filaments de lampes incandescentes et des alliages durs (carbure de tungstène).		
Particularités	La scheelite est fluorescente en bleu. Cette propriété optique permet sa prospection la nuit en utilisant une lumière ultraviolette (lampe de Wood).		

9- Wolframite		(Fe,Mn)WO ₄	Wolframate
			
	Cristaux de wolframite à faces striées (Maroc central)		Wolframite dans une matrice de quartz
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux tabulaires à prismatiques, formant des groupements en lames à faces souvent striées, et parfois en masses grenues. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : gris-noir à brun. <i>Eclat</i> : submétallique. <i>Dureté</i> : 5 à 5,5. <i>Densité</i> : 7 à 7,5.		
Association minérales	La wolframite se trouve dans les filons de quartz, en association avec la cassitérite, la chalcoppyrite et la galène, ainsi que certaines pegmatites. Par sa résistance à l'altération et sa densité élevée, elle se concentre dans les alluvions sédimentaires (placers).		
Gisements marocains	Au Maroc, la wolframite est inventoriée dans les filons de quartz liés aux granites hercyniens du Maroc central (Oulmès, Ment, Zaër). Des indices sont signalés dans les Rehamna (Meseta occidentale) et à Hassiane ed Diab (Maroc oriental).		
Utilisations	La wolframite est une source de tungstène (W), utilisé pour la fabrication des filaments de lampes incandescentes et des alliages très durs (carbures de tungstène).		

10- Wulfénite		PbMoO ₄	Molybdate
			
Wulfénite jaune de Touissit		Wulfénite orange de Mibladen	
Propriétés	Forme : cristaux en tablettes carrées, souvent très fines, parfois en masses microcristallines ou terreuses. Système cristallin : hexagonal. Couleur : jaune, vert, orange, gris ou brun. Eclat : vitreux. Dureté : 2,5 à 3. Densité : 6,5 à 7.		
Genèse et associations	La wulfénite est un minéral secondaire, se formant dans la partie superficielle des zones d'oxydation des minerais de plomb et de molybdène. Elle est souvent associée à des minéraux tels que l'anglésite, la cérosite, la vanadinite et la pyromorphite.		
Gisements marocains	La mine de Pb-Zn de Bou Beker-Touissit (Maroc oriental) a fourni de très beaux cristaux de wulfénite. Des échantillons de wulfénites, très esthétiques, proviennent aussi des mines de Mibladen (Haute Moulouya) et de Mfis (région de Tafilalet).		
Utilisations	Les échantillons à grands cristaux sont très appréciés par les collectionneurs.		
Particularités	La variété rouge-orange de wulfénite est particulièrement riche en chrome.		
Variétés de wulfénite			
			
Wulfénite jaune translucide (mine de Touissit)		Wulfénite mielleux (mine d'Oumlil, Tafilalet)	
			
Wulfénite en cristaux carrés (mine de Mfis)		Wulfénite prismatique (Mibladen, Midelt)	

II-4.7 Phosphates, arséniates et vanadates. La classe 8 de la classification de Struntz (1977) est représentée au Maroc par les neuf espèces minérales suivantes :

1- Agardite	2- Apatite	3- Arhbarite
4- Erythrine	5- Mélonjosephite	6- Pyromorphite
7- Roselite	8- Scorodite	9- Vanadinite

1- Agardite	$\text{CeCu}_6(\text{AsO}_4)_3(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Arséniate
 		
	Agardite en touffes cotonneuses (Bouskour)	Agardite en aiguilles rayonnantes (Bouskour)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux aciculaires disposés en gerbes ou touffes cotonneuses, parfois en cristaux prismatiques. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : vert à jaunâtre. <i>Eclat</i> : sub-vitreux, résineux à soyeux. <i>Dureté</i> : 3 à 4. <i>Densité</i> : 3,7.	
Associations minérales	L'agardite cristallise dans les zones d'oxydation des gisements de cuivre, souvent en association avec l'azurite, la malachite, le chrysocolla, la cuprite, le quartz...	
Gisements marocains	Au Maroc, l'agardite n'est connue que dans la mine de cuivre de Bouskour (quartier de "Patte d'oie"), située près de Ouarzazate (Anti-Atlas oriental).	
Utilisations	L'agardite est une source intéressante de terres rares (Ce, Y...), recherchées pour leurs applications dans les technologies modernes telles que les écrans plats, les batteries, les smartphones, les aimants permanents et les éoliennes.	
Particularités	Découverte pour la première fois au Maroc, en 1964, l'agardite a été nommée en honneur à Jules Agard, pionnier de la géologie et de la minéralogie au Maroc.	




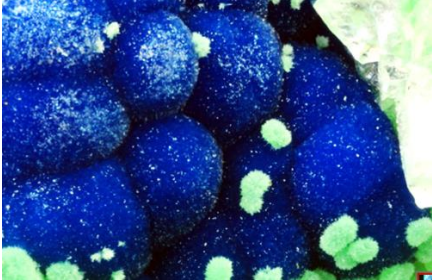
Variétés de l'Agardite

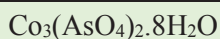


Agardite bleue (mine de Bouskour)



Agardite verte (mine de Bouskour)

2- Apatite	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{OH})$	Phosphate
		
	Prisme automorphe d'apatite (région de Midelt)	Apatite verte sur feldspath (région d'Imilchil)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques ou tabulaires, aussi en masses granulaires, en agrégats cryptocristallins ou en nodules terreux. <i>Système cristallin</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : vert, jaune, brun, bleu. <i>Eclat</i> : vitreux à résineux. <i>Dureté</i> : 5. <i>Densité</i> : 3,16 à 3,2.	
Association s minérales	L'apatite est fréquente dans les roches sédimentaires phosphatées et constitue aussi un minéral accessoire des roches magmatiques. De grands cristaux d'apatite se trouvent dans les pegmatites, ainsi que dans les filons hydrothermaux et les skarns.	
Gisements marocains	L'apatite se trouve en très petits cristaux dans les phosphates et les granites marocains. Les cristaux prismatiques de taille centimétrique, prisés par leur esthétique, proviennent des régions de Midelt et d'Imilchil (Moyen Atlas).	
Utilisations	L'apatite est la principale source de phosphore (P). Les variétés limpides et de grande taille sont considérées comme des pierres semi-précieuses, utilisées en joaillerie.	
3- Arhbarite	$\text{Cu}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$	Arséniates
		
	Arhbarite en sphérules cryptocristallines du district minier de Guanaco (Chili)	
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux en aiguilles isolées ou groupées en sphérules, parfois disposés en boules ou concrétions cryptocristallines. <i>Système cristallin</i> : triclinique. <i>Couleur</i> : bleu foncé. <i>Eclat</i> : sub-vitreux à cireux. <i>Dureté</i> : 5. <i>Densité</i> : 3,71.	
Associations minérales	L'arhbarite est un minéral rare, d'origine secondaire, que l'on trouve dans les gîtes hydrothermaux, notamment riches en cuivre. Elle est souvent étroitement associée à la dolomite, l'hématite, l'érythrite, la chrysocolla et la brochantite.	
Gisements marocains	Au Maroc, l'arhbarite se trouve exclusivement dans la mine d'Aghbar, appartenant au district minier à cuivre, cobalt et nickel de Bou Azzer (Anti-Atlas central). Les plus beaux cristaux d'arhbarite proviennent du district minier de Guanaco au Chili.	
Utilisations	Minéral très rare, particulièrement prisé par les minéralogistes et les collectionneurs.	
Particularités	L'arhbarite a été découverte pour la première fois au Maroc en 1982. Elle a été nommée par référence à la localité d'Aghbar, située dans la région de Bou Azzer.	

4- Erythrine**Arséniate**

Cristaux d'érythrite à faces striées (Bou Azzer)



Cristal losangique d'érythrite (Bou Azzer)

Propriétés	Forme : cristaux prismatiques à faces striées, isolés ou groupés, parfois en masses terreuses ou en couches pulvérulentes. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : rouge carmin à rose indien. <i>Eclat</i> : sub-vitreux. <i>Dureté</i> : 1,5 à 2,5. <i>Densité</i> : 3 à 3,18.
Genèse et associations	L'érythrine (ou érythrite) est un minéral secondaire des zones d'oxydation des gisements de cobalt-nickel-arsenic. Surnommée « Fleur du cobalt », l'érythrine se trouve fréquemment associée à la cobaltite, à la skuttérudite et à la rosélite.
Gisements marocains	De beaux cristaux aciculaires d'érythrite, pouvant atteindre jusqu'à 5 cm, proviennent de la mine de cobalt de Bou Azzer (région de Ouarzazate, Anti-Atlas).
Utilisation	L'érythrite est un bon indicateur des gisements de cobalt. Ses cristaux d'érythrite sont très prisés par les musées de minéralogie et les collectionneurs de minéraux.
Particularités	La poudre d'érythrite, très toxique, est utilisée traditionnellement comme raticide.

Variétés de l'érythrine

Erythrine rose fibreuse (mine de Bou Azzer)



Erythrine rose-indien (mine d'Oumlil)





Erythrine rose-pale (mine de Bou Azzer)





Erythrine rouge-orange (mine d'Oumlil)

5- Mélonjosephite		CaFe ²⁺ Fe ³⁺ (PO ₄) ₂ (OH)	Phosphate
			
Mélionjosephite d'Angarf (région de Taznakht)		Cristaux de mélonjosephite de la Namibie	
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques à tabulaires, parfois en masses vitreuses ou en fines aiguilles aciculaires enchevêtrées. Système cristallin : orthorhombique ; couleur : vert-foncé à noire. Eclat : vitreux à résineux. Dureté : 5. Densité : 3,65.		
Associations minérales	La mélonjosephite est un minéral secondaire, résultant de la transformation des minéraux phosphatés de certaines pegmatites liées aux massifs granitiques. Elle se trouve fréquemment en association avec des minéraux riches en lithium.		
Gisements marocains	Au Maroc, la mélonjosephite a été inventoriée uniquement dans la pegmatite de la localité d'Angarf, située à 30 km au SSW de Taznakht (Anti-Atlas occidental).		
Utilisation	Minéral intéressant pour la minéralogie et prisés par les collectionneurs.		
Particularités	Ce minéral très rare a été nommé en l'honneur de Joseph Mélon. Les échantillons types se trouvent dans le musée de l'Institut de Minéralogie de Liège, en Belgique.		

6- Pyromorphite		Pb ₅ (PO ₄) ₃ Cl	Phosphate
			
Pyromorphite (Moulay Bou Azza)		Pyromorpite (Jbel Aouam)	Pyromorpite (Touissit)
Propriétés	Forme : cristaux prismatiques courts à base hexagonale, parfois en masses réniformes ou en encroûtements. Système cristallin : hexagonal. Couleur : vert, jaune à brun. Eclat : vitreux à résineux. Dureté : 3,5 à 4. Densité : 6,7 à 7,1.		
Associations minérales	La pyromorphite est un minéral secondaire que l'on trouve fréquemment dans les zones oxydées des mines de plomb. Elle montre souvent une étroite association avec la cérosite, l'anglésite, la malachite et la wulfénite.		
Gisements marocains	La pyromorphite est présente dans plusieurs mines de plomb du Maroc, notamment celles de Bou Beker-Touissit, Aouli-Mibladen et Tighza. De très beaux échantillons à cristaux millimétriques et de couleurs vives proviennent de ces mines.		
Utilisations	La pyromorphite est une source de plomb et est également prisée par les collectionneurs de minéraux pour sa haute valeur esthétique.		

7- Rosélite	$\text{Ca}_2\text{Co}(\text{AsO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Arséniate
		
Rosélite rouge (mine d'Aghbar, Bou Azzer)		Rosélite rose (mine d'Aghbar, Bou Azzer)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques à extrémités pyramidées ou tabulaires, parfois en agrégats cristallins. <i>Système cristallin</i> : monoclinique. <i>Couleur</i> : rose-rouge à rose. <i>Eclat</i> : vitreux à résineux. <i>Dureté</i> : 3,5. <i>Densité</i> : 3,46 à 3,74.	
Associations minérales	La rosélite se trouve dans les gisements hydrothermaux d'arsenic et de cobalt, où elle est fréquemment associée à l'érythrite, à la cobaltite, à la calcite et à la dolomite.	
Gisements marocains	De très beaux spécimens de rosélite, avec des cristaux rose violacé et transparents, proviennent de la mine cobalt-nickel de Bou Azzer (Anti-Atlas central).	
Utilisations	La rosélite est un minéral rare, très prisé par les collectionneurs de minéraux.	
Particularités	La rosélite, décrite par le minéralogiste français A. Lévy en 1824 et dédiée au minéralogiste allemand G. Rose, est restée une rareté minéralogique jusqu'à sa découverte en beaux cristaux dans la mine de cobalt-nickel de Bou Azzer.	

8- Scorodite	$\text{Fe}^{3+}\text{AsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Arséniate
		
Scorodite verte de (mine d'Aït Ahmane)		Scorodite blanc-limpe (mine d'Oumlil)
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques pyramidaux ou tabulaires, parfois en masse poreuse. <i>Système cristallin</i> : orthorhombique. <i>Couleur</i> : incolore, vert, bleu à gris sombre. <i>Eclat</i> : vitreux, subadamantin à résineux. <i>Dureté</i> : 3,5 à 4. <i>Densité</i> : 3,27.	
Associations minérales	La scorodite est un minéral secondaire, provenant de l'oxydation de l'arsénopyrite et d'autres espèces minérales de sulfures d'arsenic. Elle se trouve fréquemment en association avec l'érythrite, la rosélite, les oxydes de fer, la calcite et la dolomite.	
Gisements marocains	La scorodite est inventoriée dans le district minier à cobalt et nickel de Bou Azzer, notamment dans les mines d'Aghbar, d'Aït Ahmane et d'Oumlil.	
Utilisations	Source intéressante d'arsenic, la scorodite est prisé par les collectionneurs.	
Particularités	La scorodite est fréquente dans les chapeaux de fer et se transforme en limonite.	

9- Vanadinite	$Pb_5(VO_4)_3Cl$	Vanadate
 		
Vanadinite de Mibladen (Haute Moulouya) Cristaux maclés de vanadinite (Mibladen)		
Propriétés	<i>Forme</i> : cristaux prismatiques tabulaires à base hexagonale, souvent maclés, parfois en masses finement cristallisées. <i>Système</i> : hexagonal. <i>Couleur</i> : rouge orangé, rouge brique à jaune. <i>Eclat</i> : adamantin à résineux. <i>Dureté</i> : 2,5 à 3. <i>Densité</i> : 6,88.	
Associations minérales	Minéral secondaire résultant de l'altération des minerais de plomb au niveau des zones d'oxydation. La vanadinite est fréquemment associée à des minéraux tels que la pyromorphite, la wulfénite, la cérusite, l'anglésite et la barytine.	
Gisements marocains	De très beaux échantillons de vanadinite proviennent de la région Mibladen (Haute Moulouya). Des spécimens aux formes et couleurs particulières sont également trouvés à Touissit (Maroc oriental) et à Taouz (région de Darâa-Tafilalet).	
Utilisations	La vanadinite est très prisée par les collectionneurs. Celle de Mibladen, en particulier, est très réputée pour sa coloration vive et ses formes cristallines uniques.	
Particularités	La vanadinite, minéral fascinant par ses formes et ses couleurs, doit son nom à <i>Vanadis</i> , la Déesse scandinave symbolisant la beauté, l'amour et la fertilité.	

Variétés de vanadinite



Vanadinite en aiguilles de Mibladen



Forme particulière de vanadinite de Mibladen



Vanadinite jaune de Touissit



Vanadinite rouge brique de Taouz

TROISIEME PARTIE

Principales variétés de roches du Maroc

I-1 Définition et classification

I-2 Les roches magmatiques

Les roches magmatiques appelées également roches ignées (du latin *ignis*, signifiant feu) proviennent de la cristallisation des magmas. Ces magmas peuvent être issus directement du manteau (magma mantellique), résulter de la fusion des roches de la croûte terrestre (magma crustal) ou provenir d'un mélange des deux magmas (magma mixte).

I-2.1 Modes de gisement

Les magmas générés en profondeur, à de distances variant de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres sous la surface de la Terre, tendent toujours à remonter vers la surface sous l'effet de la gravité. Selon leur nature chimique (acide, basique, alcaline...) et leurs conditions physiques (température, pression des gaz, densité...), les magmas peuvent soit monter rapidement et atteindre la surface, formant ainsi des roches volcaniques, soit s'arrêter en profondeur, à quelques kilomètres sous la surface terrestre, où ils cristallisent lentement pour former les roches plutoniques.

A- Les roches volcaniques, également appelées roches éruptives ou effusives, se forment à la surface de la Terre à la suite d'éruptions volcaniques. Ces éruptions peuvent se manifester de diverses manières, donnant naissance à différents édifices volcaniques, selon la nature et la composition de la lave émise. Par exemple, les laves très fluides provoquent des éruptions effusives, dites de type hawaïen (en référence au mode d'éruption observée sur l'île d'Hawaï, dans l'océan Pacifique), où la lave s'écoule sur plusieurs dizaines de kilomètres, formant ainsi des « volcans boucliers » (Fig. 89-A).

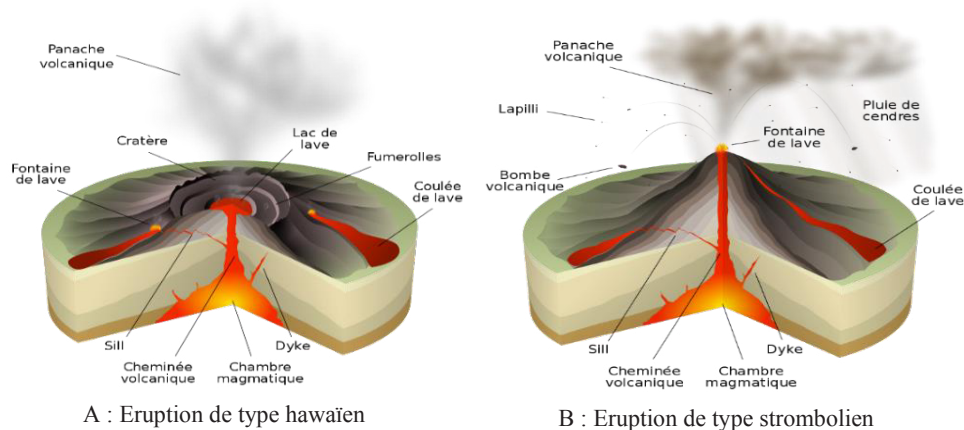


Figure 89 : Schémas d'appareils volcaniques de types hawaïen et strombolien.

À l'inverse, les laves visqueuses provoquent des explosions violentes, de type strombolien (en référence au mode d'éruption du volcan Stromboli, situé au nord de la Sicile, en Italie). Ce type d'éruption éjecte des cendres volcaniques, des laves et des bombes volcaniques qui s'accumulent sur une petite surface, édifiant des cônes volcaniques assez hauts, aux pentes raides, appelés stratovolcans (Fig. 89-B). D'autres types d'éruptions volcaniques sont également connus, tels que les éruptions péléennes, vulcaniennes ou phréatomagmatiques.

B- Les roches plutoniques (ou endogènes) se forment lorsque le magma s'arrête en profondeur, se refroidit et cristallise complètement. Les roches ainsi créées présentent différentes formes et tailles de gisements, selon les espaces disponibles dans la roche encaissante. Ces gisements peuvent être concordants ou discordants par rapport aux couches géologiques environnantes et portent différents noms : batholite ou pluton, cheminée volcanique, dyke, laccolite, lopolite, sill, etc. (Fig. 90).

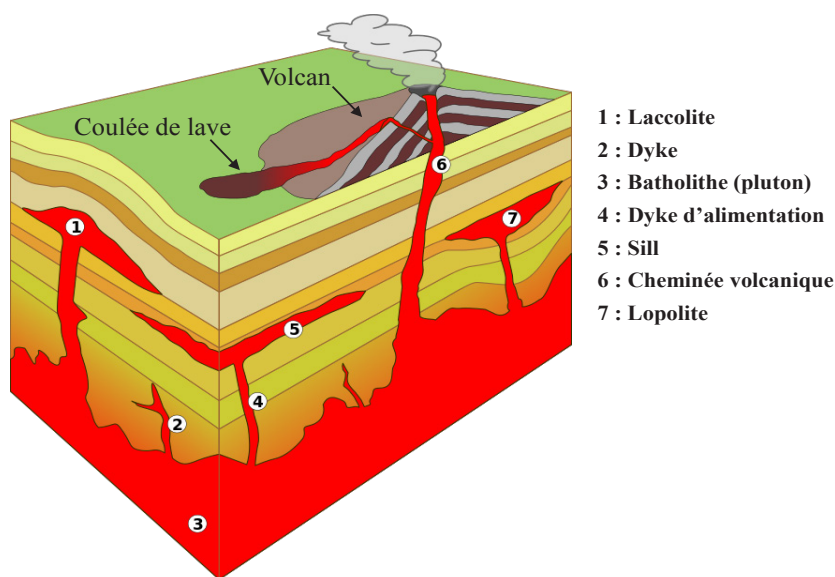


Figure 90 : Principaux modes de gisement des roches plutoniques.

1-2.2 Structures et textures

L'identification et la classification des roches magmatiques reposent sur l'analyse de leurs structures et textures. Dans la nomenclature française, le terme « structure » désigne l'apparence extérieure de la roche, observable à l'œil nu. Cette structure peut présenter diverses formes, telles que massive, vacuolaire, litée ou rubanée, entre autres (Fig. 91).



Basalte noir à structure vacuolaire



Granite gris à structure massive

Figure 91 : Exemples de structures de roches magmatiques plutonique et volcanique.

Les textures des roches magmatiques, observables au microscope, se caractérisent par la taille, la forme et l'agencement des minéraux qui les composent. Ces textures fournissent des informations sur les conditions de refroidissement (rapide ou lent) et sur la vitesse de cristallisation des minéraux. Les roches plutoniques, qui refroidissent lentement en profondeur, telles que les granites et les gabbros, présentent des textures variées : grenue, grenue porphyrique ou pegmatitique (Fig. 92). À l'opposé, les roches volcaniques, qui refroidissent rapidement, comme l'obsidienne et le basalte, affichent une texture vitreuse (ou hyaline) à sphérolitique. Entre les deux modes extrêmes de mise en place, on trouve les roches de semi-profondeur appelées hypovolcaniques, qui se distinguent par des textures plus fines : microgrenue, microlitique, aplitique, rhyolitique, ou porphyrique fluidale (Fig. 92).

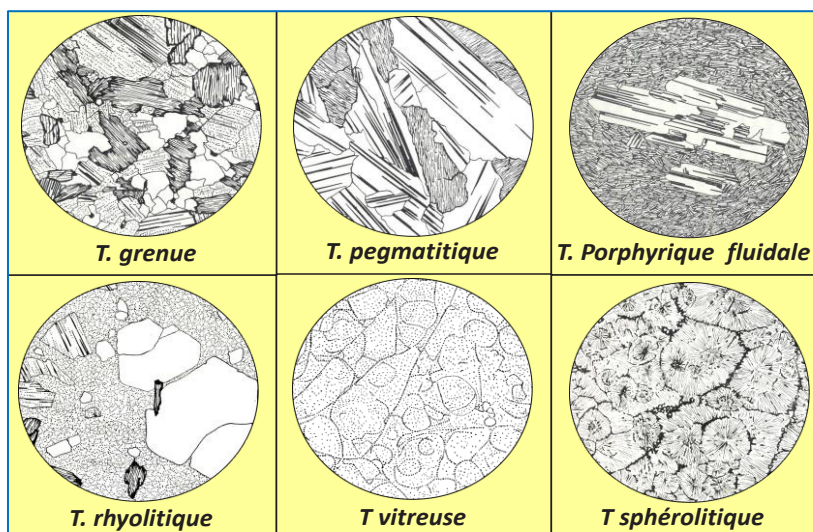


Figure 92 : Représentation schématique de quelques textures des roches magmatiques.

I-2.3 Compositions minéralogique et chimique

La composition minéralogique d'une roche correspond à l'ensemble des minéraux qui la constituent, exprimée en pourcentage volumique. Elle dépend étroitement de la composition chimique du magma ainsi que des conditions de cristallisation telles que la température (T), la pression (P), la teneur en fluide, entre autres. Les roches magmatiques sont principalement composées de minéraux silicatés, parmi lesquels on distingue deux catégories :

1. **Les minéraux colorés** de densité relativement élevée ($D > 2,77$) et qui cristallisent les premiers (ex. olivine, pyroxène, amphibole, biotite...).
2. **Les minéraux clairs** de densité plus faible ($D < 2,77$) et qui sont généralement de cristallisation tardive (ex. orthose, albite, quartz...).

En plus de ces minéraux essentiels, qui composent plus de 90 % du volume de la roche, on trouve également les minéraux accessoires tels que l'apatite, l'épidote, le sphène, la tourmaline et le zircon.

Le tableau V présente les compositions minéralogiques de deux roches magmatiques plutoniques : un gabbro et un granite. Ces roches proviennent de magmas aux natures chimiques distinctes, le gabbro étant issu d'un magma basique, tandis que le granite provient d'un magma acide.

Tableau V : Comparaison des compositions minéralogiques moyennes d'une roche basique (ex. gabbro) et d'une roche acide (ex. granite).

<i>Nature du magma</i>	<i>Basique</i>	<i>Acide</i>
<i>Exemple de roches</i>	<i>Gabbro</i>	<i>Granite</i>
<i>Minéraux essentiels (%)</i>		
Olivine	02	00
Pyroxène	19	00
Amphibole	08	00
Biotite	00	08
Muscovite	00	03
Plagioclase	68	18
Feldspath-potassique	01	21
Quartz	00	49
<i>Minéraux accessoires (%)</i>		
Apatite, épidote, ...	02	01
-----	-----	-----
Total	100	100

Sur le plan géochimique, les roches magmatiques sont composées à hauteur de 95 % d'une dizaine d'éléments chimiques, appelés éléments majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ...), exprimés en pourcentage de poids d'oxydes (Tableau VI).

Tableau VI. Comparaison des compositions chimiques moyennes, en éléments majeurs, d'une roche basique (ex. gabbro) et d'une roche acide (ex. granite).

<i>Nature du magma</i>	<i>Basique</i>	<i>Acide</i>
<i>Exemple de roche</i>	<i>Basalte</i>	<i>Granite</i>
<i>Éléments majeur %</i>		
SiO ₂	49,2	73,5
Al ₂ O ₃	15,7	13,2
Fe ₂ O ₃	10,9	2,3
MnO	0,2	0,3
MgO	6,7	0,3
CaO	9,5	0,7
Na ₂ O	2,9	3,5
K ₂ O	1,1	4,1
TiO ₂	1,8	0,2
P ₂ O ₅	0,7	0,3
-----	-----	-----
Total	98,7	98,4

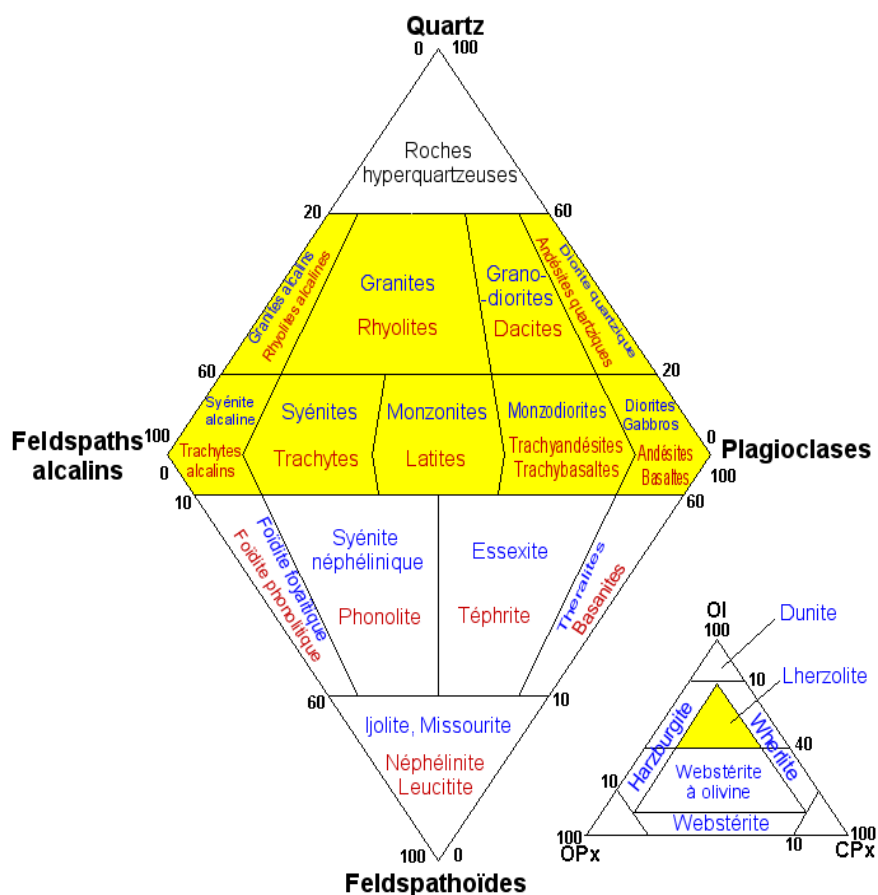
I-2.4 Classification et nomenclature

La classification des roches magmatiques la plus couramment utilisée, recommandée par l'Union Internationale des Sciences Géologiques (IUGS), est celle de Streckeisen (1974). Cette classification (Fig. 93) se présente sous forme de diagramme triangulaire et permet de classer les roches acides et intermédiaires, généralement de teinte claire, en se basant sur leurs teneurs en minéraux clairs : le quartz (*Q*), les plagioclases (*P*), les feldspaths alcalins (*A*) et les feldspathoïdes (*F*). Elle tient également compte de leur mode de genèse, qu'elles soient plutoniques (roches grenues) ou *volcanique* (roches microgrenues à vitreuses).

Quant aux roches ultrabasiques, de teinte sombre, leur classification repose sur la proportion de minéraux ferromagnésiens : l'olivine (*Ol*), l'*orthopyroxène* (*OPx*) et le clinopyroxène (*CPx*).

Selon cette classification, une roche magmatique claire composée de 25 % de quartz, 45 % de plagioclase, 20 % de feldspath alcalin et 10 % de biotite (soit *Q* = 27,8 %, *A* = 22,2 % et *P* = 50,0 %) correspond à une « granodiorite » si elle présente une texture grenue (roche plutonique), ou à une « dacite » si sa structure est vitreuse à microcristalline (roche volcanique).

En ce qui concerne une roche magmatique sombre à texture grenue, composée de 60 % d'olivine, 18 % de clinopyroxène, 12 % d'orthopyroxène et 10 % d'autres minéraux (soit *Ol* = 66,7 %, *CPx* = 20,0 % et *OPx* = 13,3 %), celle-ci correspond à une « lherzolite ».



En bleu : roches plutoniques

En rouge : roches effusives

Fond jaune : roches communes

Diagramme : Ol (Olivine) - OPx (Orthopyroxène) - CPx (Clinopyroxène) utilisé pour classer les roches ultrabasiques

Figure 93 : Diagramme de classification des roches magmatiques (Streckeisen, 1974).

I-3 Les roches sédimentaires

Les roches sédimentaires, également appelées roches exogènes, se forment à la surface de la Terre et couvrent jusqu'à 70 % de cette surface. Elles proviennent soit de l'accumulation-compaction-cimentation de fragments solides issus de roches préexistantes, soit de réactions chimiques entraînant la précipitation ou la cristallisation d'éléments chimiques (ions) présents dans les milieux liquides superficiels (océans, mers, lacs...).

I-3.1 Mode de genèse

La formation des roches sédimentaires repose sur quatre processus géologiques fondamentaux (Fig. 94) :

- 1- **L'altération** des matériaux préexistants, qui produit des particules (fragments) et des éléments chimiques en solution (ions).
- 2- **Le transport** de ces matériaux par les cours d'eau, le vent ou la glace ;
- 3- **La sédimentation**, permettant à ces matériaux de se déposer ou de se précipiter dans un milieu de dépôt, sous forme de sédiments ;
- 4- **La diagenèse**, qui permet la consolidation des sédiments meubles et leur transformation en roches sédimentaires généralement cohérentes.

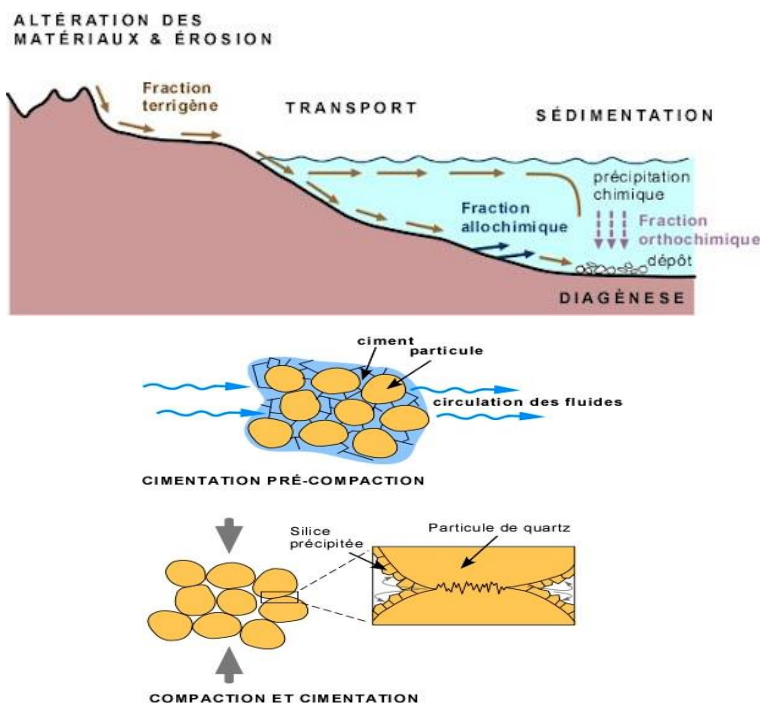


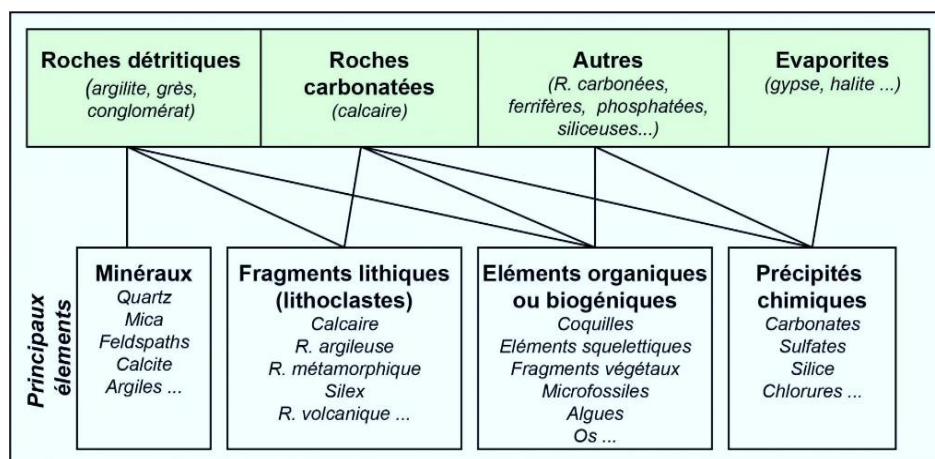
Figure 94 : Schéma des quatre processus géologiques fondamentaux de formation des roches sédimentaires.

I-3.2 Types et classification des roches sédimentaires

La classification des roches sédimentaires repose sur plusieurs facteurs clés : la nature des matériaux altérés, qu'il s'agisse de fragments de roches ou d'éléments chimiques dissous, le processus de formation, ainsi que la nature des constituants.

Cette diversité permet de distinguer différents groupes de roches sédimentaires, tels que les roches détritiques, carbonatées, carbonées, phosphatées, siliceuses et évaporitiques (Tableau VII).

Tableau VII : Exemple de classification des roches sédimentaires.



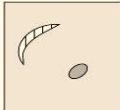



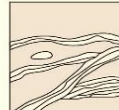
Des classifications plus détaillées existent pour chaque grand groupe de roches sédimentaires. Par exemple, les roches détritiques sont subdivisées par Grabau (1904) selon le diamètre moyen de leurs grains en trois catégories : rudites, arénites et lutites (Tableau VIII).

Tableau VIII : Classification des roches détritiques (Grabau 1904).

<i>Diamètre des grains</i>	<i>Classe</i>	<i>Sédiment meuble</i>	<i>Roche consolidée</i>
supérieur à 2 mm	Rudite	Bloc, galet gravier,	Conglomérat
de 2 mm à 62 µm	Arénite	Sable fin à grossier	Grès
inférieur à 62 µm	Lutite	Silt et argile	Siltite et Argilite

En ce qui concerne les roches carbonatées, composées d'au moins 50 % de carbonates (calcite, aragonite et dolomite), la classification la plus couramment utilisée est celle de Dunham (1962). Cette classification adopte une terminologie anglaise, attribuant aux roches carbonatées des noms variés (Mudstone, Wackestone, Packstone, Grainstone, Boundstones et Crystalline) selon l'abondance et la disposition de leurs grains (fragments de roches et de fossiles) ainsi que la nature du ciment calcaire qui les relie (Tableau IX).

Tableau IX : Classification des roches carbonatées de Dunham (1962).

Texture d'origine reconnaissable				Texture d'origine non reconnaissable
Composants non liés ensemble au moment du dépôt				
Présence de boue carbonatée		Pas de boue		
Grains non jointifs < 10% de grains	Grains jointifs > 10% de grains	Grains jointifs	Grains jointifs	
				
Mudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone
				Crystalline

I-4 Les roches métamorphiques

Les roches métamorphiques résultent de la transformation, à l'état solide, des roches préexistantes, qu'elles soient magmatiques, sédimentaires ou déjà métamorphiques. Cette transformation est provoquée par des changements significatifs des facteurs physicochimiques du milieu environnant, notamment la température (T) et la pression (P).

I-4.1 Types de métamorphisme

Selon le contexte général du métamorphisme et la prépondérance des facteurs température et pression (T/P), on distingue généralement trois types de métamorphisme : le métamorphisme de contact, le métamorphisme régional et le métamorphisme d'impact.

A- Le métamorphisme de contact affecte les roches encaissantes situées au contact direct avec des intrusions magmatiques. Ce type de métamorphisme provoque une « cuisson » des roches sur une certaine épaisseur. La zone transformée autour de l'intrusion est appelée auréole de métamorphisme de contact (Fig. 95).

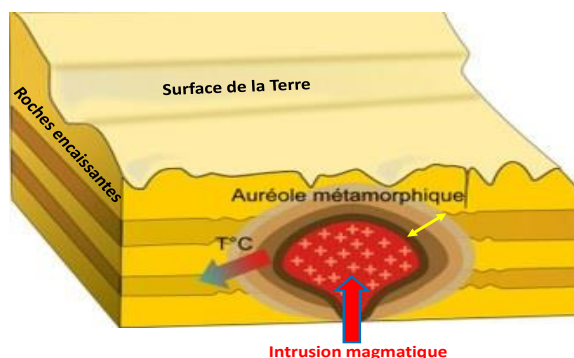


Figure 95 : Schéma du développement de métamorphisme de contact autour d'une intrusion magmatique.

B- Le métamorphisme régional (ou général) se développe à l'échelle de vastes régions, telles que celle d'une chaîne de montagnes, en réponse à une augmentation simultanée de la pression et de la température. Dans ces conditions, la recrystallisation des nouveaux minéraux dans un champ de contraintes orientées entraîne souvent l'apparition de structures foliées et de schistosité très marquées dans les roches métamorphiques. (Fig. 96).

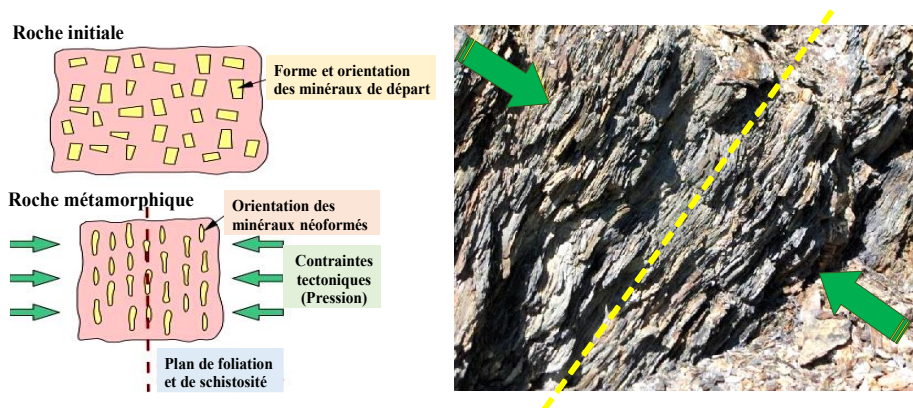


Figure 96. Illustration du processus de formation de la foliation et de la schistosité dans les roches du métamorphisme général (les flèches vertes indiquent l'orientation des contraintes)

C- Le métamorphisme d'impact (ou dynamométamorphisme) se développe au niveau de la surface de la Terre lorsqu'elle est impactée par la chute d'une météorite (Fig. 97).

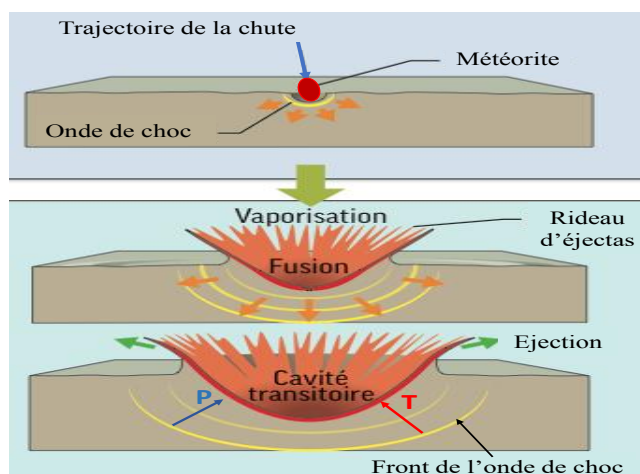


Figure 97 : Schéma illustrant le développement d'un métamorphisme d'impact provoqué par la chute d'une météorite.

En effet, l'impact d'une météorite génère des températures et des pressions extrêmes, pouvant atteindre jusqu'à 5 millions de kilo bars et 5000 °C, des valeurs généralement proportionnelles à la taille de la météorite et à sa vitesse d'arrivée à la surface de la Terre. Les roches formées par ce métamorphisme d'impact, appelées impactites ou tectites, contiennent des minéraux spécifiques tels que la coésite et le spinelle.

Dans les trois grands types de métamorphismes mentionnés plus haut, la composition chimique globale des roches originales est pratiquement inchangée (à l'exception des variations en CO₂ et H₂O) ; on parle dans ce cas-là de métamorphismes topochemiques ou isochimiques. A l'inverse, on distingue un autre groupe de métamorphisme qui se produit en milieux ouverts, avec des apports et des départs d'éléments chimiques assurés par des fluides hydrothermaux ; on parle dans ce cas de métamorphisme allochimique, hydrothermal ou métasomatique. Les roches issues de ce deuxième groupe de métamorphisme se caractérisent par des associations minérales complexes, riches à la fois en minéraux hydroxylés tels que les amphiboles, la chlorite et la serpentine, et en minéraux résultant de l'interaction entre les éléments chimiques de la roche initiale et ceux apportés par les fluides hydrothermaux, comme les grenats, les pyroxènes, l'idocrase et la wollastonite.

I-4.2 Transformations structurales, texturales et minéralogiques

Les structures et les textures des roches métamorphiques varient considérablement en fonction du type et de l'intensité du métamorphisme. Les structures peuvent être massives (par exemple, le marbre et la cornéenne), schistosées (comme le schiste ardoisier et le micaschiste) ou foliées (comme le gneiss et la migmatite). Les textures, observables au microscope, sont également très diverses, telles que granoblastique, lépidoblastique et porphyroblastique. (Fig. 98).

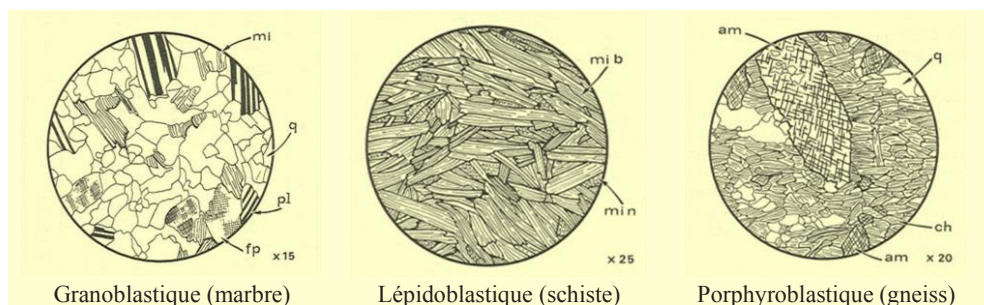


Figure 98 : Exemples de textures des roches métamorphiques observables au microscope (d'après Jung, 1886).

(am : amphibole ; ch : chlorite ; fp : feldspath potassique ; mi : mica ; mi b : mica blanc ; mi n : mica noir ; pl : plagioclase ; q : quartz)

Les transformations métamorphiques sont accompagnées de la recristallisation de nouveaux minéraux, appelés minéraux de néoformation. Certains de ces minéraux, tels que les trois polymorphes du silicate d'alumine (l'andalousite, le disthène et la sillimanite), sont des indicateurs des conditions de température et de pression du métamorphisme. Les nouvelles associations minérales en équilibre (paragenèses minérales) que l'on trouve dans une roche métamorphique dépendent directement de la composition chimique de la roche initiale et du degré de métamorphisme qu'elle a subi.

1-4.3 Classification et nomenclature

Les roches métamorphiques peuvent être classées selon trois critères différents : le faciès, le zonage et la séquence.

1- Le faciès métamorphique est un concept introduit en 1920 par P. Eskola, à partir de recherches expérimentales, propose une méthode de classification des roches indépendante de leur origine ou de leur composition chimique. Cette approche regroupe les roches en différents faciès, chacun étant défini par des assemblages minéralogiques spécifiques, identifiables au microscope et formés sous des conditions précises de température et de pression. Cette classification distingue quatre faciès principaux du métamorphisme de contact (Tableau X).

Tableau X : Faciès de métamorphisme de contact (selon P. Eskola, 1920).

<i>Faciès métamorphique</i>	<i>T. de formation (°C)</i>
F. des cornéennes à albite et épidote	300 - 500
F. des cornéennes à hornblende	500 - 670
F. des cornéennes à pyroxène	670 - 775
F. des des sanidites	775 - 900°

Pour les roches du métamorphisme général, la classification d'Eskola (1920) distingue sept faciès, chacun formé dans des domaines bien précis de température et de pression (Fig. 99).

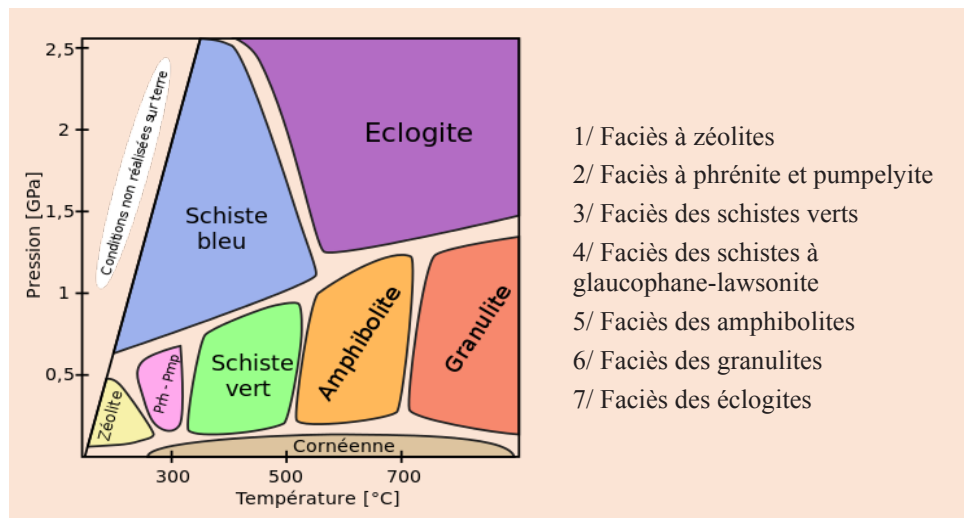


Figure 99 : Domaines T-P des faciès du métamorphisme général (d'après Eskola, 1920).

2- Le zonage métamorphique reflète l'intensification progressive des facteurs du métamorphisme, principalement la température (T) et la pression (P). Cette approche met en évidence une transition graduelle entre différentes zones métamorphiques. Chaque zone se distingue par un ensemble spécifique de minéraux indicateurs, variables selon la nature de la roche originelle (Fig. 100). L'apparition de ces minéraux repères permet de tracer sur une carte des lignes d'égale intensité métamorphique, nommées isogrades. Généralement, on distingue trois zones principales, classées par ordre croissant d'intensité métamorphique : l'épizone, la mésozone et la catazone (Fig. 100).

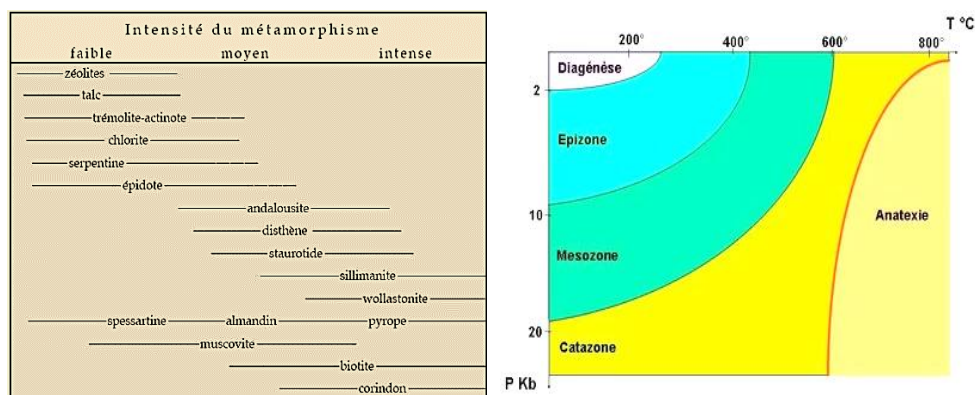



Figure 100 : Limites de stabilité des minéraux repères et isogrades des trois principales zones du métamorphisme général.

3- La séquence métamorphique est une classification qui regroupe l'ensemble des roches métamorphiques de degré variable, dérivées d'un même type de roche d'origine et ayant une composition chimique donnée (protolithe). Quatre séquences sont généralement distinguées : la séquence argilo-pélitique, la séquence quartzo-feldspathique, la séquence carbonatée et la séquence basique. Le tableau XI présente la nomenclature des roches métamorphiques correspondant à ces quatre principales séquences pétrographiques.

Tableau XI : Nomenclature des roches du métamorphisme général en fonction des séquences pétrographiques et de l'intensité du métamorphisme.

Séquences	Protolithes	Métamorphisme croissant 
Argilo-pélitique	Argile, pélite	Schiste → micaschiste → gneiss
Quartzo-feldspathique	Grès, arkose	Quartzite → gneiss → léptynite
Carbonate	Calcaire, dolomie	Calcschiste → marbre → cipolin
Basique	Basalte, gabbro	Schiste → amphibolite → pyroxénite

I-4.4 Diagramme de synthèse des limites du métamorphisme

Le diagramme synthétique de la figure 101 précise les limites de pression et de température pour les trois grands types du métamorphisme : de contact, régional et dynamométamorphisme. Il montre également les domaines de stabilité des principaux minéraux indicateurs du métamorphisme : la chlorite, le plagioclase, la biotite et le grenat, ainsi que le point triple des trois polymorphes des silicates d'alumine : l'andalousite, le disthène et la sillimanite. Ce diagramme est particulièrement utile pour visualiser les limites de transition entre les différents types de métamorphisme.

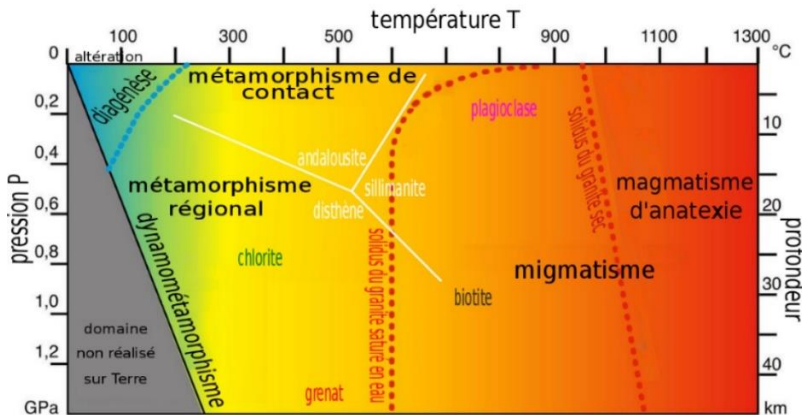


Figure 101 : Limites température-pressure des principaux types de métamorphismes et domaines stabilité des minéraux index.

Chapitre II : Méthodologie d'étude des roches

II-1 Présentation

L'étude pétrographique d'une roche cohérente, telle que le gabbro, le granite, le grès, le marbre ou le schiste, se déroule généralement en trois étapes : 1) l'observation sur le terrain, 2) l'étude macroscopique et 3) l'examen microscopique. Les informations recueillies à ces trois stades d'observation permettent d'identifier la famille à laquelle appartient la roche (magmatique, sédimentaire ou métamorphique) et de finaliser sa nomenclature pétrographique en projetant ses caractéristiques sur des diagrammes de classification propres à chaque famille et groupe de roches (voir chapitre précédent).

Dans le cas des roches meubles, composées de minéraux disjoints comme les sables, l'étude fait appel à une technique de tamisage pour déterminer la distribution granulométrique du mélange granulaire, suivie d'un examen détaillé de la nature et de la morphoscopie des différents grains de la roche. En ce qui concerne les roches composées de minéraux extrêmement fins, dont les dimensions micrométriques les rendent invisibles même au microscope optique, telles que les argiles, l'étude doit impérativement passer par des analyses de diffraction des rayons X (DRX), seul moyen d'identifier les minéraux argileux (comme la kaolinite, l'illite, la montmorillonite, etc.) constituant l'argile.

II-2 L'observation de terrain

L'analyse des affleurements sur le terrain permet de comprendre le contexte géologique des roches et d'identifier la famille à laquelle appartient chaque échantillon de roche. En effet, les modes de gisement, les conditions d'affleurements et les types d'altérations superficielle sont souvent caractéristiques de chaque famille et groupe de roches. Par exemple, les roches sédimentaires se reconnaissent sur le terrain par leur aspect en couches ou strates, d'épaisseur et de nature variables, disposées horizontalement (position d'origine) ou inclinées (suite à un effet tectonique). La présence de fossiles dans ces roches est un indicateur supplémentaire de leur origine sédimentaire (Fig. 102-A).

Les roches magmatiques effusives se reconnaissent par la présence de coulées de basaltes massives ou vacuolaires, ainsi que par des cônes volcaniques, souvent majestueux (Fig. 102-B). En revanche, les roches magmatiques plutoniques, comme

le granite, se reconnaissent d'assez loin par leur altération typique en grosses boules (Fig. 102-C).

Enfin, les roches métamorphiques, notamment celles issues du métamorphisme régional se reconnaissent par leur schistosité et leur déformation plicative très nettes (Fig. 102-D).



A : Contexte sédimentaires marqué par une superposition de stades subhorizontales.



B : Contexte magmatique dominé par des coulées basaltiques et des cônes volcaniques



C : Terrain granitique reconnaissable par son altération en grosses boules.



D : Contexte métamorphique montrant une puissante série de schistes plissés.

Figure 102 : Modes de gisement et conditions d'affleurement de quelques familles et groupes de roches.

II-3 L'étude macroscopique

L'étude macroscopique d'une roche se base sur son observation à l'œil nu et à l'aide d'une loupe de poche, permettant un grossissement x10 à x12. Cette observation doit, de préférence, être effectuée sur des surfaces fraîches ou sur une section polie de la roche. L'analyse macroscopique consiste à décrire en détail les caractéristiques visibles de la roche, notamment sa couleur, sa densité, sa dureté ainsi que la nature de ses principaux constituants : minéraux, fossiles, inclusions, etc. La figure 103 illustre un exemple d'observation et de description macroscopique d'un échantillon de granite rose.

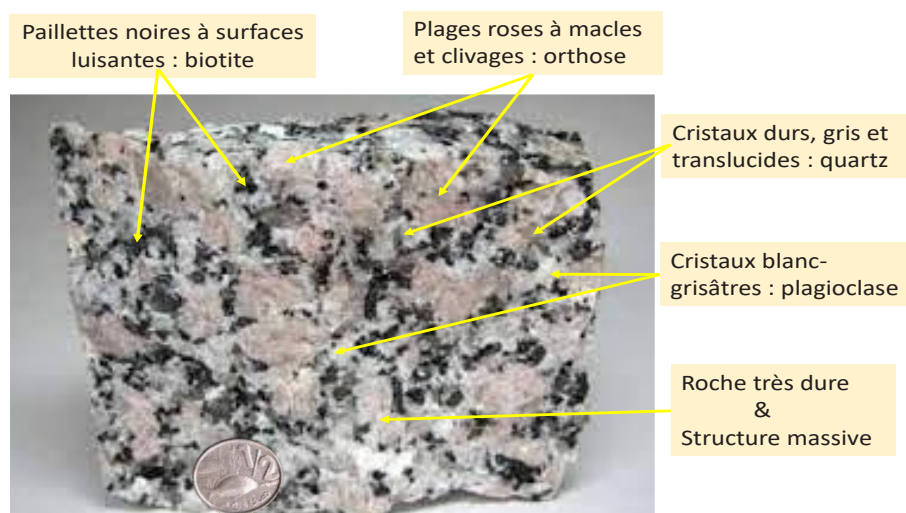


Figure 103 : Observation et description macroscopique d'un échantillon de granite rose.

II-4 L'examen microscopique

II-4.1 La lame mince

L'examen et l'étude microscopique d'une roche s'effectuent sur une section très fine, d'une épaisseur d'environ 30 μm , appelée « lame mince ». Cette lame est observée au moyen d'un microscope polarisant, équipé d'un double système de polarisation de la lumière (polariseur et analyseur), qui utilise la lumière transmise. La préparation d'une lame mince se déroule en quatre étapes, comme illustré à la figure 104.

- 1- Préparation du talon.** Le talon, également appelé « sucre », est un petit parallélépipède rectangulaire aux faces parallèles (environ 3,5 x 2,5 x 2 cm), découpé dans l'échantillon de roche à étudier à l'aide d'une scie à lame circulaire. L'une des faces du talon est ensuite poncée et polie sur une rodeuse pour éliminer les irrégularités et obtenir une surface parfaitement lisse.
- 2- Collage du talon sur lame de verre.** La face polie du talon est enduite d'une colle de type araldite, puis appliquée sous pression sur une lame de verre porte-objet de 4 x 3,5 cm. Après une heure de durcissement à une température de 40 à 60 °C, l'araldite assure une adhérence parfaite du talon à la lame de verre.
- 3- Rectification du talon.** La lame porte-talon est fixée sur un portoir et le talon est rasé à l'aide d'une scie à lame circulaire diamantée. Ensuite, on rectifie le restant sur une rodeuse en utilisant des poudres abrasives (émeri) de plus en plus fines,

allant de 250 à 5-6 μm . L'opération est arrêtée lorsque le talon atteint l'épaisseur de 30 μm .

4- Finalisation de la lame mince. Lorsque l'épaisseur requise de 30 μm est atteinte, la face du talon est recouverte d'une lamelle de verre, généralement collée avec du baume du Canada. Si la lame mince doit être analysée à la microsonde électronique, la lamelle est omise. Dans ce cas, on procède à un polissage très poussé de la surface de la lame avec des feutres et des pâtes diamantées extrêmement fines, avec des grains allant de 3 à 1 μm .

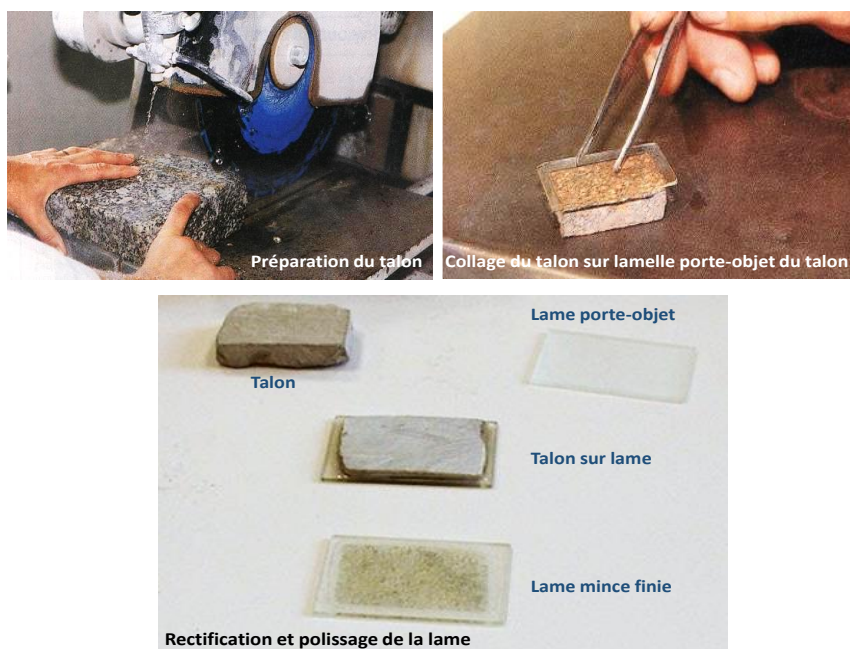


Figure 104 : Principales étapes de confection des lames minces.

II-4.2 Le microscope polarisant

Le microscope polarisant est un outil essentiel pour l'étude pétrographique des roches. Il se distingue du microscope ordinaire (utilisé en biologie) par sa possibilité d'observer les échantillons soit en lumière polarisée uniquement (observation dite en lumière naturelle : LN), soit simultanément en lumière polarisée et analysée (observation dite en lumière polarisée : LP). De plus, le microscope polarisant est équipé d'une platine tournante permettant une rotation complète de 360° de la lame mince, offrant ainsi la possibilité d'examiner les minéraux sous tous les angles. La figure 105 présente le schéma d'un microscope polarisant et illustre le trajet de

propagation de la lumière, depuis la source située à la base du microscope, jusqu'à l'oculaire, en passant par le polariseur, la lame mince et l'analyseur.

A noter que l'utilisation du microscope polarisant requiert des connaissances de base en optique. En effet, l'identification microscopique des minéraux repose sur les principes physiques de la propagation de la lumière à travers les milieux transparents.

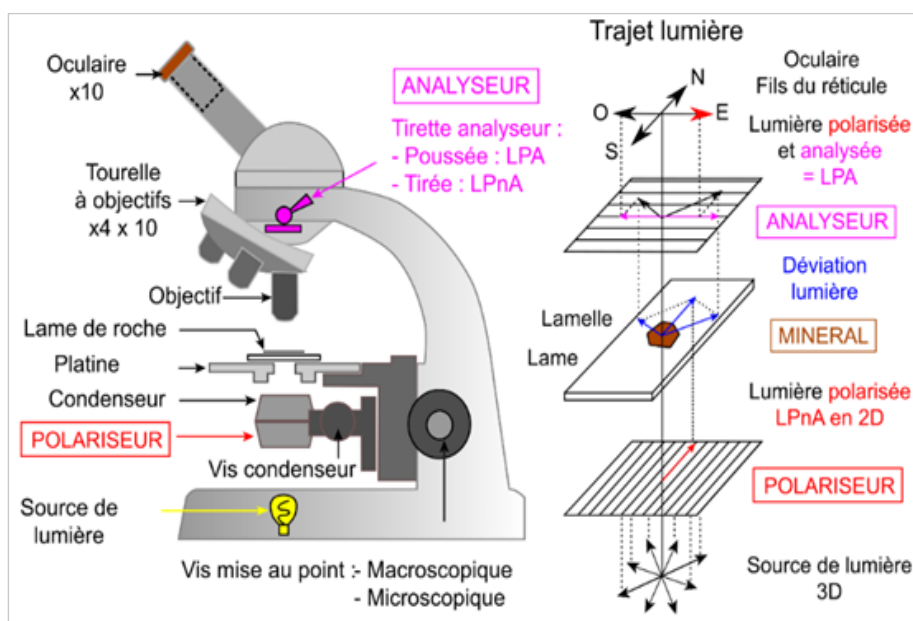


Figure 105 : Schéma d'un microscope polarisant et principe de l'observation en lumière polarisée et analysée.

L'étude d'une lame mince au microscope commence par la détermination de la texture de la roche, c'est-à-dire la forme, la taille et l'agencement de ses minéraux. Chaque espèce minérale est ensuite examinée individuellement afin de déterminer ses caractéristiques en lumière polarisée, telles que l'habitus, la couleur, le clivage, le pléochroïsme, le relief et les inclusions, ainsi que ses propriétés en lumière polarisée et analysée, comme la teinte de polarisation, les macles et l'angle d'extinction. Le recoupement de l'ensemble de ces critères permet de déterminer avec une grande précision la nature des minéraux. (Fig. 106).

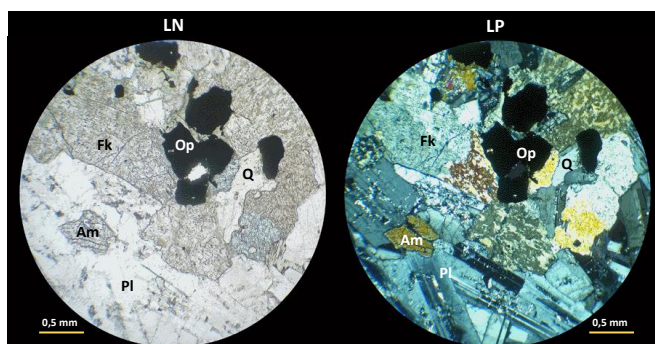
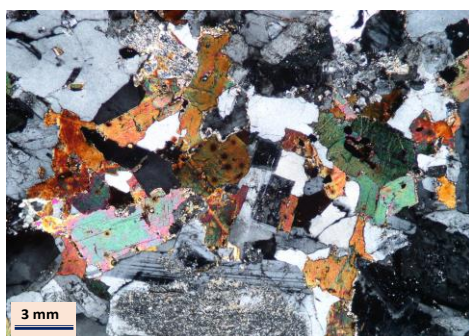
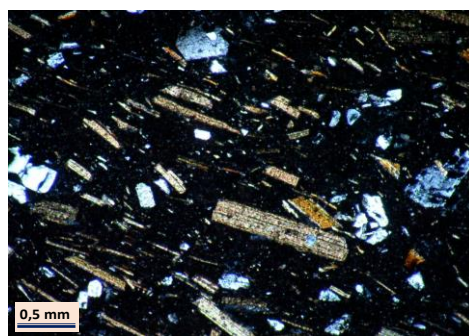


Figure 106 : Observations d'une roche magmatique plutonique (grenue) : à gauche en lumière naturelle (LN) et à droite en lumière polarisée et analysée (LP).

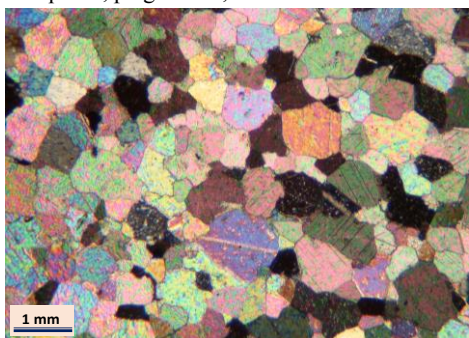
Enfin, la figure 107 illustre l'observation microscopique en lumière polarisée et analysée (LP) de quatre variétés de roches, distinctes par leur texture et leur composition minéralogique.



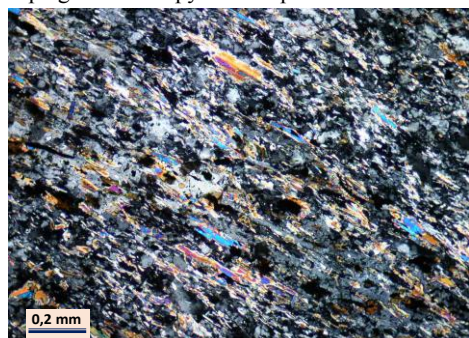
A : Granite grenu porphyrique composé de quartz, plagioclase, orthose et mica noir.



B : Basalte à texture microlitique fluidale à plagioclases et pyroxènes pris dans du verre



C : Marbre à texture granoblastique composé de cristaux engrenés de calcite.



D : Roche schisteuse composée de micas orientés sur un fond quartzo-feldspathique.

Figure107 : Micrographies prises en lumière polarisée et analyse (LP) de quatre variétés de roches, distinctes par leur texture et leur composition minéralogique.

Chapitre III : Principales roches du Maroc

III-1 Présentation

Dans la première partie de ce document, nous avons mis en lumière la richesse exceptionnelle du patrimoine géologique du Maroc, ainsi que sa remarquable diversité pétrographique. En effet, le pays abrite une large variété de roches, qu'elles soient magmatiques, métamorphiques ou sédimentaires, offrant un panorama géologique complet et représentatif.

Les roches sédimentaires occupent une place prépondérante par rapport aux roches magmatiques et métamorphiques, couvrant plus de 80 % de la superficie du territoire marocain. Parmi ces roches, on trouve principalement les calcaires, les marnes, les argiles, les grès et les travertins. Chaque groupe de roches sédimentaires présente plusieurs variétés distinctes, caractérisées par leurs structures, compositions minéralogiques et contenus paléontologiques. Le groupe des calcaires, en particulier, illustre cette diversité avec de nombreuses variétés : calcaire oolitique, calcaire lacustre, calcaire à trous, calcaire griotte, calcaire dolomitisé, calcaire fossilifère, onyx calcaire, travertin, entre autres.

Concernant les roches magmatiques et métamorphiques, les travaux de Cherotsky, publiés en 1978, ont permis de recenser environ 160 variétés, révélant une diversité remarquable malgré leur moindre présence en surface. Certaines de ces roches, comme les granitoïdes, les gabbros, les basaltes, les schistes et les gneiss, sont particulièrement abondantes et témoignent de l'intense activité magmatique ainsi que de la succession des épisodes de métamorphisme qu'a traversé le Maroc au cours de son histoire géologique. D'autres variétés, telles que les péridotites, serpentinites et carbonatites, sont plus rares, mais jouent néanmoins un rôle clé dans la compréhension de l'évolution géologique du pays.

Il est particulièrement intéressant de noter que certaines variétés de roches magmatiques, à la fois rares et singulières, ont été identifiées pour la première fois au Maroc. Ce qui souligne l'importance du pays dans l'avancement des connaissances géologiques à l'échelle mondiale. Parmi ces roches typiquement marocaines, on peut citer :


- *La mestigmérite* et *l'aïounite*, deux types de lamprophyres néphéliniques, ont été découvertes respectivement près des localités de Mestigmer et de El Aïoun Sidi Mellouk, situées entre Taourirt et Oujda dans le Maroc Nord-Oriental.
- *La talzastite*, une roche néphélinique apparentée à l'ijolite, a été découverte à proximité du volcan quaternaire de N'Talzast, dans la région d'Aïn Leuh dans le Moyen Atlas.
- *La tisrouimite*, une variété de cornéenne charbonneuse, a été découverte dans la région de Tisrouima, située sur la bordure SW du massif granodioritique de Tichka, dans le Haut Atlas occidental.

Les principales roches magmatiques, sédimentaires et métamorphiques du Maroc seront décrites sur des fiches synthétiques, de manière similaire à celles des minéraux. Ces fiches fourniront les informations essentielles sur leur composition pétrographique, leur mode de gisement et leurs conditions de formation, ainsi que leurs principaux sites d'occurrence au Maroc. Un chapitre distinct (III-5) sera consacré aux roches ornementales en raison de leur importance socio-économique.

III-2 Les roches magmatiques

Plusieurs variétés de roches magmatiques, tant plutoniques que volcaniques, sont recensées au Maroc. En raison de l'impossibilité technique de couvrir l'ensemble de ces roches, nous avons sélectionné 24 variétés parmi les plus répandues en termes de superficie affleurante à l'échelle nationale. Ces roches choisies sont les suivantes :

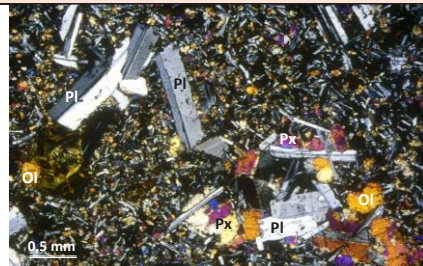
1- Aplite	7- Gabbro	13- Obsidienne	19- Pierre ponce
2- Andésite	8- Granite	14- Pegmatite	20- Pouzzolane
3- Basalte	9- Ignimbrite	15- Pépérite	21- Rhyolite
4- Carbonatite	10- Lamprophyre	16- Péridotite	22- Scories
5- Diorite	11- Mestigmérite	17- Perlite	23- Syénite
6- Dolérite	12- Microgranite	18- Phonolite	24- Tuf volcanique

1- Aplite	Roche magmatique	Filonienne
		Filonnet d'aplite de 10 cm d'épaisseur
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche à grisâtre ou rosâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : microgrenue (aplitique). <i>Composition</i> : quartz, feldspath alcalin (orthose et microcline), plagioclases (albite-oligoclase) et rares cristaux de biotite et parfois de tourmaline.	
Mode de gisement & genèse	L'aplite apparait en filonets étroitement associés aux granites. Elle correspond au jus résiduel de fin de cristallisation du magma granitique, s'injectant tardivement dans les fissures du granite en voie de solidification ainsi que dans son encaissant.	
Occurrences marocaines	De nombreux filonets d'aplates sont connus autour des granites précambriens de l'Anti-Atlas et hercyniens de la Meseta marocaine. Un réseau dense d'aplite, associé à des pegmatites, se trouve dans la région de Sidi Bou-Othmane (Jébilet).	

2- Andésite	Roche magmatique	Volcanique	
		Micrographie en LP d'une andésite (Pl : plagioclase ; Px : pyroxène ; Bi : biotite ; Ms : mésostase)	
Andésite porphyrique			
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise avec un aspect hétérogène. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : vitreuse à microlitique porphyrique. <i>Composition</i> : plagioclases (andésine), pyroxène, hornblende, biotite, rares cristaux d'olivines et d'opiques (oxydes de fer et de titane).		
Mode de gisement & genèse	L'andésite se présente sous forme de coulées, dômes ou filons. Elle est issue de laves visqueuses, de nature calco-alcaline, émises dans les zones de convergence de plaques tectoniques, des arcs insulaires ainsi que des marges continentales actives.		
Occurrences marocaines	Parmi les différents gisements d'andésite du Maroc, on note : l'andésite cambrienne de la région de N'Kob (Anti-Atlas), l'andésite hercynienne de la région de Hassiane-Ed-Diab (Maroc Nord-Oriental) et l'andésite d'âge plioquaternaire de la région de Mekkam (Maroc Nord-Oriental).		

3- Basalte**Roche magmatique****Volcanique**

Basalte massif avec nodule de péridotite

Micrographie d'un basalte à olivine
(Pl : plagioclase, Px : pyroxène, Ol : olivine)**Pétrographie**

Couleur : noire à vert foncé. *Structure* : massive, vacuolaire, scoriacée, en prisme, en coussins (Pillow-lava) ou en bombe (bombe volcanique). *Texture* : vitreuse à microlitique. *Composition* : verre, plagioclases (labrador, bytownite), pyroxène (augite, hypersthène...), olivine, amphibole, biotite et opaques (magnétite...).

Mode de gisement & genèse

Le basalte forme généralement des coulées, des filons, des sills ou des empilements de pillow-lava (forme d'écoulement subaquatique). Le magma basaltique provient de la fusion partielle des roches du manteau supérieur constitué de péridotites.

Occurrences marocaines

Des coulées basaltiques permienues et triasiques, et mio-plio-quaternaires existent dans le Maroc central (ex. Rommani), dans le Moyen Atlas (ex. Azrou) et dans le Rif (ex. Oujda, Nador...) et au niveau de l'Anti-Atlas (ex. Jbels Siroua et Saghro).

Variétés de basalte

Les basaltes présentent diverses structures en fonction des conditions de leur refroidissement.



Basalte sous forme de bombe volcanique




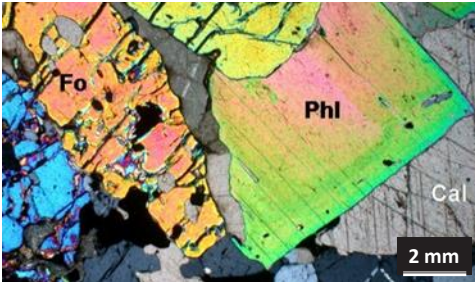


Lave basaltique en coussins (Pillow-lavas)


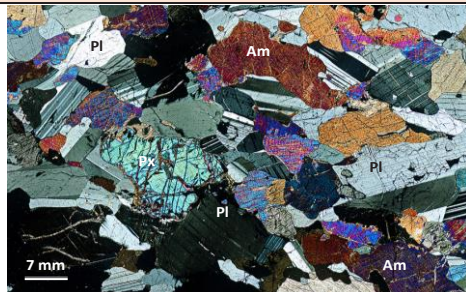


Coulée de lave basaltique cordée



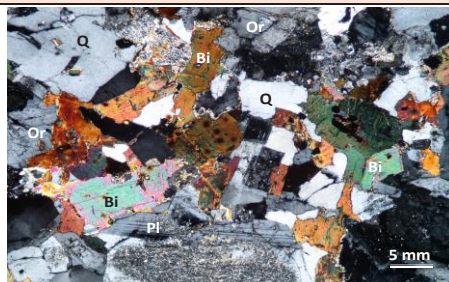
Basalte en prisme (orgues basaltiques)

4- Carbonatite	Roche magmatique	Plutonique/Volcanique
		
		<p>Micrographie en LP de carbonatite (Cal : calcite ; Phl : phlogopite, Fo : forstérite-olivine)</p>
<p>Pétrographie</p>	<p><i>Couleur</i> : blanc grisâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue fine à grossière. <i>Composition</i> : calcite (jusqu'à 80 %), dolomite (ankérite ou sidérose), minéraux silicatés variés et peu abondants (feldspaths, biotite, grenat, olivine, etc.) et des minéraux riches en terres rares (cérium, lanthane, néodyme...).</p>	
<p>Mode de gisement & genèse</p>	<p>Les carbonatites se présentent sous forme de coulées ou de masses compactes. Elles résultent du refroidissement de magmas d'origine mantellique (carbonatitique), sous-saturé en silice et riches en CO₂ ; magmas très rares dans la nature.</p>	
<p>Occurrences marocaines</p>	<p>Au Maroc, les carbonatites sont connues dans la région de Tamazert (Haut Atlas central) en association avec des roches alcalines (métasyénites et trachytes). Des carbonatites sont également connues dans la région d'Aousserd (domaine saharien) où elles montrent des teneurs intéressantes en terres rares, niobium, uranium...</p>	
5- Diorite	Roche magmatique	Plutonique
		
		<p>Micrographie en LP d'une diorite à amphibole (Pl : plagioclase ; Am : amphibole)</p>
<p>Pétrographie</p>	<p><i>Couleur</i> : gris sombre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue fine à grossière. <i>Composition</i> : plagioclases (oligoclases-andésine), amphibole (hornblende verte) et biotite, dominants, avec minéraux rares (orthose, quartz, biotite, épidote, sphène...).</p>	
<p>Mode de gisement & genèse</p>	<p>La diorite affleure en plutons, souvent associés à la granodiorite et au gabbro. Elle provient des magmas intermédiaires, issus de la fusion partielle de la péridotite ou de la différenciation des magmas basiques, qui s'expriment en zones de subduction.</p>	
<p>Occurrences marocaines</p>	<p>Des massifs de diorites et gabbros se trouvent dans les boutonnières précambriennes de l'Anti-Atlas (Kerdous, Saghro, Siroua...). Des diorites hercyniennes affleurent dans le massif de Tichka (Haut Atlas occidental) et de Zekkara (Maroc oriental).</p>	

6- Dolérite		Roche magmatique	Filonienne
			
Bloc de dolérite fraîchement cassé		Micrographie en LP de dolérite composée principalement de plagioclases et pyroxènes	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : gris à vert foncé. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : microlitique (grains visibles à la loupe). <i>Composition</i> : plagioclases (en lattes enchevêtrées) et de pyroxènes (augite) avec de rares cristaux d'amphiboles, olivine, chlorite, sphène...		
Mode de gisement & genèse	La dolérite et la microdolérite forment des dykes et des sills cristallisés à faible profondeur. Elles proviennent du refroidissement relativement rapide du même magma basaltique qui donne les gabbros en profondeur et les basaltes en surface.		
Occurrences marocaines	Des dykes et des sills de dolérite, datant du Précambrien au Permo-Trias, sont répartis à travers le Maroc, notamment dans l'Anti-Atlas, le Haut-Atlas, les Jébilat, et les Rehamna. Le plus célèbre d'entre eux est le dyke jurassique de Fom-Zguid, dont l'épaisseur varie de 80 à 120 mètres et qui s'étend sur 200 km.		
7- Gabbro		Roche magmatique	Plutonique
			
Gabbro à grains grossiers		Micrographie en LP de gabbro (Pl : plagioclase ; Am : amphibole ; Px : pyroxène)	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : noire à vert foncé. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue moyenne à grossière. <i>Composition</i> : plagioclases calciques (labrador, bytownite, anorthite), pyroxène, olivine et minéraux accessoires (sphène, ilménite, hématite, spinelle...).		
Mode de gisement & genèse	Le gabbro, associé souvent à d'autres roches basiques et intermédiaires (comme la diorite et la diorite quartzique), forme des plutons circonscrits de dimension métrique à kilométrique. Il provient des magmas basiques issus de la fusion partielle de la péridotite mantellique dans les zones de rift et des dorsales océaniques.		
Occurrences marocaines	Des gabbros précambriens, hercyniens et post-jurassiques affleurent dans plusieurs régions du Maroc telles que les boutonnières d'El Graara et de Siroua (Anti-Atlas), les Jébilat, les Rehamna, le Haut Atlas occidental ainsi que le Maroc central.		

8- Granite**Roche magmatique****Plutonique**

Granite gris à texture grenue isogranulaire



Micrographie d'un granite (Bi : biotite, Or : orthose, Pl : plagioclase Q : quartz)

Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise, rose à rouge. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue isogranulaire à grenue porphyrique <i>Composition</i> : quartz, feldspaths potassiques (orthose, microcline), plagioclases (albite, oligoclase), avec des minéraux secondaires (biotite, muscovite...) et accessoires (apatite, zircon, séricite, hématite, ilménite...).
Mode de gisement & genèse	Le granite apparaît sous forme de grands batholites intrusifs dans des roches encaissantes métamorphiques composant les chaînes orogéniques. Les magmas des granites intrusifs peuvent avoir une origine crustale, mantellique ou mixte.
Occurrences marocaines	Plusieurs granites précambriens sont connus dans diverses régions de l'Anti-Atlas telles que Taznakht et Tafraoute. Parmi les granites hercyniens, on note ceux de : Tichka et d'Azegour (Haut Atlas occidental), de Tancherfi et Zekkara (Maroc oriental), de Zaër, Ment et Oulmès (Maroc central) et des Oulad Ouaslam (Jébile).

Variétés de granites

Les granites se distinguent par une grande diversité de couleurs, de structures et de textures.



Granite rose à texture grenue isogranulaire



Granite rouge à grains grossiers




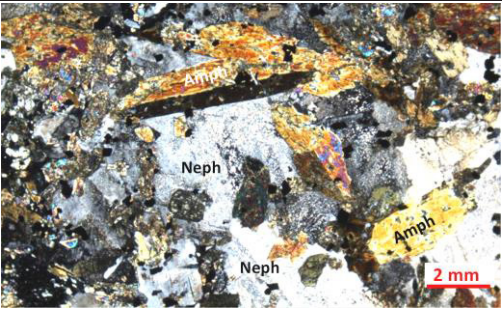
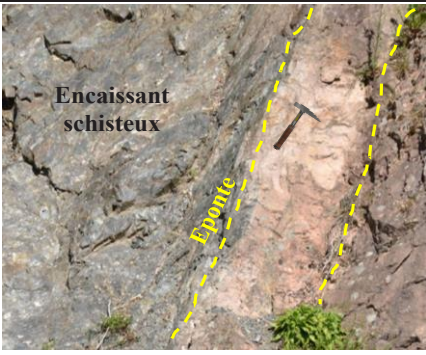

Granite à grenu porphyrique (à dents de cheval)



Granite gris à texture orbiculaire

9- Ignimbrite		Roche magmatique	pyroclastique
			
Echantillon macroscopique d'une ignimbrite		Texture fiammée d'une ignimbrite	
Pétrographie	Couleur : grise à brunâtre. Structure : massive à vacuolaire. Texture : vitreuse, microfluidale et hétérogène avec la présence de fiammes (ou échardes) visibles à l'œil nu. Composition : débris de laves, de cristaux et de roches soudés.		
Mode de gisement & genèse	Les ignimbrites forment souvent des coulées, pouvant couvrir sur plusieurs milliers de km². Elles résultent d'éruptions explosives conduisant à l'accumulation de débris de laves acides soudés à chaud, présentant l'aspect de ponce ou de lave fluidale.		
Occurrences marocaines	Au Maroc, les ignimbrites sont présentes dans plusieurs provinces volcaniques, notamment dans les boutonnières précambriennes de l'Anti Atlas, telles que celles de Bou Azzer-El Graara et de l'Ougnat. Elles se trouvent également dans le Maroc oriental (massif de Jerrada) ainsi que dans le Rif oriental (Gourougou et Ras Tarf).		

10- Lamprophyre		Roche magmatique	Filonienne
			
Filon de lamprophyre recoupant un microgranite		Lamprophyre à amphibole et olivine	
Pétrographie	Couleur : grise à noire. Structure : massive. Texture : microgrenue à microgrenue porphyrique. Composition : feldspaths, mica noir (phlogopite), amphiboles et olivine, avec divers minéraux accessoires (apatite, sphène, opaques...).		
Mode de gisement & genèse	Les lamprophyres se présentent en filons d'épaisseur centimétrique à métrique et sont souvent associés aux microgranites et microsénites. Ils sont issus de magmas ferromagnésiens et potassiques exprimés lors des phases ultimes d'une orogénèse.		
Occurrences marocaines	Des filons de lamprophyre sont inventoriés dans plusieurs régions du Maroc, notamment dans le massif hercynien du Maroc central, le massif de Tamazight (Moyen Atlas central) ainsi que dans la région d'Azegour (Haut Atlas occidental).		

11- Mestigmérite	Roche magmatique	Filonienne
 <p data-bbox="242 578 515 602">Echantillon de mestigmérite</p>	 <p data-bbox="641 553 1115 602">Micrographie de lamprophyre néphélinique (LP) (Amph : amphibole, Neph : néphéline)</p>	
<p data-bbox="164 638 297 662">Pétrographie</p>	<p data-bbox="319 615 1125 693"><i>Couleur</i> : grise. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : microgrenue porphyrique. <i>Composition</i> : baguettes noires d'amphiboles-ca (barkévite) et de feldspathoïdes sodique (néphéline) avec accessoirement des biotites, des pyroxène et des opaques.</p>	
<p data-bbox="164 706 297 784">Mode de gisement & genèse</p>	<p data-bbox="319 706 1125 784">La mestigmérite se présente généralement sous forme de filons d'épaisseur décimétrique à métrique. Elle appartient au groupe des lamprophyres néphéliniques, souvent associées aux roches magmatiques sous-saturées en silice.</p>	
<p data-bbox="164 802 297 857">Occurrences marocaines</p>	<p data-bbox="319 797 1125 875">La mestigmérite a été découverte pour la première fois près de la localité de Mestigmer, située entre Taourirt et Oujda, par Duparc en 1925. Une autre occurrence de mestigmérite est connue près de la localité de l'Oued Serrou, au sud de Khénifra.</p>	
12- Microgranite	Roche magmatique	Filonienne
 <p data-bbox="185 1306 571 1361">Filon de microgranite rose recoupant un terrain schisteux</p>	 <p data-bbox="656 1321 1087 1344">Echantillon de microgranite rose (Rehamna)</p>	
<p data-bbox="164 1397 297 1421">Pétrographie</p>	<p data-bbox="319 1374 1125 1452"><i>Couleur</i> : grise, rose ou rouge. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : microgrenue à microgrenue porphyrique. <i>Composition</i> : quartz, plagioclases (albite et oligoclase), orthose et biotite avec accessoirement muscovite, zircon, tourmaline, opaques...</p>	
<p data-bbox="164 1465 297 1543">Mode de gisement & genèse</p>	<p data-bbox="319 1465 1125 1543">Les microgranites forment, avec les aplites et les pegmatites, des cortèges filoniens autour des massifs granitiques auxquels ils sont souvent génétiquement liés. Ils peuvent également former les faciès de bordure des massifs granitiques.</p>	
<p data-bbox="164 1561 297 1616">Occurrences marocaines</p>	<p data-bbox="319 1556 1125 1634">Des filons de microgranite, d'épaisseur et d'extension variables, se trouvent systématiquement associés aux différents massifs granitiques précambriens du domaine de l'Anti-Atlas et hercyniens de la Meseta marocaine.</p>	

13- Obsidienne**Roche magmatique****Volcanique**

Obsidienne à cassures lisses et conchoïdales

Outil préhistorique taillé dans une obsidienne

Pétrographie

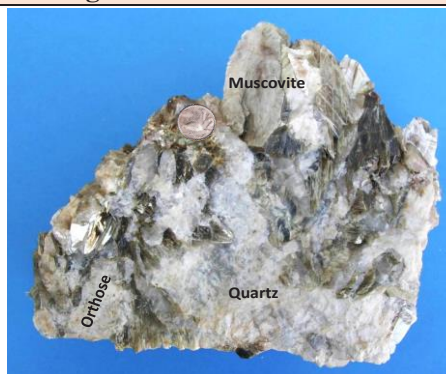
Couleur : vert-bouteille à noire. *Structure* : massive. *Texture* : vitreuse. La roche se distingue par son aspect brillant et transparent, avec des cassures conchoïdales.

Mode de gisement & genèse

L'obsidienne se présente sous forme de couches peu épaisses et fragmentées, souvent intercalées avec d'autres roches magmatiques éruptives telles que le basalte, les tufs et la pozzolane. L'obsidienne résulte d'une vitrification due à une polymérisation dense des laves acides très riches en silice.

Occurrences marocaines

Au Maroc, les gisements d'obsidiennes les plus remarquables se trouvent dans la province volcanique néogène du Rif oriental, au niveau du Cap des trois Fourches et à la base du volcan de Jbel Tidiennit (près de Nador).

14- Pegmatite**Roche magmatique****Pneumatolytique**

Pegmatite à muscovite de Sidi Bou Othmane

Pegmatite à cristaux géants de tourmaline

Pétrographie

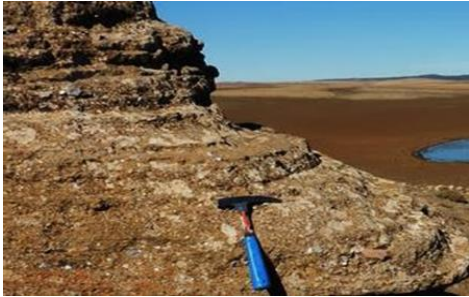

Couleur : blanc grisâtre à rosâtre. *Structure* : massive. *Texture* : pegmatitique (cristaux géants). *Composition* : quartz, orthose et muscovite dominant, avec divers minéraux pneumatolytiques, comme la tourmaline, la topaze et le béryl.


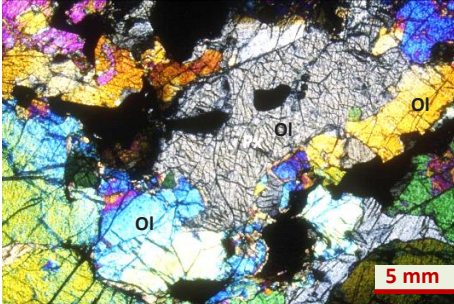
Mode de gisement & genèse

Les pegmatites se présentent sous forme de masses lenticulaires, étroitement associées aux filons d'aplite. Elles se situent fréquemment en bordure et au toit des plutons granitiques avec lesquels elles sont génétiquement liées.

Occurrences marocaines



Parmi les pegmatites marocaines notables, on peut citer celles riches en grands cristaux de muscovite et béryl de la région de Timrhahine, liées génétiquement au granite précambrien de Taznakht (Anti-Atlas central), ainsi que celles à tourmaline et quartz de Sidi Bou Othmane, attachées aux granites hercyniens des Jébillet.



15- Pépérite	Roche magmatique	Volcanique
		
Dépôt de pépérite (région de Timahdite)		Vue rapprochée d'une pépérite
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à brune. <i>Structure</i> : hétérogène et litée. <i>Texture</i> : granulaire. <i>Composition</i> : granules millimétriques de verre basaltique (évoquant des grains de poivre) et fragments de roches diverses, liés par une matrice calcaire ou marneuse.	
Mode de gisement & genèse	Les pépérites se forment lors d'explosions volcaniques phréatomagmatiques. Ces explosions, très violentes, fragmentent la lave en petites vésicules qui se mélangent aux fragments de roches arrachés aux parois des cheminées volcaniques.	
Occurrences marocaines	Des affleurements spectaculaires de pépérites se trouvent en bordure des maars dans la province volcanique plioquaternaire d'Ifrane-Azrou (Moyen Atlas central). On trouve également des pépérites à Hamar Lakhdad (Anti-Atlas oriental), associées aux mud-mounds de la région du Tafilalet.	


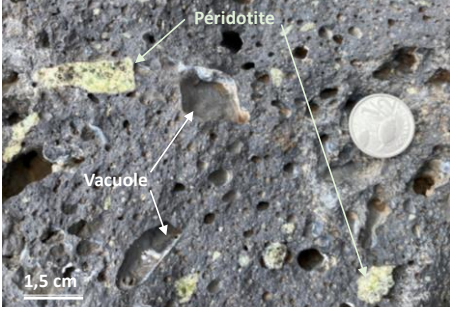
16- Péridotite	Roche magmatique	Plutonique
		
Galet de péridotite du Rif (massif de Béni Bousera)		Micrographie (LP) d'une péridotite (Ol : olivine)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : vert foncé à noire. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue fine à grossière. <i>Composition</i> : olivine, pyroxène, spinelle et amphibole (jusqu'à 90 %), parfois à des teneurs exploitables en minéralisations de nickel, de chrome et de platine.	
Mode de gisement & genèse	Les péridotites se présentent sous forme de couches foliées à la base des complexes ophiolitiques. On les rencontre parfois sous forme d'enclaves dans les basaltes où elles correspondent à des fragments du manteau supérieur ayant résisté à la fusion.	
Occurrences marocaines	De très beaux affleurements de péridotites constituent le noyau du massif paléozoïque de Beni Bousera (Rif interne). Les péridotites se trouvent également dans la boutonnière de Bou Azzer (Anti-Atlas central). Des nodules de péridotite verte, d'origine mantellique, se rencontrent dans les basaltes de la province volcanique plio-quaternaire d'Ifrane-Azrou-Timahdite (Moyen Atlas central).	


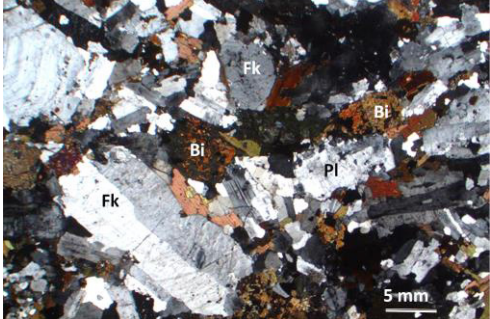
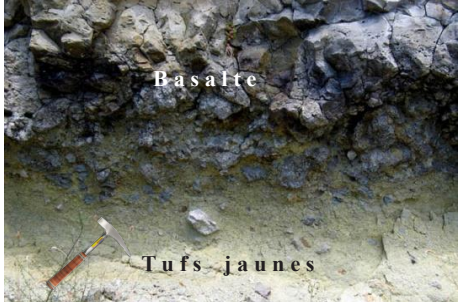

17- Perlite	Roche magmatique	Volcanique
		
Fragments de perlite de la région de Nador	Micrographie en LP de perlite	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : noire. <i>Structure</i> : perlitique (masse débitée en petites sphères ou « perles », d'où son nom de perlite). <i>Texture</i> : vitreuse. <i>Composition</i> : quelques rares petits minéraux ferromagnésiens souvent altérés, noyés dans du verre volcanique.	
Mode de gisement & genèse	La perlite se présente sous forme de lentilles ou de dômes de dimensions très variées. Elle est fréquemment associée à des roches volcaniques comme l'andésite, la bentonite et les tufs. On admet que la perlite résulte du refroidissement rapide de laves acides de composition rhyolitique et dacitique, particulièrement riches en eau.	
Occurrences marocaines	Des gisements intéressants de perlite, localement exploités, se trouvent au niveau du Jbel Tidiennit, dans la province volcanique néogène du Rif oriental.	

18- Phonolite	Roche magmatique	Volcanique
		
Prisme de phonolite (Maroc central)	Micrographie en LP d'une phonolite	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à verdâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : microlitique fluidale. <i>Composition</i> : feldspathoïdes (néphéline), sanidine et pyroxènes, avec minéraux accessoires (sphène, apatite), le tout lié par une mésostase vitreuse peu abondante.	
Mode de gisement & genèse	La phonolite se caractérise par le son aigu qu'elle émet lorsqu'on frappe ses dalles avec un marteau. Elle se présente sous forme de coulée, parfois à débit prismatique, de dôme, de filon ou de dyke. Elle provient du refroidissement rapide de laves siliceuses et visqueuses et est souvent associée à des basaltes à olivines.	
Occurrences marocaines	Des coulées de laves phonolitiques, d'âge néogène à quaternaire, sont connues dans les massifs de Siroua et du Sarhro (Anti-Atlas) ainsi que dans les Hauts Plateaux (Maroc oriental). Une variété de phonolite à haïtïne, d'âge quaternaire, se trouve dans la région d'El Harcha (près d'Oulmès) et au Jbel Tiousirt (Maroc central).	

19- Pierre ponce	Roche magmatique	Volcanique
		
Fragments de pierre ponce		Vue rapprochée d'une pierre ponce fibreuses
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige, grise à rosâtre. <i>Structure</i> : poreuse et fibreuse. <i>Texture</i> : vitreuse. <i>Composition</i> : verre dominant, avec quelques rares petits minéraux noirs (pyroxène, biotite) et des fragments de roches (enclaves). C'est une roche friable et très légère.	
Mode de gisement & genèse	La pierre ponce se présente sous forme de couches, parfois épaisses, ou d'accumulations de fragments de tailles variées. Elle résulte de la vitrification de laves siliceuses, de nature rhyolitique et dacitique, lors de leur projection dans l'air.	
Occurrences marocaines	Des affleurements de ponces rhyolitiques, de teinte claire, existent dans la province volcanique du Rif oriental, notamment autour du stratovolcan de Gourougou et au niveau du Cap des Trois Fourches.	

20- Pouzzolane	Roche magmatique	Volcanique
		
Carrières de pouzzolane de Jbel Hebri (Moyen Atlas)		Vue rapprochée de pouzzolane
Pétrographie	<i>Couleur</i> : gris-noir à rouge rouille. <i>Structure</i> : granulaire et alvéolaire. <i>Texture</i> : vitreuse. <i>Composition</i> : verre contenant de rares microlites de plagioclases et des cristaux verts d'olivine.	
Mode de gisement & genèse	La pouzzolane forme des dépôts, parfois très épais, composés de granules alvéolaires de diamètre millimétrique à centimétrique, faiblement soudés entre eux. Il s'agit de produits pyroclastiques que l'on trouve souvent à proximité des cônes volcaniques de type strombolien, caractérisés par leurs éruptions explosives.	
Occurrences marocaines	Des gisements de pouzzolane, exploitables comme matériaux de construction, se trouvent associés au volcanisme plio-quaternaire du Rif oriental, du Moyen Atlas central et du Maroc central ainsi qu'aux provinces volcaniques de l'Anti-Atlas.	



21- Rhyolite	Roche magmatique	Filonienne/effusive
		Micrographie en LP de rhyolite (Bi : biotite, Pl : plagioclase, Qz : quartz, Op : opaque, Ms : mésostase)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à rougeâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : microgrenue porphyrique. <i>Composition</i> : cristaux subautomorphes de plagioclases, quartz à golfes de corrosion, sanidine et rares biotites et opaques, le tout est pris dans une mésostase.	
Mode de gisement & genèse	Les rhyolites se présentent généralement sous forme de filons, parfois de dômes ou de coulées épaisses. Elles proviennent de magmas acides de type granitique, mis en place en semi-profondeur, et sont systématiquement associées spatialement à diverses roches, telles que les granites, les andésites, les trachytes et les rhyodacites.	
Occurrences marocaines	De nombreux gisements de rhyolites se trouvent liés aux formations volcaniques précambriennes de l'Anti-Atlas (Sarhro, Siroua, Zenaga), hercyniennes du Haut Atlas occidental, des Rehamna et du Maroc oriental et alpines du Rif oriental.	
22- Scorie	Roche magmatique	Volcanique
		
Pétrographie	Scorie volcanique noir du Moyen Atlas central	
	Basalte vacuolaire à inclusions de péridotite	
Mode de gisement & genèse	<i>Couleur</i> : noire, vert foncé ou brune. <i>Structure</i> : vacuolaire. <i>Texture</i> : vitreuse. <i>Composition</i> : microlites de plagioclase, cristaux de sanidine et petites masses de péridotite verte, le tout est pris dans du verre. Les scories sont dures et légères. Les scories forment la partie sommitale des coulées de basalte. On les trouve également en blocs au sein des dépôts de pouzzolane. Elles résultent de la projection dans l'air des fragments de basalte qui subissent à la fois un dégazage et un refroidissement brusques qui sont à l'origine de leur structure vacuolaire.	
Occurrences marocaines	Des fragments de scories rouges et noires, de tailles très variées, se trouvent en abondance dans presque toutes les provinces volcaniques anciennes et récentes du Maroc : le Rif oriental, le Moyen Atlas, le Maroc central et l'Anti-Atlas.	

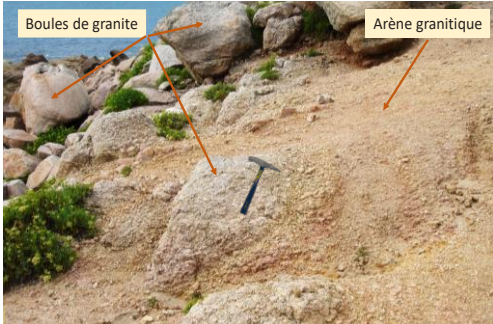

23- Syénite	Roche magmatique	Plutonique
		
Echantillon de syénite grise	Micrographie en LPA d'une syénite à biotite (Bi : biotite, Pl : plagioclase, Fk : feldspath alcalin)	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise, violacée à rosâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue. <i>Composition</i> : feldspath alcalin (orthose, microcline), biotite et hornblende dominants avec rares plagioclases (< 10 %), apatite, zircon, magnétite...	
Mode de gisement & genèse	Les syénites forment de petits massifs ou des faciès d'altération localisés au sein des massifs granitiques. Elles sont souvent associées à d'autres roches magmatiques alcalines comme les carbonatites, réputées pour leur richesse en terres rares.	
Occurrences marocaines	Des syénites et microsyénites, alcalines à calco-alcalines, datant des périodes précambrienne, hercynienne et alpine, sont répertoriées dans l'Anti-Atlas central et oriental, le Maroc oriental, le Haut Atlas de Midelt ainsi que dans le Maroc central.	
24- Tuf volcanique	Roche magmatique	Volcanique
		
Tufs volcaniques surmontés de basalte	Surface plane d'un tuf volcanique consolidé	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : jaune, rose à grise. <i>Structure</i> : alvéolaire, parfois avec stratification et granoclassement. <i>Texture</i> : vitreuse à fibreuse. <i>Composition</i> : rares minéraux, fragments de roches et débris pyroclastiques soudés par une matrice vitreuse.	
Mode de gisement & genèse	Les tufs forment des couches d'épaisseur variable, alternant avec des lits de cendres, des couches de basalte ou des niveaux sédimentaires marins ou lacustres. Selon leur chimisme, on distingue des tufs andésitiques, rhyolitiques, dacitiques...	
Occurrences marocaines	De nombreux affleurements de tufs volcaniques rhyolitiques et andésitiques se trouvent dans la région du Cap des Trois Fourches (Rif oriental). Des tufs rhyolitiques alcalins sont connus dans les terrains précambriens de l'Anti-Atlas (Siroua, Sarhro, Bou Azzer-El Graara). Enfin, de modestes affleurements de tufs primaires et quaternaires existent dans le Moyen Atlas et le Maroc central.	



III-3 Les roches sédimentaires

Une grande partie de la surface du sol marocain est couverte de roches sédimentaires de nature et de composition très variées. Sans prétendre à l'exhaustivité, nous présentons ci-dessous les principales caractéristiques pétrographiques, les modes de gisements et genèse, ainsi que les principales occurrences de 28 de variétés de roches sédimentaires parmi les plus représentées à l'échelle du Maroc.

1- Anthracite	8- Calcaire oolitique	15- Jaspe	22- Psammite
2- Arène	9- Calcarénite	16- Lumachelle	23- Quartzite
3- Argile	10- Conglomérat	17- Marne	24- Sable
4- Arkose	11- Diatomite	18- Onyx calcaire	25- Sel gemme
5- Brèche	12- Dolomie	19- Pélite	26- Silex
6- Calcaire construit	13- Grès	20- Phosphate	27- Siltite
7- Calcaire fossilifère	14- Gypse	21- Poudingue	28- Travertin


1- Anthracite	Roche sédimentaire/métamorphique	Charbonneuse
 <p>Couches de charbon intercalées dans des roches sédimentaires</p>		 <p>Anthracite de de la mine de Jerrada</p>
Pétrographie	<i>Couleur</i> : gris foncé à noir brillant. <i>Structure</i> : écaillée ou stratifiée. <i>Texture</i> : matière organique opaque. <i>Composition</i> : l'anthracite contient de 92 à 95 % de carbone, avec quelques rares minéraux de pyrite et de quartz.	
Mode de gisement & genèse	L'anthracite se présente sous forme de couches d'épaisseur variable, souvent intercalées avec des roches sédimentaires, telles que les grès et les schistes. Ce charbon résulte de la carbonification progressive de débris de végétaux, causée par l'augmentation de la température et de la pression due à leur enfouissement. Pour cette raison, l'anthracite est classé parfois comme roche métamorphique.	
Occurrences marocaines	D'importants gisements de charbon fossile, riche en anthracite et datant de l'ère carbonifère, se trouvent dans le bassin houiller de Jerrada (Rif oriental). Depuis son ouverture en 1936 jusqu'à sa fermeture en 2001, la mine de de Jerrada a produit des quantités significatives de charbon, avec une moyenne annuelle de 400.000 tonnes.	

2- Arène granitique	Roche sédimentaire	Détritique
		
Affleurement de granite arénisé		Arène granitique du massif de Zaër
Pétrographie	<i>Couleur</i> grise à rosâtre. <i>Structure</i> : meuble. <i>Texture</i> : grains grossiers disjoints. <i>Composition</i> : quartz, plagioclases, feldspath potassique, micas et oxydes, avec une fraction très fine de matériaux argileux issus de l'hydrolyse des feldspaths.	
Mode de gisement & genèse	Les arènes granitiques forment des dépôts le long des cours d'eau et dans les zones en dépression des massifs granitiques. Elles résultent de la désagrégation des roches granitiques, libérant leurs minéraux résistants à l'altération (quartz, micas, oxydes).	
Occurrences marocaines	Des dépôts d'arènes granitiques, parfois suffisamment épais pour être exploités dans la construction, recouvrent la plupart des massifs granitiques aussi bien du domaine précambrien de l'Anti-Atlas que du domaine hercynien de la Meseta marocaine.	

3- Argile	Roche sédimentaire	Détritique
		
Mottes d'argile rouge de la région de Safi		Bloc d'argile kaolinique
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche, grise, verte ou rouge. <i>Structure</i> : meuble ou en masse friable. <i>Texture</i> : poudre fine. <i>Composition</i> : au moins 50 % de minéraux argileux tels que la kaolinite, l'illite et la smectite, avec divers autres minéraux, considérés comme impuretés, comme le quartz, la calcite, les feldspaths, les micas et les oxydes de fer.	
Mode de gisement & genèse	Les argiles d'origine sédimentaire forment des couches d'épaisseur variable, parfois stratifiées et indurées. Celles d'origine résiduelle se présentent sous forme de couches ou lentilles, situées à des distances variées par rapport à leur roche mère.	
Occurrences marocaines	Les argiles rouges d'âge mésozoïque, riches en illite et en smectite, affleurent dans plusieurs régions, notamment à Rommani et Ben Ahmed (Maroc central). Ces argiles rouges sont utilisées en briqueterie. En revanche, les argiles kaoliniques sont rares et constituent de petits gisements étroitement associés aux granites hercyniens de la Meseta marocaine, comme ceux d'Oulmès et de Guenfouda.	

4- Arkose	Roche sédimentaire	Détritique
		
Echantillon d'arkose rose		Vue rapprochée d'une arkose
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à rosâtre. <i>Structure</i> : massive, avec stratification discrète. <i>Texture</i> : grenue hétérogène. <i>Composition</i> : majoritairement constituée de quartz, avec des feldspaths, micas, et petits fragments de roches, le tout est lié par un ciment argileux.	
Mode de gisement & genèse	L'arkose, roche sédimentaire détritique terrigène, se présente sous forme de couches d'épaisseur variable. Elle se rencontre à proximité des granites et des gneiss, dont elle dérive par altération chimique et désagrégation mécanique.	
Occurrences marocaines	Au Maroc, les arkoses se rencontrent près de plusieurs massifs granitiques précambriens et hercyniens. Des dépôts notables d'arkose, minéralisés en plomb-zinc, se trouvent à proximité des granites roses de Boumia-Zaïda (Haute Moulouya).	
5- Brèche	Roche sédimentaire	Détritique
		
Affleurement d'une brèche monogénique		Echantillon d'une brèche à ciment siliceux
Pétrographie	<i>Couleur</i> : variable. <i>Structure</i> : massive et hétérogène. <i>Composition</i> : fragments anguleux de roches, soit de même nature (brèche monogénique), soit de nature différente (brèche polygénique). Ces fragments sont liés entre eux par un ciment à grain fin, dont la composition peut être calcaire, siliceuse ou ferrugineuse.	
Mode de gisement & genèse	Les brèches sédimentaires se trouvent à la base des séries transgressives et se composent des fragments d'anciennes roches ayant subi un faible déplacement avant d'être cimentés. Les brèches tectoniques et volcaniques se distinguent des brèches sédimentaires par la nature de leurs fragments et la composition de leur ciment.	
Occurrences marocaines	Des brèches sont connues dans plusieurs terrains sédimentaires anciens et récents du Maroc. A titre d'exemple, un affleurement remarquable de brèche sédimentaire s'observe dans la région de Merchouch (Maroc central) à la base des terrains miocènes, reposant en discordance angulaire sur le socle paléozoïque pénéplané.	



6- Calcaire construit	Roche sédimentaire	Biochimique
		
Calcaire construit à polypiers d'âge dévonien		Colonie de corail fossile du Jurassique
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche à gris foncé. <i>Structure</i> : massive et alvéolaire. <i>Composition</i> : éléments répétitifs de forme régulière, correspondant à des squelettes calcaires radiaires ou allongés de coraux, liés entre eux par un ciment carbonaté.	
Mode de gisement & genèse	Les calcaires construits forment des bancs de roches massives, d'épaisseur métrique à plurimétrique et qui montrent des cavités de dissolution dues à la karstification. Ils résultent de la fixation du calcaire au sein des squelettes d'organismes vivant en colonies sur les fonds marins, tels que les coraux, les bryozoaires et les polypiers.	
Occurrences marocaines	Plusieurs occurrences de calcaires construits sont répertoriées au Maroc, notamment dans les formations calcaires du Dévonien (Anti-Atlas, Haut Atlas occidental et Meseta) et du Jurassique (Haut Atlas et Moyen Atlas).	
7- Calcaire fossilifère	Roche sédimentaire	Biochimique
		
Calcaire dévonien à orthocères et goniatites (Anti-Atlas oriental)		Calcaire à coquilles de céphalopodes (turrilite)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à noire. <i>Structure</i> : massive, avec aspect hétérogène. <i>Composition</i> : coquilles calcaires de différentes espèces (échinodermes, gastéropodes, céphalopodes, brachiopodes...) liées par un ciment calcaire à grain très fin.	
Mode de gisement & genèse	Les calcaires fossilifères se présentent en couches parfois très épaisses. Ils se forment par l'accumulation, au fond des océans et des mers, des coquilles d'organismes morts associées à la précipitation chimique du calcaire sédimentaire.	
Occurrences marocaines	Plusieurs séries de roches calcaires fossilifères, d'âge allant du Précambrien au Quaternaire, se trouvent dans diverses régions du Maroc. Parmi les plus remarquables figurent les calcaires siluriens et dévoniens à goniatites et orthocères de l'Anti-Atlas et ainsi que les calcaires jurassiques à ammonites du Moyen Atlas.	

8- Calcaire oolithique	Roche sédimentaire	Chimique
		
		Echantillon de calcaire oolithique
		Calcaire oolithique vu au microscope (LN)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise, jaune ou rouge rouille. <i>Structure</i> : massive. <i>Composition</i> : assemblage serré de grains sphériques ou ovoïdes, de la taille des œufs de poisson (0,5 à 2 mm), appelés oolithes. Ces grains, de composition calcaire ou ferrugineuse, montrent sous microscope une structure concentrique avec un nucléus central.	
Mode de gisement & genèse	Les calcaires oolithiques forment des strates d'épaisseur variable, souvent alternant avec des niveaux sédimentaires de nature calcaire, marneuse ou sableuse. Ces calcaires oolithiques se forment généralement dans les milieux marins agités.	
Occurrences marocaines	Des niveaux de calcaires oolithiques, fréquemment associés à des silts, des sables et des argiles, se trouvent intercalés dans les épaisses couches de calcaires d'âge jurassique et crétacé du domaine atlasique et de la chaîne du Rif.	
9- Calcarénite	Roche sédimentaire	Détritique/Chimique
		
		Micrographie (LP) de calcarénite (Q : quartz ; Pl : plagioclase ; Fk : feldspath potassique ; P : pore ; M : matrice carbonatée ; Coq : coquille)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige à jaune ocre. <i>Structure</i> : massive avec une stratification (So) nette. <i>Texture</i> : grenue et poreuse. <i>Composition</i> : grains fins à moyens (de l'ordre du mm) de quartz, feldspaths et fragments de coquilles. Le tout est lié par un ciment calcaire.	
Mode de gisement & genèse	La calcarénite se présente sous forme de strates d'épaisseur métrique, montrant une stratification normale ou entrecroisée. Elle résulte de la consolidation d'anciennes dunes de sable dont les grains ont été cimentés par une matrice calcaire, microcristalline ou spathique, précipitée lors de la diagenèse.	
Occurrences marocaines	D'importants affleurements de calcarénite s'observent le long de la côte atlantique marocaine. Les cordons dunaires d'âge quaternaire, qui se situent entre El Jadida et Larache, constituent d'importants gisements d'extraction de la calcarénite, utilisée comme pierre de construction (ex. pierres de Salé, de Bouskoura et de Bir Jdid).	

10- Conglomérat	Roche sédimentaire	Détritique
		Conglomérat à fragments de roche de taille et de forme différentes
Pétrographie	<i>Couleur</i> : variée. <i>Structure</i> : massive et hétérogène. <i>Composition</i> : fragments d'anciennes roches de taille, de forme et de compositions variées, liés par un ciment calcaire ou siliceux. Lorsque les fragments sont anguleux, on parle de brèche ; s'ils sont majoritairement arrondis, il s'agit d'un poudingue.	
Mode de gisement & genèse	Les conglomérats forment des niveaux d'épaisseur variables, marquant les phases ultimes d'érosions des chaînes de montagnes (orogénèses). Elles peuvent être syn-orogéniques (au cours de l'orogénèse) ou post-orogéniques (après l'orogénèse).	
Occurrences marocaines	Plusieurs niveaux conglomératiques, de nature et d'épaisseur variables et dont l'âge s'échelonne du précambrien au quaternaire, s'observent dans pratiquement tous les domaines structuraux du Maroc. Des formations conglomératiques paléozoïques spectaculaires se trouvent dans la région d'El Khaloua, près de Tiflet.	
11- Diatomite	Roche sédimentaire	Biochimique
		Micro-coquilles siliceuses de diatomées (observation au microscope électronique à balayage)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche à grisâtre. <i>Structure</i> : massive à stratifiée, caractérisée par sa friabilité et sa grande légèreté (masse volumique entre 200 à 300 kg/m ³). <i>Composition</i> : roche principalement constituée de micro-coquilles siliceuses, de forme tubulaire et perforée, d'algues microscopiques appelées diatomées.	
Mode de gisement & genèse	La diatomite se présente sous forme de couches d'épaisseur variable, parfois stratifiées, meubles ou consolidées. Elle se forme au fond des mers et des lacs calmes, souvent en relation avec une activité volcanique, source de chaleur.	
Occurrences marocaines	De petits gisements de diatomite sont répertoriés dans la province volcanique de Nador (Rif oriental) ainsi que dans les localités de Moulay Bouazza et d'Oulmès (Maroc central). La diatomite est exploitée pour ses applications comme abrasif.	

12- Dolomie	Roche sédimentaire	Chimique
		
	Dolomie grise de du Moyen Atlas central	Micrographie (LP) d'une dolomite
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige, grise à verdâtre. <i>Structure</i> : massive avec cavités de dissolution. <i>Composition</i> : roche essentiellement constituée de carbonates dont au moins 50 % de dolomite $[(Ca, Mg) CO_3]_2$. La dolomite pure est à 90 à 100 % de dolomite.	
Mode de gisement & genèse	La dolomie primaire se forme dans les lagunes des régions tropicales où elle apparaît en couches de faible épaisseur, alternant avec des argiles et du gypse. La dolomite secondaire forme des couches épaisses, souvent karstifiées et se développe par dolomitisation ; processus conduisant au remplacement de la calcite par la dolomite.	
Occurrences marocaines	Différents affleurements de dolomite primaire, associée aux évaporites, sont connus au Maroc. La dolomite secondaire, étroitement liée aux calcaires et aux calcaires dolomitiques, forme d'épaisses séries de carbonates au niveau du socle paléozoïque et de la couverture secondaire des domaines de l'Anti-Atlas, des Atlas et du Rif.	
13- Grès	Roche sédimentaire	Détritique
		
	Flysch carbonifère de la région de Zaër	Plaquettes de grès rouge permien de l'Ourika
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise, brune à rouge. <i>Structure</i> : stratifiée et débitée en plaquettes. <i>Texture</i> : grains fins de 63 μm à 2 mm (classe des arénites). <i>Composition</i> : grains de quartz abondants avec fragments de minéraux et de roches, bien soudés entre eux.	
Mode de gisement & genèse	Les grès se présentent en bancs d'épaisseur très variable. Ils se forment dans divers environnements sédimentaires où les grains détritiques subissent une compaction suivie d'une cimentation. Le ciment peut être siliceux, calcaire ou ferrugineux.	
Occurrences marocaines	De nombreux gisements de grès et de pélites, datant du Carbonifère, sont répertoriés dans la Meseta occidentale. Une imposante série de grès rouges, d'âge permien, affleure dans la vallée de l'Ourika (Haut Atlas). Des alternances de grès et d'argile, composant le flysch numidien d'âge oligo-miocène, existent dans le Rif.	




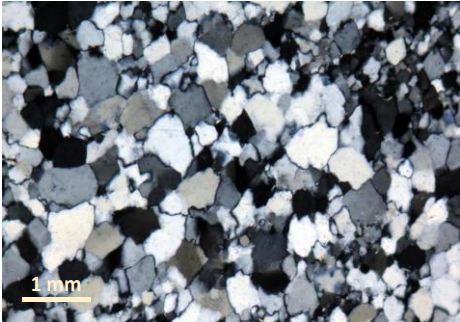
14- Gypse	Roche sédimentaire	Evaporitique
		
Carrière d'extraction du gypse fibreux	Variétés massive et fibreuse de gypse	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche à rosâtre. <i>Structure</i> : massive, fibreuse ou lamellaire, se caractérisant par sa faible dureté (n° 2 sur l'échelle de Mohs). Le gypse désigne à la fois le minéral ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) et la roche essentiellement constituée de ce minéral.	
Mode de gisement & genèse	Le gypse se présente sous forme de masses ou en couches d'épaisseur métrique. Il se forme en milieux marins ou lagunaires par évaporation des eaux saumâtres. Il se trouve souvent associé au sel gemme, à la potasse, à la sylvine et à la dolomite.	
Occurrences marocaines	De nombreux gisements de gypse sont répertoriés au Maroc et sont généralement associés aux terrains argileux et marneux d'âge mésozoïque. Le grand gisement de gypse de Safi renferme des réserves estimées à environ 10 milliards de tonnes.	

15- Jaspe	Roche sédimentaire	Siliceuse
		
Echantillon brut de jaspe rouge	Echantillon poli de jaspe rouge rubané	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : rouge, verte ou noire. <i>Structure</i> : massive, tachetée ou rubanée, caractérisée par une cassure lisse et esquilleuse. <i>Composition</i> : 80 à 95 % de silice sous forme de quartz microcristallin, avec jusqu'à 5 % d'impuretés. Le terme jaspe désigne à la fois le minéral et la roche qui en est principalement composée.	
Mode de gisement & genèse	Le jaspe se présente en lentilles ou en traînées intercalées dans des couches sédimentaires, de nature argileuse ou calcaire. Il résulte de la silicification lors de la diagenèse de vases riches en radiolaires calcédonieux. Les variétés de teintes rouge brique éclatantes sont utilisées en décoration et en bijouterie.	
Occurrences marocaines	De très beaux échantillons de jaspe rouge rubané se trouvent dans plusieurs régions du Maroc, notamment au sein des formations argileuses d'âge permien et triasique.	




16- Lumachelle	Roche sédimentaire	Biochimique
		
	Lumachelle quaternaire de la région de Mehdia	Lumachelle à fragments de Lamellibranches
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige à jaune orangé. <i>Structure</i> : massive et hétérogène. <i>Composition</i> : principalement constituée de coquilles entières ou fragmentées de lamellibranches, liées par une faible proportion de ciment de nature carbonatée, parfois ferrugineuse.	
Mode de gisement & genèse	Les lumachelles se présentent sous forme de lentilles de faible extension, intercalées dans des grès à ciment calcaire (calcarénites). Leur présence indique généralement un paléoenvironnement littoral caractérisé par une forte productivité biologique.	
Occurrences marocaines	Des lentilles spectaculaires de lumachelles, d'épaisseurs métriques, se trouvent associées à la calcarénite plioquaternaire qui forme les cordons dunaires longeant la côte atlantique entre El Jadida et Larache.	
17- Marne	Roche sédimentaire	Chimique
		
	Carrière de marne grise de la région de Fès	Marne grise de la région de Meknès
Pétrographie	<i>Couleur</i> : jaune, beige ou grise. <i>Structure</i> : massive, parfois stratifiée. <i>Composition</i> : calcaire contenant de 35 à 65 % d'argile, avec des impuretés variées et parfois de rares coquilles. Les marnes happent la langue et font effervescence avec l'HCl.	
Mode de gisement & genèse	Les marnes se présentent sous forme de couches uniformes et monotones, pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. Elles sont fréquemment intercalées avec des strates calcaires, créant ainsi des formations marno-calcaires caractéristiques. Ces dépôts indiquent une sédimentation en milieu marin ouvert et peu profond.	
Occurrences marocaines	De nombreuses formations marneuses et marno-calcaires, principalement d'âge mésozoïque (moi-pliocène) sont connues dans la Meseta occidentale et dans le Rif, où elles forment des dépôts de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Les marnes sont exploitées industriellement pour la fabrication du ciment portland. Celles des régions de Fès, Meknès et Salé sont très prisées pour la préparation de la poterie.	

18- Onyx calcaire		Roche sédimentaire	Chimique
			
Carrière d'onyx calcaire brun d'Aguelmous		Onyx calcaire brun rubané	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : très variée. <i>Structure</i> : massive souvent rubanée. <i>Composition</i> : mélange de calcaire et d'aragonite, avec diverses des impuretés responsables de sa large gamme de colorations. A ne pas confondre l'onyx calcaire (la roche) avec l'onyx minéral qui est une variété de calcédoine de composition siliceuse (minéral siliceux).		
Mode de gisement & genèse	L'onyx calcaire, d'origine sédimentaire, parfois hydrothermale, forme des couches d'extensions et d'épaisseurs variables. Il possède la particularité de laisser passer la lumière lorsqu'il est en faible épaisseur. Grâce à sa transparence, sa structure rubanée et sa diversité de couleurs, l'onyx est prisé comme roche ornementale.		
Occurrences marocaines	Quelques petits gisements d'onyx calcaire sont connus au Maroc. Parmi ces gisements, on note plus particulièrement l'onyx brun mielleux des localités d'Afra et d'Aguelmous (région de Ouarzazate), datant du Plio-Quaternaire.		
19- Pélite		Roche sédimentaire	Détritique
			
Grés-pélite du Carbonifère (région de Rommani)		Echantillons de pélite grise	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise, rouge à noire. <i>Structure</i> : stratifiée, feuilletée ou débitée en plaquettes. <i>Composition</i> : roche consolidée à grain fin ($< 63 \mu\text{m}$) composée principalement de minéraux argileux (30 à 70 %), avec quartz, feldspaths et micas.		
Mode de gisement & genèse	Les pélites forment des séries sédimentaires épaisses, seules ou en alternance avec des niveaux gréseux, et montrent des figures de glissement. Elles proviennent de dépôts de vases sédimentaires contrôlés par l'activité tectonique. Leur mode de sédimentation est comparable à celui des actuels deltas sous-marins profonds.		
Occurrences marocaines	Les pélites affleurent dans plusieurs régions du Maroc. Elles forment des couches très épaisses au sein de la série paléozoïque du Maroc central, comme celles visibles sur la route reliant Rabat à Rommani. D'importantes formations de pélites, souvent associées à des flyschs, sont également présentes dans la chaîne du Rif.		

20- Phosphate	Roche sédimentaire	Biochimique
		
Aspect du phosphate brut (Oulad Abdoun, Khouribga)		Dent de requin fossile dans du phosphate
Pétrographie	Couleur : beige. Structure : meuble à faiblement indurée. Composition : matrice marno-argileuse riche en minéraux phosphatés amorphes ou cryptocristallins (ex. collophanite) avec des restes de fossiles marins, notamment de poissons, et de silex.	
Mode de gisement & genèse	Les phosphates se présentent en couches d'épaisseur et d'extension parfois plurikilométriques. Ils dérivent de l'apatite issue des roches magmatiques. Dissous dans l'eau de mer, le phosphore de l'apatite est fixé dans les ossements et les dents d'organismes marins tels que les poissons et les crocodiliens.	
Occurrences marocaines	Le Maroc abrite d'importants gisements de phosphates, constituant la première réserve mondiale. Ces gisements sont principalement localisés dans la Meseta occidentale à Oulad Abdoun, Gantour et Meskala, et dans le Sahara, à Bou Craa.	
21- Poudingue	Roche sédimentaire	Détritique
		
Affleurement de poudingue (Anti-Atlas)		Poudingue polygénique à ciment ferrugineux
Pétrographie	Couleur : très variée. Structure : cohérente et hétérogène. Composition : galets arrondis à ovoïdes, liés par un ciment de nature diverse (siliceux, calcaire ou ferrugineux). Les poudingues peuvent être monogéniques, avec des galets de même nature, ou polygéniques lorsque les galets sont de nature différente.	
Mode de gisement & genèse	Les poudingues qui sont une variété de conglomérats à fragments arrondis, forment des couches d'épaisseur variable. Leur présence indique la fin des phases d'érosion des orogénèses et / ou le début des transgressions marines. Ils peuvent également correspondre à des niveaux de comblement des terrasses alluvionnaires.	
Occurrences marocaines	Au Maroc, plusieurs niveaux de poudingues, de compositions et de dimensions variables, se trouvent à la base et/ou au sommet des terrains anciens (précambriens et paléozoïques) ainsi que dans des formations plus récentes (méso et cénozoïques).	

22- Psammite	Roche sédimentaire	Détritique
		
Echantillon de psammite grise		Plaquette de psammite rouge violacé
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à rouge violacé. <i>Structure</i> : cohérente et litée. <i>Composition</i> : principalement constituée de grains de quartz et de fragments de minéraux, avec une proportion notable de muscovite, qui confère à la roche une surface luisante.	
Mode de gisement & genèse	Les psammites se présentent sous forme de couches minces, souvent intercalées dans des formations marneuses et gréseuses. Elles marquent des niveaux de sédimentation détritique spécifiques, caractérisés par un apport riche en quartz et en muscovite.	
Occurrences marocaines	Des niveaux de psammites, d'épaisseur modeste, se trouvent étroitement associés aux séries sédimentaires détritiques de nature gréo-pélique (flyschs), aussi bien dans le domaine mésétien que dans le domaine rifain.	
23- Quartzite	Roche sédimentaire	Siliceuse
		
Echantillon de quartzite beige du Maroc central		Micrographie (LP) d'un orthoquartzite
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige, jaune à grise. <i>Structure</i> : massive, avec un rubanement fin et une cassure esquilleuse. <i>Composition</i> : principalement constituée de cristaux de quartz intimement soudés, souvent dentelés et engrenés, avec de rares minéraux argileux.	
Mode de gisement & genèse	Les quartzites se présentent sous forme de couches minces de quelques centimètres, intercalées avec des niveaux de pélites ou de schistes. Parfois, ils forment des strates d'épaisseurs plurimétriques. Parmi les quartzites, on distingue les orthoquartzites issus de la cimentation par diagenèse des grès et les métaquartzites, provenant de la recrystallisation d'anciennes roches siliceuses (ex. les grès et les radiolarites).	
Occurrences marocaines	D'importantes barres de quartzite, d'âge ordovicien, affleurent en relief à divers endroits de la Meseta occidentale (Oued Cherrat, Skhirate, Tiflet, Rommani, Skhour des Rehamna...). On note également les formations de grès et de quartzite qui forment les reliefs imposants des Jbels Bani et Ouarkiz (Anti-Atlas occidental).	

24- Sable	Roche sédimentaire	Détritique
		
	Sable de plage riche en fragments de coquilles	Sable siliceux composé de grains de quartz
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche, beige, rouge à noire. <i>Structure</i> : meuble. <i>Composition</i> : grains fins à grossiers (entre 63 µm à 2 mm) de minéraux très divers, tels que le quartz, les feldspaths, les micas, ainsi que des fragments de roches et de coquilles. Certains sables contiennent des minéraux utiles, comme l'or, le diamant et le zircon.	
Mode de gisement & genèse	Les sables couvrent de vastes étendues à l'intérieur des continents (déserts sahariens), le long des littoraux (plages) et des cours d'eau. Ils peuvent aussi apparaître en couches intercalées avec d'autres roches sédimentaires. La nature et la morphoscopie des grains de sable varient en fonction de la source des sédiments, du mode de transport (fluvial, marin ou éolien) ainsi que de la distance parcourue.	
Occurrences marocaines	De grandes étendues de sables beiges, riches en fragments de coquilles, se trouvent le long du littoral atlantique et méditerranéen. Les sables de la côte de Guelmim font exception par leur couleur blanche (plage blanche). D'immenses dunes de sable rouge recouvrent une grande partie du Sahara marocain. Enfin, quelques gisements de sable siliceux (contenant plus de 80 % de SiO ₂) de teinte blanche sont répertoriés à Dar Chaoui (près de Larache) et à Mechraa Hammadi (entre Taourirte et Nador).	
Variétés de sables		
		
Sable de plage (Mehdia)	Sable fauve (Méknès)	Sable noir (oued Oum Errabia)
		
Sable rouge (Merzouga)	Sable siliceux (Dar Chaoui)	Sable siliceux (Mechraa Hammadi)


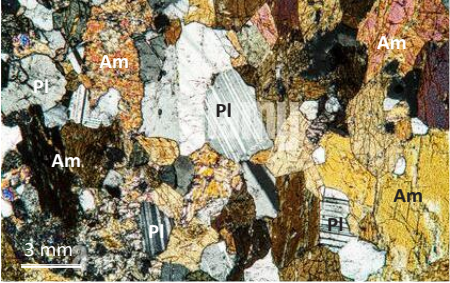
25- Sel gemme (halite)		Roche sédimentaire	Evaporitique
			
Echantillon de sel gemme gris rubané		Bloc de sel gemme rougeâtre	
Pétrographie	<p><i>Couleur</i> : incolore, blanche, grise ou rougeâtre. <i>Structure</i> : massive, parfois rubanée. <i>Composition</i> : sel gemme en cristaux ou en masse compacte, riche en impuretés responsables de ses variations de couleur. Le terme « sel gemme » désigne à la fois le minéral de composition NaCl et la roche majoritairement composée de ce minéral.</p>		
Mode de gisement & genèse	<p>Le sel gemme se présente en couches d'épaisseur et d'extension variables ou sous forme de dômes (diapirs) dans des terrains d'âge triasique. Sa formation résulte de l'évaporation, en climat sec et chaud, des eaux de mer ou de lacs riches en saumures.</p>		
Occurrences marocaines	<p>De nombreuses concentrations de sel gemme, souvent associées à d'autres évaporites (ex. potasse, sylbite et gypse) se trouvent intercalées dans les argiles rouges triasiques du Maroc central, du Haut Atlas et du Rif. Les gisements de sel gemme les plus importants du Maroc sont ceux des régions de Mohammedia et de Khémisset.</p>		
26- Silex		Roche sédimentaire	Chimique
			
Nodule de de silex gris à cortex blanc		Rognon de silex (ménalite ou pierre des fées)	
Pétrographie	<p><i>Couleur</i> : blanche, brune ou noire. <i>Structure</i> : massive. <i>Composition</i> : silice (SiO₂) avec diverses impuretés. Le silex se caractérise par sa grande dureté et sa cassure conchoïdale, produisant des fragments aux bords tranchants, raison pour laquelle l'homme préhistorique l'utilisait pour fabriquer ses outils de coupe et de chasse.</p>		
Mode de gisement & genèse	<p>Le silex se rencontre sous forme de rognons ou de masses arrondies à allongées dans des couches de calcaire et de phosphate (accidents siliceux). Il se forme par réaction chimique complexe à partir de l'eau de mer saturée en silice. Il peut également provenir de l'accumulation de squelettes siliceux de diatomées et radiolaires.</p>		
Occurrences marocaines	<p>Des concentrations de silex, sous forme de nodules et de masses, se rencontrent dans les couches de calcaires paléozoïques et mésozoïques. Des rognons de silex aux formes spectaculaires « pierres des fées » se trouvent dans les phosphates marocains.</p>		


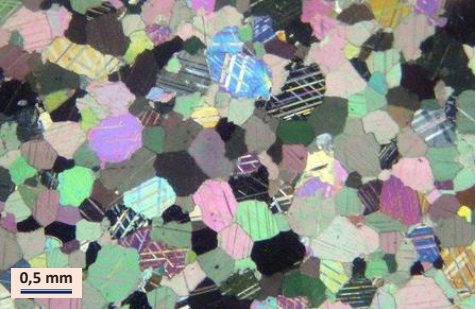
27- Siltite	Roche sédimentaire	Détritique
		
Silt et limon du fond de l'Oued Rhis (Rif)		Siltite grise litée et fracturée
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige, grise ou noire. <i>Structure</i> : roche indurée se délitant en plaquettes avec des plans de litage souvent bien visibles. <i>Composition</i> : grains fins (entre 4 et 63 μm : classe des lutites) de quartz, de feldspaths et de minéraux argileux.	
Mode de gisement & genèse	Les siltites se présentent sous forme de couches d'épaisseur variable, souvent intercalées avec des niveaux sédimentaires terrigènes argilo-calcaires et conglomératiques. Elles résultent de la consolidation des silts (ou limons) transportés et déposés en surface des lits des oueds et dans les plaines inondables.	
Occurrences marocaines	Des siltites de couleur beige et grise apparaissent en couches d'épaisseur centimétrique à métrique dans plusieurs séries sédimentaires continentales à travers pratiquement tous les domaines structuraux du Maroc.	
28- Travertin	Roche sédimentaire	Carbonatée
		
Travertin de la région d'Amtoudi (Anti-Atlas)		Travertin de la région d'Aïn Leuh (Moyen Atlas)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : beige, ocre ou grise. <i>Structure</i> : masse concrétionnée, poreuse et caverneuse. <i>Composition</i> : encroûtement d'aragonite et de calcite en remplacement des débris de végétaux, dont les empreintes sont souvent bien conservées.	
Mode de gisement & genèse	Les travertins forment des dépôts calcaires massifs, pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ils se développent en greffon sur d'autres roches, aux points d'émergence de certaines sources d'eau riches en carbonate de calcium.	
Occurrences marocaines	D'importantes formations de travertins se trouvent dans plusieurs régions du Maroc, telles que Amtoudi et Taznakht (Anti-Atlas), Argana (Haut Atlas), Demnate, Azrou et Aïn Leuh (Moyen Atlas), ainsi que Tiflet et Mrirt (Maroc central). Les travertins bien consolidés sont exploités comme roches ornementales.	


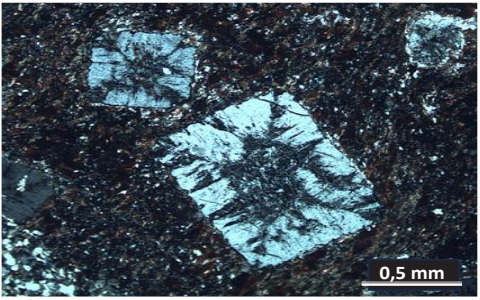
III-4 Les roches métamorphiques


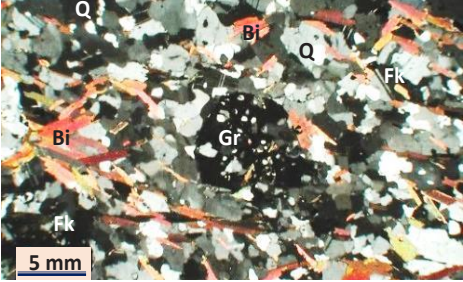
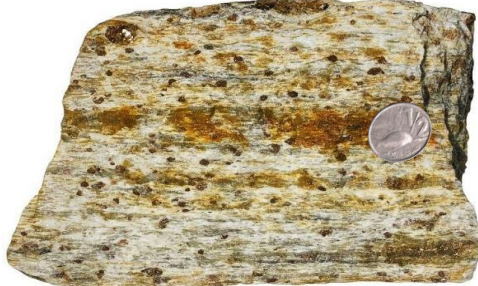
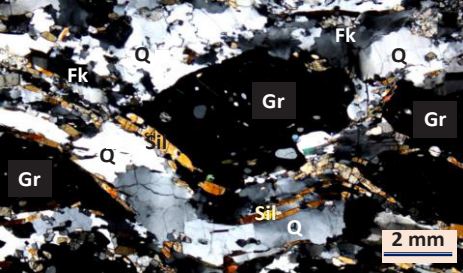
Les roches métamorphiques sont bien représentées sur le sol marocain. Celles du métamorphisme régional (ou général) sont nettement plus abondantes que celles du métamorphisme de contact. Ci-dessous, nous présentons les caractéristiques pétrographiques, le mode de gisement, les conditions de genèse ainsi que les occurrences marocaines d’une vingtaine de ces roches :

1- Amphibolite	6- Greisen	11- Micaschiste	16- Schiste tacheté
2- Cipolin	7- Grenatite	12- Migmatite	17- Serpentinite
3- Cornéenne	8- Idocrasite	13- Pyroxénite	18- Skarn
4- Gneiss	9- Leptynites	14- Quartzite	19- Talcschiste
5- Granulite	10- Marbre	15- Schiste	20- Wollastonitite

1- Amphibolite	Roche métamorphique	Régional
		
	Echantillon d'Amphibolite gris-sombre	Micrographie (LP) d'amphibolite (Am : amphibole ; Pl : plagioclase)
Pétrographie	Couleur : gris sombre à gris-vert. Structure : massive, parfois légèrement schistosee. Texture : granoblastique. Composition : principalement constituée d'amphibole (hornblende) et de plagioclases (albite-oligoclase) accompagnés de divers minéraux accessoires tels que le pyroxène, l'épidote, le sphène et les oxydes de fer.	
Mode de gisement & genèse	L'amphibolite est une roche du métamorphisme régional de degré moyen à élevé (mésozone à catazone). Elle peut dériver des pélites calcareuses, des marnes détritiques, de roches volcano-sédimentaires (para-amphiboles) ou encore de roches volcaniques (ortho-amphibolites) comme les basaltes, les gabbros et les diorites.	
Occurrences marocaines	Des para- et ortho-amphibolites se rencontrent liées aux micaschistes, aux gneiss et aux migmatites dans les terrains précambriens de l'Anti-Atlas (boutonnieres de Zenaga et de Siroua). On les trouve également dans la série paléozoïque du Haut Atlas occidental (région d'Azegour) et de la Haute-Moulouya (massifs de Si Saïd, d'Aouli et de Mibladen). De plus, des amphibolites magnésiennes se trouvent associées aux ultrabasites métamorphiques du massif de Béni Bousera (Rif).	

2- Cipolin	Roche métamorphique	Régional
 		
Cipolin de la région de Tighza (Maroc central)		Micrographie (LP) de cipolin
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanc grisâtre, verdâtre à rosâtre. <i>Structure</i> : massive avec veinage ondulé et parfois un débit en fines pelures. <i>Texture</i> : granoblastique. <i>Composition</i> : microcristaux enchevêtrés de calcite, d'aspect saccharoïde, avec des niveaux riches en divers minéraux comme la serpentine, la chlorite, les micas et l'épidote.	
Mode de gisement & genèse	Le cipolin, considéré comme une variété de marbre, se présente sous forme de couches d'épaisseur variable. Il résulte de la recristallisation du calcaire sédimentaire sous l'effet du métamorphisme régional. Les veinules colorées présentes dans les cipolins proviennent des couches de roche calcaire enrichies en argiles.	
Occurrences marocaines	Des bancs de cipolins blancs sont bien connus dans le Rif (massif de Béni Bousera). On trouve également des cipolins clairs et rubanés, associés à des schistes et des cornéennes dans la région de N'kob (Anti-Atlas), d'Azegour (Haut Atlas), de Tighza (Maroc central), ainsi qu'à différents endroits dans le Maroc oriental.	

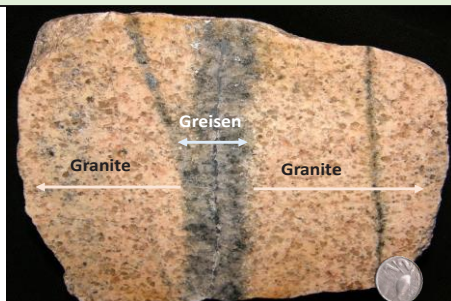
3- Cornéenne	Roche métamorphique	Contact
 		
Cornéenne massive de couleur noire		Micrographie (LP) de cornéenne à andalousite
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à noire. <i>Structure</i> : massive, très tenace, avec un aspect corné et une cassure esquilleuse. <i>Texture</i> : granoblastique à diablastique. <i>Composition</i> : microcristaux engrenés de quartz, de feldspaths, de micas, avec parfois la présence des grands cristaux (porphyroblastes) de cordiérite, d'andalousite ou de grenat.	
Mode de gisement & genèse	La cornéenne se forme dans la zone interne, la plus chaude, de l'auréole du métamorphisme de contact entourant les massifs granitiques. A cet endroit, les schistes, issus des pélites, perdent leur schistosité et se transforment en cornéennes.	
Occurrences marocaines	Au Maroc, les cornéennes sont fréquentes, notamment dans l'Anti-Atlas, le Haut Atlas et la Meseta. Elles sont systématiquement observées au contact de la majorité des massifs granitiques intrusifs, qu'ils soient d'âge précambrien ou hercynien.	

4- Gneiss	Roche métamorphique	Régional
 		
Echantillon de gneiss gris lité		
Pétrographie	<p><i>Couleur</i> : grise à rosâtre. <i>Structure</i> : massive, parfois rubanée et plissée. <i>Texture</i> : lépido- à granoblastique. <i>Composition</i> : alternance de lits clairs, à quartz et à feldspaths, et de lits sombres, riches en amphiboles, biotite, grenat, sillimanite, etc. Les gneiss œillés se distinguent par la présence de porphyroblastes de feldspath.</p>	
Mode de gisement & genèse	<p>Les gneiss sont des roches du métamorphisme général de degré moyen à élevé (mésos à catazonal). Les paragneiss dérivent des roches sédimentaires comme les pélites et les arkoses, tandis que les orthogneiss sont issus des roches magmatiques telles que les granites et les diorites.</p>	
Occurrences marocaines	<p>Des faciès intéressants de gneiss à grenat et de gneiss œillés se trouvent dans la série métamorphique du massif de Beni Bousera (Rif). Des gneiss à muscovites existent dans les Rehamna, tandis que des orthogneiss œillés et lités sont répertoriés dans les formations précambriennes la boutonnière de Bou Azzar-El Graara (Anti-Atlas).</p>	
5- Granulite	Roche métamorphique	Régional
 		
Echantillon de granulite claire (felsique)		
Pétrographie	<p><i>Couleur</i> : gris clair à sombre. <i>Structure</i> : finement grenue avec foliation. <i>Texture</i> : granoblastique et orientée. <i>Composition</i> : les granulites claires sont à quartz et feldspaths dominants, tandis que les sombres sont riches en grenat et pyroxène, avec la sillimanite, le disthène, la cordiérite, le spinelle et le rutile.</p>	
Mode de gisement & genèse	<p>Les granulites, roches métamorphiques catazonales (HT et HP), se rencontrent principalement dans les socles anciens, précambriens et paléozoïques, souvent en association avec des roches comme les leptynites, les kinzigites et les charnockites.</p>	
Occurrences marocaines	<p>De petits affleurements de granulites se trouvent associés aux roches ultrabasiques du massif paléozoïque de Beni Bousera (Rif). Par ailleurs, des enclaves centimétriques de granulites et de péridotites sont signalées dans les basaltes plioquaternaires de la province volcanique d'Azrou-Ifrane (Moyen Atlas central).</p>	

6- Greisen

Roche métamorphique

Hydrothermale



Greisen développé de part et d'autre des fissures d'un granite rose



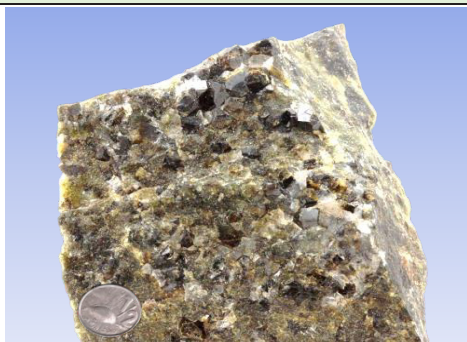
Greisen gris argenté de la coupole du massif granitique de Bramram (Jébilet)

Pétrographie	<i>Couleur</i> : gris argenté à verdâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue fine à grossière. <i>Composition</i> : constituée principalement de micas blancs (muscovite et lépidolite) et de quartz avec la présence accessoire de tourmaline, béryl et fluorine.
Mode de gisement & genèse	Le greisen se développe en bordure et au sommet des massifs granitiques sous l'effet des fluides hydrothermaux riches en fluore, bore. Des gisements d'étain, de tungstène, de niobium et de tantale se trouvent souvent associés aux greisens.
Occurrences marocaines	Les greisens sont connus dans plusieurs plutons granitiques hercyniens du Maroc central (Zaër, Oulmès, Ment...) et des Jébilet (Bramram). La mine de cassitérite d'El Karit (Oulmès) se trouve liée à des greisens de type fissural. Des greisens sont également signalés dans plusieurs granites précambriens de l'Anti-Atlas.

7- Grenatite

Roche métamorphique

Métasomatique



Grenatite à andradite (garnet Fe-Ca)


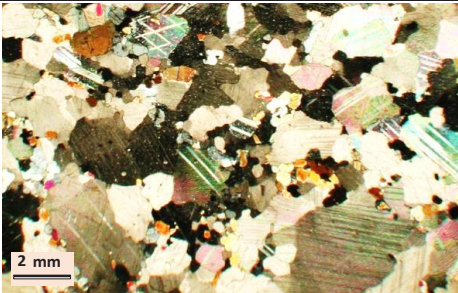


Grenatite à pyrope (garnet Al-Mg)

Pétrographie	<i>Couleur</i> : rouge, verte ou noire. <i>Structure</i> : massive, parfois zonée. <i>Texture</i> : grenue. <i>Composition</i> : cristaux de grenat dominants (75%) avec d'autres minéraux comme la wollastonite, le pyroxène, l'amphibole et l'idocrase. Les grenats peuvent être de différentes couleurs selon leur composition (voir partie II sur les minéraux).
Mode de gisement & genèse	La grenatite, roche métamorphique de haute température et pression, se trouve souvent associée à l'éclogite. Elle peut aussi être d'origine métasomatique, comme dans les skarns où elle montre une zonation avec les pyroxénites et la wollastonites.
Occurrences marocaines	Des enclaves de grenatite sont signalées dans les serpentines de Bou Azzer (Anti-Atlas). De grenatites à cristaux centimétriques d'andradite se trouvent dans les skarns minéralisés en W et Mo de la région d'Azegour (Haut Atlas occidental).

8- Idocrasite		Roche métamorphique	Métasomatique
			
Echantillon d'idocrasite		Vue rapprochée d'une idocrasite	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : verte, brune ou noire. <i>Structure</i> : massive, parfois zonée. <i>Texture</i> : grenue grossière. <i>Composition</i> : essentiellement constituée de cristaux prismatiques d'idocrase (vésuvianites), souvent associés à des silicates calciques tels les grenats (andradite-grossulaire), les pyroxènes (diopside-hedenbergite) et la wollastonite.		
Mode de gisement & genèse	L'idocrasite apparait en masses lenticulaires ou en bandes étroitement associées aux grenatites, pyroxénites, wollastonitites dans les skarns. De petites masses d'idocrasites se trouvent rarement dans les roches magmatiques ultrabasiques.		
Occurrences marocaines	Des bandes d'idocrasite ferrifère sont observées dans les skarns zonés de la région d'Azegour (Haut Atlas occidental), en association avec des grenatites, des pyroxénites et des wollastonitites. Des idocrasites à grands cristaux prismatiques d'idocrase sont également signalées dans les skarns de Sidi Bou Othmane (Jébilet).		

9- Leptynite		Roche métamorphique	Régional
			
Echantillon de leptynite à grenats		Vue rapprochée d'une leptynite felsique à grenats rouge	
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise, beige à rosâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue à microgrenue, parfois foliée. <i>Composition</i> : quartz et feldspaths alcalins dominants, grenat souvent bien présenté et minéraux accessoires comme les micas et les amphiboles.		
Mode de gisement & genèse	La leptynite est une roche de type gneissique, dérivant du métamorphisme catazonal des grès arkosiques (paraleptynite) ou des granites (ortholeptynite). Elle est voisine des granulites et se trouve associée aux gneiss, aux migmatites et aux péridotites.		
Occurrences marocaines	Des affleurements de leptynite sont observés dans la zone interne du domaine rifain. Ces leptynites se manifestent sous forme de filonets et de petites lentilles, recoupant les gneiss à biotite qui enveloppent le massif de péridotite de Beni Bousera.		

10- Marbre	Roche métamorphique	Régional
		
Echantillon brut de marbre blanc		Micrographie (LP) de marbre blanc
Pétrographie	<i>Couleur</i> : très variée. <i>Structure</i> : massive et saccharoïde, parfois veinée. <i>Texture</i> : granoblastique. <i>Composition</i> : principalement constitué de cristaux millimétriques et engrenés de calcite. Les marbres colorés contiennent, en plus de la calcite et de la dolomite, d'autres minéraux tels que la serpentine, l'épidote et la chlorite.	
Mode de gisement & genèse	Les marbres forment de très grands massifs d'extension kilométrique, mais peuvent également apparaître en couches d'épaisseur plus réduite, intercalées avec d'autres roches du métamorphisme régional comme les schistes et les gneiss.	
Occurrences marocaines	Plusieurs gisements de marbre, exploités comme roches ornementales, se trouvent dans tous les domaines structuraux du Maroc. Ces marbres marocains présentent des teintes très variées, allant du blanc au noir, en passant par le rose et le rouge, avec une structure uniforme ou veinée. Certains de ces marbres sont riches en fossiles.	

Variétés de marbres

Les marbres offrent une grande diversité de couleurs et de textures. Ils se prêtent facilement à la taille et conservent bien leur poli, ce qui en fait une pierre d'ornement par excellence.



Carrière de marbre blanc rosé de Lakhssas




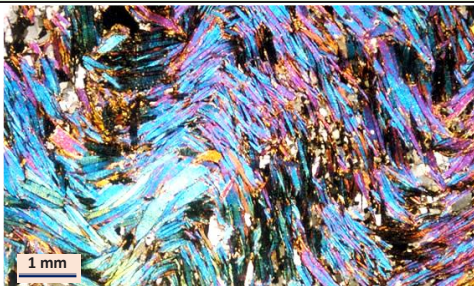
Bloc brut de marbre gris veiné de l'Oued Ykem






Bloc brut de marbre gris Lido de Tiflet




Plaque de marbre noir veiné de Khénifra




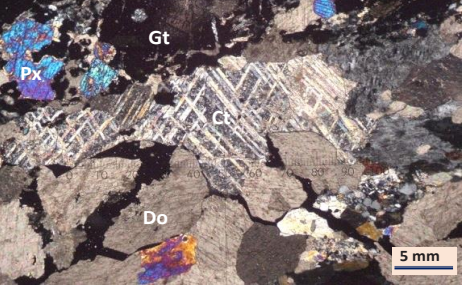
11- Micaschiste	Roche métamorphique	Régional
		
	Micaschiste à surface argenté luisante	Micrographie (LP) d'un micaschiste plissé
Pétrographie	<p><i>Couleur</i> : gris clair à foncé. <i>Structure</i> : schistosee et foliée, parfois plissée. <i>Texture</i> : lépidoblastique. <i>Composition</i> : fond à quartz et feldspath recouvert d'une trame dense de micas (biotite et muscovite), donnant à la roche une surface luisante. On y trouve parfois des porphyroblastes d'andalousite, de grenat et de staurolite.</p>	
Mode de gisement & genèse	<p>Les micaschistes sont des roches du métamorphisme régional épizonal à mésozonal, issues d'une séquence pélitique. Ils forment des massifs d'extension kilométrique, souvent associés et en continuité avec des schistes, gneiss et migmatites.</p>	
Occurrences marocaines	<p>Les micaschistes, avec les schistes, les migmatites et les gneiss, constituent une grande partie des terrains précambriens et paléozoïques de l'Anti-Atlas, ainsi que le socle paléozoïque de la Meseta marocaine. De vastes étendues de micaschistes sont aussi connues dans le Rif interne, autour du massif de péridotite de Beni Bousera.</p>	


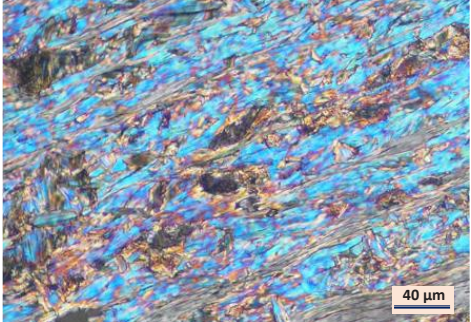

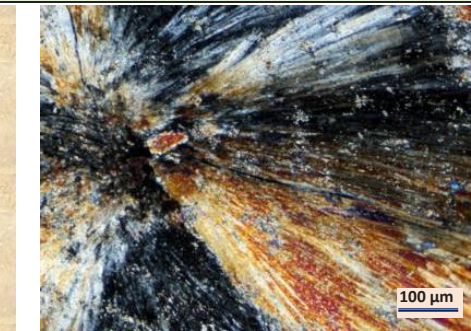
12- Migmatite	Roche métamorphique	Régional
		
	Echantillon de migmatite (vallée de l'Ourika)	Echantillon d'une migmatite plissée
Pétrographie	<p><i>Couleur</i> : grise. <i>Structure</i> : massive et hétérogène, parfois rubanée et plissée. <i>Texture</i> : grano- à lépidoblastique. <i>Composition</i> : alternance de lits clairs (mobilisat), constitués de quartz et de feldspaths, et de lits sombres (restat ou restites), composés de biotite, de muscovite, d'andalousite, de cordiérite, de sillimanite, etc.</p>	
Mode de gisement & genèse	<p>Les migmatites, également appelées gneiss granitisés ou anatexites, sont des roches de la limite supérieure du métamorphisme général de très haute température. Elles marquent le début de la fusion partielle (anatexie) et ainsi le passage du protolithe vers le granite d'anatexie, une roche magmatique nouvellement formée.</p>	
Occurrences marocaines	<p>Les migmatites sont présentes aussi bien dans l'Anti-Atlas que dans le Haut Atlas et dans la Meseta marocaine. Elles s'y trouvent étroitement associées aux micaschistes, gneiss, leptynites, granites d'anatexie, à la base des séries métamorphiques composant les terrains précambriens et paléozoïques.</p>	

13- Pyroxénite	Roche métamorphique	Régional
		
	Echantillon de pyroxénite vert foncé	Micrographie (LP) de pyroxénite
Pétrographie	<i>Couleur</i> : vert foncé à noire. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : grenue fine à grossière. <i>Composition</i> : 60 à 80 % de cristaux de la famille des pyroxènes (augite, diopside, hyperstène, etc.), avec accessoirement olivines, grenats, oxydes de fer et de titane.	
Mode de gisement & genèse	La pyroxénite est une roche relativement rare, qui se présente sous forme de petites masses ou d'enclaves dans les roches basiques d'origine magmatique. Elle résulte du métamorphisme régional de roches ultrabasiques telles que les péridotites.	
Occurrences marocaines	Des amas de pyroxénite à grenat sont connus dans le Rif interne. D'autres affleurements et enclaves de pyroxénite sont décrits dans la boutonnière de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas central), dans la région d'Azegour (Haut Atlas occidental), ainsi que dans le massif de carbonatite de Tamazight (Moyen Atlas).	

14- Quartzite	Roche métamorphique	Régional
		
	Echantillon de quartzite métamorphique rosâtre	Micrographie (LP) de quartzite métamorphique
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche, grise à rosâtre. <i>Structure</i> : massive et compacte. <i>Texture</i> : granoblastique. <i>Composition</i> : plus de 90 % de cristaux de quartz intimement soudés. Le quartzite métamorphique (métaquartzite) se distingue du quartzite sédimentaire (orthoquartzite) par ses grains de quartz dentelés et bien engrenés.	
Mode de gisement & genèse	Les quartzites se présentent sous forme de barres de grande extension, souvent intercalées avec les schistes, les micaschistes et les gneiss. Elles résultent de la recrystallisation des roches siliceuses comme le quartz, les grès et les radiolarites.	
Occurrences marocaines	D'imposants reliefs de quartzite, s'étendant sur plusieurs dizaines de kilomètres, constituent l'ossature de la chaîne de l'Anti-Atlas central et occidental (Jbels Bani et Ouarkiz). De même, d'imposantes formations quartzitiques forment l'essentiel des reliefs des terrains paléozoïques du Maroc central, des Rehamna et des Jébil.	

15- Schiste	Roche métamorphique	Régional
		
Echantillon de schiste gris du Maroc central		Micrographie (LP) de schiste à foliation marquée (F : feldspaths, Q : quartz, M : micas)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à noire. <i>Structure</i> : schisteuse. <i>Texture</i> : lépido- à granoblastique orientée. <i>Composition</i> : essentiellement constituée de quartz, de feldspaths et de micas. Selon la nature des micas (chlorite, séricite ou talc), on distingue différentes variétés de schistes : des chloritoschistes, des séricitoschistes ou des talcschistes.	
Mode de gisement & genèse	Les schistes forment des séries épaisses et parfois d'extension plurikilométrique, composant des chaînes de montagnes entières. Ils résultent du métamorphisme général de faible degré (épizonal) des sédiments argileux (séquence pélitique).	
Occurrences marocaines	Des couches épaisses de schistes (chloritoschistes, micaschistes, talcschistes, etc.) composent en grande partie les terrains précambriens de l'Anti-Atlas, ainsi que ceux du socle paléozoïque du Haut Atlas, de la Meseta et du Rif.	
16- Schiste tacheté	Roche métamorphique	Contact
		
Schiste tacheté à cordiérite (région de Zaër)		Schiste tacheté à andalousite (région d'Oulmès)
Pétrographie	<i>Couleur</i> : grise à noire. <i>Structure</i> : schisteuse et tachetée. <i>Texture</i> : lépidoblastique et porphyroblastique. <i>Composition</i> : le fond de la roche est essentiellement composé de cristaux fins de quartz, de feldspath et de micas, avec des grands minéraux de recristallisation (porphyroblastes) d'andalousite, de cordiérite, de staurotide, etc.	
Mode de gisement & genèse	Les schistes tachetés, notamment à cordiérite et andalousite, se développent dans la partie externe de l'auréole du métamorphisme de contact, induit par les intrusions magmatiques (ex. les granites). A l'approche de l'intrusion, la schistosité de la roche s'efface progressivement et les schistes tachetés se transforment en cornéennes.	
Occurrences marocaines	Des schistes tachetés, spécialement à andalousite, cordiérite et staurotide, se trouvent autour de la majorité des granites précambriens de l'Anti-Atlas et hercyniens de la Meseta marocaine. A titre d'exemple, les schistes de Sidi Bou Othmane (Jébile) renferment de grandes andalousites (5 à 7 cm de long) en concentration exploitable.	

17- Serpentinite	Roche métamorphique	Hydrothermal
		
Pétrographie	Serpentinite verte du massif de Beni Bousera Serpentinite en « peau de serpent » de Bou Azzer	
Mode de gisement & genèse	<i>Couleur</i> : verte. <i>Structure</i> : massive et hétérogène, rappelant la peau de serpent. <i>Texture</i> : fibreuse. <i>Composition</i> : essentiellement constituée de serpentine (antigorite et chrysotile), avec des minéraux accessoires comme la chlorite, le talc et les oxydes de fer, ainsi que des résidus des minéraux originels (olivines et pyroxènes).	
Occurrences marocaines	La serpentinite forme des amas de tailles variables, souvent liés aux roches magmatiques basiques et ultrabasiques, telles que la péridotite et la pyroxénite, à partir desquelles elle dérive par altération hydrothermale (serpentinisation). Au Maroc, la serpentinite est connue dans la boutonnière de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas), sous forme de masses associées aux roches ultrabasiques, ainsi que dans le Rif, liée aux péridotites de Beni Bousera. Une serpentinite en plaquettes striées « semelles » est observée à la base des nappes de charriages dans le Rif.	
18- Skarn (tactite)	Roche métamorphique	Métasomatique
		
Pétrographie	Skarn à grenat, minéralisé en molybdénite (région d'Azegour) Micrographie (LP) d'un skarn à grenat (Ct : calcite, Gt : grenat, Px : pyroxène, Do : dolomie)	
Mode de gisement & genèse	<i>Couleur</i> : grise, verte à noire. <i>Structure</i> : massive et hétérogène, parfois zonée. <i>Texture</i> : grenue grossière. <i>Composition</i> : calcite et dolomie étroitement associées à des silicates calciques tels que le grenat, le pyroxène, l'idocrase et la wollastonite.	
Occurrences marocaines	Les skarns se présentent en bandes étroites avec une zonation mono- ou bi-minérale. Ils sont issus d'un métamorphisme de contact de type métasomatique, où le calcaire magnésien réagit avec le fluide granitique riche en Si, Fe et Al pour former des silicates calciques comme les grenats, les pyroxènes, la wollastonite et l'idocrase. Les skarns d'Azegour, situés dans le Haut Atlas occidental, sont mondialement célèbres par leur minéralisation en molybdénite, scheelite et chalcopryrite. D'autres petits gisements de skarns sont répertoriés dans la région de Sidi Bou Othmane (Jébilet) ainsi que dans la région de Jbel Aouam (Maroc central).	

19- Talcschiste	Roche métamorphique	Régional
		
	Echantillon de talcschiste vert	Micrographie (LP) d'un talcschiste
Pétrographie	<i>Couleur</i> : verte à grise avec un aspect brillant. <i>Structure</i> : schisteuse nette avec un toucher onctueux. <i>Texture</i> : lédoblastique. <i>Composition</i> : principalement constituée de phyllosilicates magnésiens de la famille des micas (talc, chlorite, séricite, serpentine), avec des minéraux accessoires (calcite, dolomite, magnésite).	
Mode de gisement & genèse	Le talcschiste apparaît en masses ou en lentilles de dimensions très variables. Il résulte du métamorphisme régional des roches ultrabasiques magnésiennes telles que les péridotites, serpentinites et pyroxénites, auxquelles il est souvent associé.	
Occurrences marocaines	De petits affleurements de talcschistes sont connus, notamment dans les régions de Khzama et de N'Kob, au sein des boutonnières de Siroua et de Bou Azzer-El-Graara (Anti-Atlas central) où ils sont étroitement liés aux roches ultrabasiques.	
20- Wollastonitite	Roche métamorphique	Métasomatique
		
	Echantillon de wollastonitite gris-argenté	Micrographie (LP) d'une wollastonitite
Pétrographie	<i>Couleur</i> : blanche, grise, jaune ou verdâtre. <i>Structure</i> : massive. <i>Texture</i> : fibreuse. <i>Composition</i> : essentiellement constituée de cristaux fibroradiés de wollastonite, de longueur millimétrique à centimétrique, un silicate calcique de la famille des pyroxénoïdes de formule CaSiO_3 avec des traces d'Al, Fe, Mn, Mg, Na, K, et H_2O .	
Mode de gisement & genèse	La wollastonitite se présente sous forme d'amas de dimensions variables. Elle résulte de la transformation métasomatique d'anciens calcaires, sous l'action de fluides hydrothermaux riches en silice et se trouve souvent associée aux skarns.	
Occurrences marocaines	Une wollastonitite blanche se trouve dans la région d'Azegour (Haut Atlas occidental) où elle forme des bandes d'épaisseur centimétrique en zonation nette avec la grenatite et la pyroxénite, constituant les célèbres skarns d'Azegour.	

III-5 Les roches ornementales

III-5.1 Présentation

Dans la première partie de ce livre, les roches ornementales du Maroc ont été présentées comme la quatrième ressource minérale importante du pays, aux côtés des phosphates, des minerais, ainsi que des roches et minéraux industriels. Dans cette section, nous reviendrons sur cette catégorie de roches en mettant plus particulièrement l'accent sur leurs qualités esthétiques et technologiques, tout en rappelant brièvement leurs caractéristiques pétrographiques. En effet, ce sont principalement ces deux aspects qui déterminent leur utilisation dans la construction, que ce soit pour les bâtiments ou les ouvrages d'art.

III-5.2 Caractérisation et normes

L'utilisation des roches ornementales dans la construction dépend de leurs caractéristiques pétrographiques ainsi que de leurs propriétés physico-mécaniques, lesquels doivent répondre aux normes de construction en vigueur dans le pays concerné, telles que les normes marocaines (NM), européennes (EN) ou américaines (ASTM). Ces normes définissent également les méthodes et les équipements appropriés pour réaliser les différents tests d'aptitude des roches à leur utilisation en construction. Ainsi, chaque roche destinée à la construction doit être accompagnée d'une fiche complète indiquant :

- **son examen pétrographique** (nature géologique, nomenclature commerciale, couleur, structure, texture, composition minéralogique et lieu d'origine) ;
- **ses caractéristiques physico-mécaniques** (masse volumique, porosité, absorption d'eau, dureté, résistance à la compression, résistance à la flexion, résistance à l'acide, résistance à l'usure, résistance au gel ou gélivité).

L'examen pétrographique des roches ornementales suit la même méthodologie que celle utilisée pour les roches communes (voir Partie II, Chapitre II : Méthodologie d'étude des roches). En ce qui concerne la caractérisation physico-mécanique, nous rappelons ci-dessus les définitions des différents tests à effectuer sur la roche.

- **Masse Volumique (M)** : paramètre physique qui détermine la masse de la roche par unité de volume. Ce paramètre s'exprime en kg/m^3 . (Norme de référence : EN 1936).

- **Porosité (P)** : la porosité ouverte d'une roche correspond au volume des vides présents dans la roche, susceptibles d'être occupés par de l'eau gravitaire lorsqu'elle est saturée. Elle s'exprime en pourcentage. (Norme de référence : EN 1936).
- **Absorption d'eau (A)** : quantité d'eau, exprimée en pourcentage, pouvant être absorbée par les pores ouverts de la roche par remplissage gravitaire. Elle est déterminée par le rapport entre la masse de l'échantillon saturé et celle de l'échantillon sec. (Norme de référence : EN 13755).
- **Dureté (D)** : paramètre indiquant la dureté relative de la roche, ainsi que sa capacité à rayer ou à être rayée par d'autres matériaux. Elle est évaluée à l'aide de l'échelle de Mohs, en se basant sur la dureté pondérée des minéraux constitutifs de la roche.
- **Résistance à la compression (Rc)** : force exercée sur la surface de la roche et appliquée de manière continue jusqu'à la rupture. Elle s'exprime en N/mm² ou MPa. (Norme de référence : NE 1926).
- **Résistance à la flexion (Rf)** : force de rupture appliquée au centre d'un échantillon de roche placé sur deux rouleaux. Elle s'exprime en N/mm² ou MPa. (Norme de référence : NE 12372).
- **Résistance à l'usure (Ru)** : test qui consiste à mesurer, dans des conditions normalisées, la longueur des rainures provoquées à la surface de l'échantillon mis en contact avec un disque tournant chargé d'abrasif, après 75 rotations en 60 secondes. L'usure s'exprime en millimètres (mm). (Norme de référence : NE 14157).
- **Résistance au gel (Rg)** : paramètre déterminant le nombre de cycles de gel dans l'air et de dégel dans l'eau à partir duquel apparaissent des signes de dégradation de l'échantillon. (Norme de référence : NE 12371).

III-5.3 Principales variétés de roches ornementales

De nombreuses variétés de roches ornementales, de différentes natures pétrographiques et âges géologiques, sont présentes au Maroc. Étant donné qu'il est impossible de toutes les présenter dans cet Atlas, nous nous limiterons donc à une sélection de 25 variétés, illustrant la grande diversité des couleurs et des textures de ces roches marocaines (Fig. 108).



Figure 108 : Revêtement du sol dans un centre commercial à Rabat en carreaux de marbres marocains de couleurs et de textures variées.

La sélection des roches ornementales marocaines sera présentée, comme dans les sections précédentes, sous forme de fiches techniques. Chaque fiche comprendra une photo de la surface polie de la roche, un résumé concis de sa géologie et de sa pétrographie, ainsi que ses principales propriétés physico-mécaniques. Les valeurs de ces propriétés sont fournies à titre indicatif et correspondent à des moyennes établies à partir des données issues de publications antérieures sur les roches ornementales marocaines, notamment la revue *Mines, Géologie et Énergie* n° 45 (1979), le *Bulletin de l'Institut Scientifique* n° 31 (2009) et le *Catalogue du CETEMCO* (2020). Les 25 variétés de roches sélectionnées parmi les plus connues et exploitées au Maroc, seront présentées en trois grands groupes. Tout d'abord, les roches ornementales d'origine métamorphique, comprenant principalement les calcaires marbriers ou « marbres ». Ensuite, les roches ornementales d'origine

sédimentaire, regroupant un ensemble de pierres consolidées telles que les calcaires, la calcarénite, le travertin, l'onyx calcaire et le grès. Enfin, les roches ornementales d'origine magmatique, incluant les granites et les basaltes.

Roches ornementales d'origine métamorphique

- 1- Marbre blanc veiné de Bou Acila « *Skyros Africain* »
- 2- Marbre blanc rosé à lamines et stylolites de Lakhsas
- 3- Marbre rouge violacé « *Rouge d'Agadir* »
- 4- Marbre rose granité de l'Oued Akrech
- 5- Marbre gris veiné de Tiflet « *Gris Lido* »
- 6- Marbre gris violacé à polypiers de Benslimane
- 7- Marbre blanc veiné de Zayane
- 8- Marbre noir veiné de Khénifra
- 9- Marbre brun marron fossilifère d'Erfoud « *Dalles d'Erfoud* »
- 10- Marbre noir fossilifère de Tazzarine
- 11- Marbre vert bréchique de N'Kob-Taznakht
- 12- Marbre vert veiné de Ben Guérir « *Vert Chane* »
- 13- Ardoise gris-satiné d'Oulmès
- 14- Schiste gris rouille de Zaer

Roches ornementales d'origine sédimentaire

- 15- Pierre jaune à beige de Bejaâd/Kasbet Troch
- 16- Pierre beige à grise de l'Oued Amlil « *Pierre de Taza* »
- 17- Calcarénite beige-jaune de Rabat-Salé « *Pierre de Salé* »
- 18- Biocalcarénite de Bir Jdid « *Pierre de Bir Jdid* »
- 19- Calcaire crème du Saïss « *Travertin de Volubilis* »
- 20- Travertin beige de Taroudant « *Travertin de Roudani* »
- 21- Onyx ambré translucide d'Afra-Aguelmous
- 22- Grès rouge brique de l'Ourika

Roches ornementales d'origine magmatique

- 23- Granite rose de Tafraoute
- 24- Granite gris argenté d'Oulmès « *Gris Pharaon* »
- 25- Basalte noir vacuolaire d'Azrou « *Pierre Volcanique* ».

1- Marbre blanc veiné de Bou Acila « *Skyros marocain* »



Roche massive à fond blanc laiteux, parcourue par un dense réseau de veinules rouge rouille. Bien que métamorphisé, ce calcaire reste fragile en raison de sa forte fissuration. Il s'agit d'une barre de calcaire intercalée avec des schistes et des vulcanites d'âge cambrien. Les réserves de ce calcaire sont désormais épuisées.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,68	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	85
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,45	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	10
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,18	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	18
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	180

2- Marbre blanc rosé de Lakhsas



Roche massive et dure, de teinte blanc-rosâtre, montrant de nombreuses laminations et stylolites. Elle est composée de calcaire à grain fin (micrite) issu de la recristallisation du calcaire sédimentaire. Il s'agit d'une épaisse barre de calcaire inclinée d'âge cambrien. Très prisée à l'échelle nationale, cette roche dispose encore de réserves potentielles importantes.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,69	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	80
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,42	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	11
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,35	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	210

3- Marbre rouge violacé « Rouge d'Agadir »



Roche massive, à grain très fin et relativement dure. Elle est de teinte rouge à rouge violacé avec des veines et des traînées blanches. Il correspond à un calcaire récifal, riche en Archéocyathes (métazoaires primaires), daté du Cambrien inférieur. La roche se présente sous forme d'une barre épaisse et constitue des réserves importantes. D'aspect élégant, ce marbre rouge d'Agadir conserve bien son poli.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,67	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	112
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,15	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	14
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,10	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	180

4- Marbre rose granité de l'Oued Akrech



Roche massive et dure, de teinte gris rose, avec des veinules noires anastomosées. Sa texture est grenue saccharoïde et se compose de cristaux visibles de calcite et de dolomite. Elle constitue d'épaisses barres de calcaire d'âge dévonien. Exploitée depuis l'Antiquité, cette roche a servi à la construction de la majorité des monuments historiques de la ville de Rabat et de ses régions.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,66	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	110
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,45	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	12
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,17	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	21
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	170

5- Marbre gris veiné de Tiflet « Gris Lido »



Roche massive et dure, de teinte grise, parcourue d'une trame dense de veinules noires et de lamines blanches. Elle forme de puissantes barres calcaires d'âge dévonien inférieur à moyen. Ce calcaire de Tiflet, exploité à l'échelle industrielle depuis les années 1920, a été largement utilisé pour la décoration des façades des établissements publics ainsi que des immeubles à travers le Maroc.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,66	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	90
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,45	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	11
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,15	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	180

6- Marbre gris violacé à polypier de Benslimane



Roche compactée de teinte gris-violet, peu veinée, mais très riche en squelettes de polypiers. Il s'agit d'un calcaire récifal appartenant à la série des calcaires gris à noir du Maroc central, datant du Dévonien. Ce même faciès de calcaire est largement exploité pour le marbre et le granulat sur l'axe allant de Benslimane à Tiflet.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,67	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	75
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,13	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	10
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,05	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	21
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	150

7- Marbre blanc veiné de Zayane



Roche massive de teinte blanche à grisâtre et à grain très fin. Bien polie, elle présente un aspect d'onyx, ce qui la rend intéressante en tant que roche ornementale et pour la préparation de granulats destinés à la mosaïque. Il s'agit d'une barre calcaire d'âge carbonifère, intercalée dans la série paléozoïque, bien développée dans les régions de Sidi Lamine, Sidi Amar et Khénifra.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,73	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	99
<i>Porosité ouverte (%)</i>	2,50	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	11
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,42	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	21
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	125

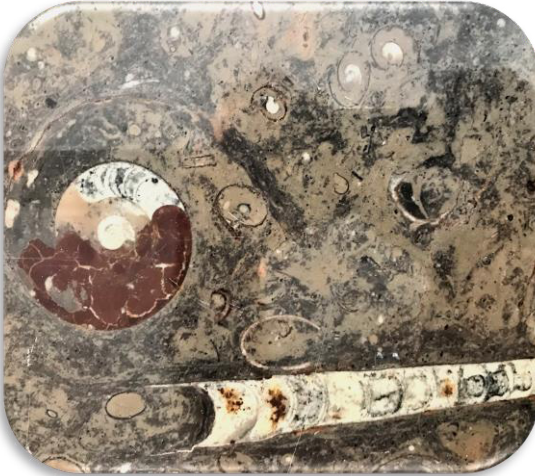
8- Marbre noir veiné de Khénifra



Roche massive et relativement dure, à grain très fin. Des lamines, lentilles et veinules calcitiques blanches parcourent localement le fond noir de la roche. Il s'agit d'un banc épais de calcaire d'âge viséen, se trouvant en intercalation dans la série calcaro-grés-pélique paléozoïque, située dans les régions de Sidi Lamine et Khénifra.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,61	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	120
<i>Porosité ouverte (%)</i>	0,25	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	13
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,10	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	20
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	170

9- Marbre brun marron fossilifère d'Erfoud « Dalle d'Erfoud »



Roche massive, à grain fin, dont la surface est facilement rayable. Le fond brouillé, de teinte brun marron, est parsemé de nombreux fossiles (Goniatites et Orthocères) de différentes tailles. Il s'agit d'une dalle de faible épaisseur de calcaire d'âge dévonien, très exploitée localement pour la sculpture d'objets décoratifs tels que des tables, des vasques, des fontaines et d'autres articles.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,74	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	69
<i>Porosité ouverte (%)</i>	2,30	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	12
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,40	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	23
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	110

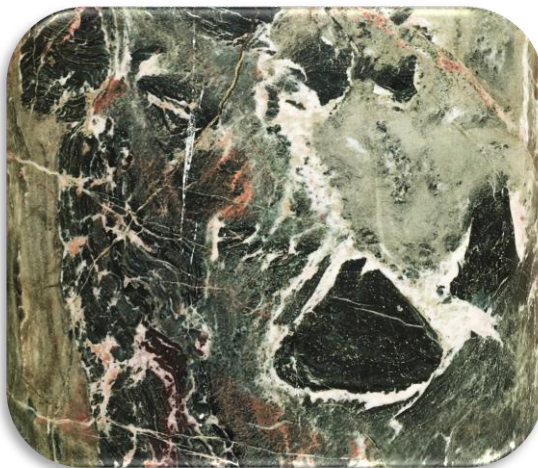
10- Marbre noir fossilifère de Tazzarine



Roche compacte et d'assez grande dureté. Sur son fond noir à grain fin se détachent de nombreux fossiles (Orthocères) substitués par de la calcite blanche. Il s'agit d'une barre de calcaire fossilifère d'âge silurien. Cette roche est intensément exploitée comme pierre ornementale et pour la fabrication de divers objets décoratifs (tables, vasques, fontaines et autres).

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,72	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	94
<i>Porosité ouverte (%)</i>	2,8	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	13
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,45	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	80

11- Marbre vert brèche de N’Kob-Taznakht



Roche compacte, à grain fin et relativement dure. Elle se distingue par sa teinte verte et son aspect hétérogène et bréchique, avec la présence de plages et de veinules de calcite blanches. Elle proviendrait de la serpentinisation d’anciennes roches basiques (gabbro et péridotite) d’âge précambrien. Cette roche a été utilisée dans la décoration de la mosquée Hassan II de Casablanca.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,89	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	142
<i>Porosité ouverte (%)</i>	4,64	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	22
<i>Absorption d’eau (%)</i>	0,21	<i>Résistance à l’usure (mm)</i>	19
<i>Dureté (Mohs)</i>	4,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	110

12- Marbre blanc vert veiné de Ben Guérir « Vert Chane »



Roche massive, très dure et à structure rubanée, localement plissée. Entre les bandes vertes et blanches s’insèrent de petites traînées brunes de grenat. La roche correspondrait, d’après sa pétrographie, à un skarn résultant du métamorphisme metasomatique des calcaires d’âge cambrien. Cette roche a été très largement exploitée pour la décoration de la mosquée Hassan II de Casablanca.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,83	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	135
<i>Porosité ouverte (%)</i>	1,95	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	17
<i>Absorption d’eau (%)</i>	0,23	<i>Résistance à l’usure (mm)</i>	18
<i>Dureté (Mohs)</i>	5,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	110

13- Ardoise gris satiné d'Oulmès



Roche schistosée, se débitant en plaquettes fines et régulières avec une surface légèrement rugueuse. Elle est à grain très fin et de couleur gris foncé et d'aspect satiné. La formation schisteuse, d'âge carbonifère, est assez épaisse et apparaît redressée à la verticale. Les plaques relativement larges et planes sont exploitées comme matériau de construction pour l'étanchéité et la décoration.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,65	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	85
<i>Porosité ouverte (%)</i>	1,6	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	12
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,7	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	25
<i>Dureté (Mohs)</i>	5,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	110

14- Schiste gris rouille de Zaër



Roche schisteuse et à grain fin se débitant en plaques aux surfaces ondulées couvertes d'une patine gris rouillé. Ces schistes, d'âge ordovicien, forment des séries épaisses souvent redressées à la verticale. L'aspect ondulé et la teinte grise et rouillée font de ces schistes un matériau très prisé pour la décoration des façades d'immeubles et de villas.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,62	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	75
<i>Porosité ouverte (%)</i>	1,5	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	12
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,8	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	6,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	100

15- Pierre jaune à beige de Bejaâd/ Kasbet Troch



Roche massive et dure, de teinte jaune, composée de calcaire finement cristallisé (micrite) et d'oxydes de fer. Il s'agit d'un banc de calcaire consolidé, de faible épaisseur (< 50 cm), d'âge crétacé supérieur qui s'étend sur plusieurs km² autour de Bejaâd. Ce marbre jaune est actuellement épuisé, mais une variété voisine, de teinte beige, continue d'être exploitée dans la région de Kasbat Troch.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,69	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	121
<i>Porosité ouverte (%)</i>	2,42	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	20
<i>Absorption d'eau (%)</i>	1,5	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	21
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	112

16- Pierre beige à grise de l'Oued Amlil « Pierre de Taza »



Roche compacte et dure, de teinte beige, avec des lamines grisées. Elle montre un grain fin à grossier et se compose de calcite, de dolomite, d'aragonite et de quartz. Il s'agit d'une roche détritique consolidée d'origine marine, datant du Miocène. Elle apparaît sous forme de couche, d'épaisseur décimétrique à métrique, transgressive sur les schistes du socle paléozoïque dans la région de Taza.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,52	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	65
<i>Porosité ouverte (%)</i>	5,3	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	11
<i>Absorption d'eau (%)</i>	2,6	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	24
<i>Dureté (Mohs)</i>	4,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	180

17- Calcarénite beige-jaune de Rabat-Salé « *Pierre de Salé* »



Roche massive, de teinte beige et localement stratifiée. Elle se compose de grains de quartz et de fragments de coquilles liés par un ciment carbonaté. Elle provient de la consolidation des dunes de sable plioquaternaire, longeant la côte atlantique de Rabat-Salé. Dure et bien adaptée à la sculpture, cette roche a été largement utilisée dans la construction des monuments historiques de Rabat et de Salé.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	1,93	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	57
<i>Porosité ouverte (%)</i>	23,5	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	9
<i>Absorption d'eau (%)</i>	12,4	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	20
<i>Dureté (Mohs)</i>	5,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	90

18- Biocalcarénite de Bir Jdid « *Pierre de Bir Jdid* »



Roche de teinte jaune beige, rugueuse et à stratification nette, composée d'une alternance de couches sableuses et de niveaux coquilliers. Elle provient de la consolidation d'anciennes dunes de sable par un ciment carbonaté, datant du Plio-Quaternaire. De nombreuses carrières ouvertes dans cette roche, largement utilisée en construction, jalonnent la côte reliant Casablanca à El Jadida.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,45	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	57
<i>Porosité ouverte (%)</i>	6,5	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	10
<i>Absorption d'eau (%)</i>	5,4	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	20
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	100

19- Calcaire crème du Saïss « *Travertin de Volubilis* »



Roche dure et caverneuse, de teinte beige crème, présentant un rubanement ondulé rappelant les travertins. Il s'agit de calcaire lacustre d'âge pliocène, composé de calcaire micritique, d'éléments détritiques siliceux ainsi que de débris de coquilles et de végétaux. Les carrières de cette roche, situées près de Meknès, ont fourni une grande partie des pierres utilisées pour la construction de la cité antique de Volubilis.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,45	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	44
<i>Porosité ouverte (%)</i>	1,9	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	11
<i>Absorption d'eau (%)</i>	1,2	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	56

20- Travertin beige de Taroudant « *Travertin de Roudani* »



Roche dure et vacuolaire, de teinte blanche à beige, présentant un litage discret et des niveaux concrétionnés. Elle se compose d'un encroûtement calcaire déposé sur des débris végétaux qui finissent par se minéraliser. Les masses épaisses de travertin, d'âge quaternaire, sont largement exploitées dans le domaine de la construction. Leur porosité élevée peut être réduite par masticage.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,45	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	72
<i>Porosité ouverte (%)</i>	4,5	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	10
<i>Absorption d'eau (%)</i>	3,0	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	120

21- Onyx ambré-translucide d'Afra-Aguelmous



Roche massive et fortement fracturée, de teinte jaune-orange et translucide, présentant des niveaux rubanés et ondulés. Elle se compose de concrétions carbonatées issues de la circulation des eaux hydrothermales et d'infiltration. La forte fracturation de la roche limite l'extraction des grands blocs et restreint son utilisation à la fabrication des petits objets décoratifs.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,74	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	95
<i>Porosité ouverte (%)</i>	4,7	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	9
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,25	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	15
<i>Dureté (Mohs)</i>	3,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	90

22- Grès rouge brique de l'Ourika



Roche dure, de teinte rouge brique et à surface rugueuse, avec une stratification nette permettant son débit en plaquettes de faible épaisseur. Elle se compose de grains de quartz et de feldspaths liés par un ciment calcaire et forme des bancs intercalés avec des couches d'argile rouge et des coulées de basalte d'âge permotriasique.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,35	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	80
<i>Porosité ouverte (%)</i>	10	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	12
<i>Absorption d'eau (%)</i>	2,5	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	19
<i>Dureté (Mohs)</i>	6,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	90

23- Granite rose de Tafraoute



Roche massive et très dure, de teinte rose pâle, à texture grenue grossière. Elle se compose de quartz, d'orthose, de plagioclase et de biotite. Il s'agit d'un granite précambrien constituant un vaste pluton intrusif, dont la surface est débitée en grosses boules. Ce granite rose a été largement utilisé pour l'ornementation de la mosquée Hassan II de Casablanca.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,68	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	162
<i>Porosité ouverte (%)</i>	2,33	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	15
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,52	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	22
<i>Dureté minérale (Mohs)</i>	7,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	140

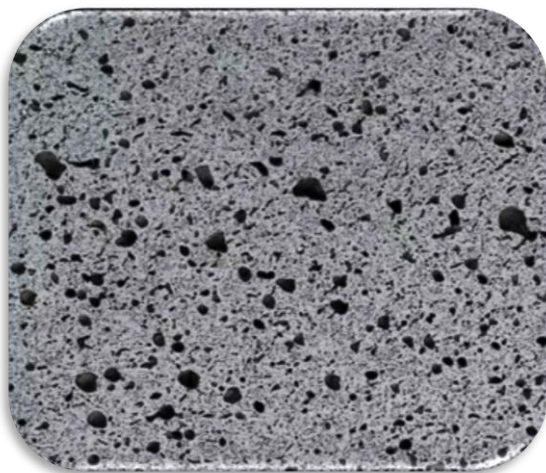
24- Granite gris argenté d'Oulmès « Gris Pharaon »



Roche massive et très dure, de teinte gris argenté et à texture grenue. Elle se compose de quartz, de feldspaths, de biotite et de muscovite. Il s'agit d'un granite hercynien intrusif dans les terrains du socle paléozoïque du Maroc central. Bien que les réserves soient importantes, son exploitation a été arrêtée en raison de la forte concurrence des granites étrangers.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,63	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	173
<i>Porosité ouverte (%)</i>	1,21	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	6,2
<i>Absorption d'eau (%)</i>	0,5	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	19
<i>Dureté (Mohs)</i>	6,5	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	120

25- Basalte vacuolaire noir d'Azrou « *Pierre volcanique* »



Roche massive et vacuolaire, de couleur noire et d'origine volcanique. Elle se compose de rares microlites de plagioclases et de cristaux d'olivine liés par une matrice vitreuse. Elle se présente sous forme de vastes coulées, localement débitées en grosses boules, appartenant à la province volcanique plio-quaternaire du Moyen Atlas central.

<i>Masse volumique (g/cm³)</i>	2,8	<i>Résistance à la compression (MPa)</i>	50
<i>Porosité ouverte (%)</i>	4,5	<i>Résistance à la flexion (MPa)</i>	20
<i>Absorption d'eau (%)</i>	2,8	<i>Résistance à l'usure (mm)</i>	18
<i>Dureté (Mohs)</i>	5,0	<i>Résistance au gel / dégel (cycles)</i>	10

Références

- Abarro A., Bouchta R. & Barodi E.B. (1998) : L'activité minière au Maroc. *Chron. Rech. min.*, 3-8 : 531-532.
- Achiou B., Elomari H., Ouammou M., Albizane A., Bennazha J. Alami Younssi S., EL Amrani El Hassani I. & Aaddane A. (2016) : Elaboration and characterization of flat ceramic microfiltration membrane made from natural Moroccan pozzolan (Central Middle Atlas), *J. Mater. Environ. Sci.*, 7 (1): 196-204.
- Adidi A. (2016) : Les mines et les villes minières marocaines : une mémoire collective et un patrimoine urbanistique à préserver. *Revue Espace géographique et Société Marocaine*. N° 4 : 86 p.
- Agard J. (1950) : Sur le mode de gisement de aïouinites et mestigmérîtes du Maroc oriental. *Notes & Mém. Serv. Géol, Maroc*, t 3, 76 : 185-195.
- Agard J. (1960). Les carbonatites et roches silicates et carbonates associés du massif de roches alcalines du Tamazert (Haut Atlas de Midelt, Maroc) et le problème de leur genèse. *Rep. 21 th, int. Geol. Cong., Copenhague*, part 13 : 294-303.
- Agard J., Jouravsky G. & Milliard Y. (1959) : Les gîtes minéraux (graphite, vermiculites, magnésite, nickel, cuivre, chrome) liés aux roches ultrabasiques et métamorphiques des Beni Bousera (Rif septentrional). *Mines & Géol., Rabat*, 8 : 31-37.
- Ahmedat C., El Amrani El Hassani I., Zahraoui M. & Tahiri A. (2018) : Potentialités minérales et effet de géo-accumulation des éléments traces métalliques des rejets des mines abandonnées. L'exemple des mines d'antimoine de Tourtit et d'Ichoumellal (Maroc central). *Bull. Inst. Sci. Rabat, Section ST*, 40 : 71-89.
- Alansari A., Mouguina E.M & Maacha L. (2011) : Le gisement de Tiout à Au-Cu-Ag (Massif néoprotérozoïque du J. Saghro). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 53-57.
- Arambourg C. (1935) : Note préliminaire sur les vertébrés fossiles des phosphates du Maroc. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5è sér., t. 5, Fasc. 6-7 : 413-439.
- Arkame Y., Harrati A., Et-Tayea Y., Manni A., Oudrhiri Hassani Y., El Bouari A., Sdiri A., El Amrani El Hassani I. & Sadik C. (2023) : General characterization and potential use of Moroccan lizardite clay in ceramics: Technological and dielectric studies. *Open Ceramics*, 13 : 1-11.
- Asebriy L., Bourgois J., Cherkaoui T-E. & Azdimousa A. (1993). Evolution tectonique récente de la zone de faille du Nékor : importance paléogéographique et structurale dans le Rif externe, Maroc. *Journal of African Earth Sciences*, 17 : 65-74.

- Azdimoussa A., Poupeau G., Rezqi H., Asebriy L., Bourgois J & Ait Brahim L. (2006) : Géodynamique des bordures méridionales de la mer d'Alboran ; application de la stratigraphie séquentielle dans le bassin néogène de Boudinar (Rif oriental, Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat, Section ST*, 28 : 9-18.
- Aziz A., El Amrani El Hassani I., El Khadiri A., Sadik C. El Bouari A., Ballil A. & El Haddar A. (2020) : Effect of slaked lime on the geopolymers synthesis of natural pozzolan from Moroccan Middle Atlas. *Journal of the Australian Ceramic Society* 56 (1) : 67-78.
- Azza A. (1998) : Les minéralisations barytiques du Maroc. *Chron. Rech. Min. n° 531-532* :109-116.
- Azza A. (2000) : Le secteur minier marocain, une revue. *Can. Inst. Mining Metal. Petrol. Bull.* 94, n° 1047 : 48-53.
- Azza A. (2008) : Et si l'on passait le secteur minier marocain en revue ? *Energie et Mines Magazine* (<http://energiemines.ma/>).
- Azza A., Huvelin P. & Ovtracht A. (1985) : Le gisement barytique de Jbel Ighoud. *Rapp. SEGM n° 1090*, Rabat, 19 p., inédit.
- Azza A., Benali A, Bensaid M. & Karbid M. (1992) : Minéraux du Maroc. *Edition du Ministère de l'Energie et des Mines*, 181 p.
- Azza A. & Boushaba A. (2006) : Les minéralisations à or et antimoine de Tamlalt. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 514 : 25-30.
- Bariand P., Cesbron F. & Geffroy J. (1985) : Les minéraux, leurs gisements, leurs associations. *Editions du BRGM*, T1 (145 p.), T2 (298 p.) et T3 (489 p.).
- Barodi E., Belkasmi A., Abdouni H. & Ouazzani A. (1998) : Les roches et minéraux industriels du Maroc. *Chronique de la Recherche Minière*, n° 531-532 : 133-154.
- Bazini B., Boushaba A., Hoepffner C. & Tekiout B. (2012) : Gisements de manganèse du Sud-Est de Ouarzazate (Anti-Atlas Central, Maroc). *Notes & Mém. Serv. géol. Maroc*, 575 : 19-24.
- Ben Brahim M. (2012) : Silicification de Jbel Ghassoul (bassin de Missour, Maroc) : les conditions de leur formation. *Rapport d'étude N°R121208MTHI, Centre de Géosciences, Ecole des Mines de Paris, Fontainebleau, France*, 38 p.
- Benbrahim M., Aissa M. & Zouhair M. (2011) : Le filon aurifères d'Iourirn (Tagragra d'Akka). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 157-161.
- Berrahma M., Delaloye M., Faure-Muret A. & Rachdi H.E.N (1992) : Premières données géochronologiques sur le volcanisme alcalin du Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc. *J. of African Earth Sciences (and the Middle East)*, Vol. 17, Issue 3 : 333-341.

- Bouabdellah M. (2011) : Touissit-Bou Beker, un district Pb-Zn de type Mississippi Valley dans la chaîne des Horst (Maroc oriental). *In* Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 325-330.
- Bouabdellah M., Lebret N., Marcoux E. & Sadequi M. (2011) : Les mines de Beni Bou Ifrouh-Ouixane (Rif oriental) : un district ferrugineux néogène de type skarn. Les principales mines du Maroc. *In* Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 357-362.
- Bouhaouli A., Caraman V. & Hilali E. (1979). Les marbres du Maroc. *Mines, Géologie & Energie*, n° 45 consacré au Colloque sur les roches ornementales : 35-102.
- Boujo A. (1976) : Contribution à l'étude géologique du gisement de phosphate crétacé-éocène des Ganntour (Maroc occidental). *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 262 : 227 p.
- Boushaba A. (1996) : Le massif granitique du Ment (Maroc central hercynien) dans son contexte tectono-magmatique régional, et les manifestations hydrothermales associées. *Thèse Institut National Polytechnique de Lorraine*, 306 p.
- Boushaba A. & Qalbi A. (2011) : Un district minier à fluorine et cassitérite : les gîtes d'El Hammam et Achmmach (Massif Central). *In* Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 247-253.
- Boushaba A. & Michard A. (2011) : Le fer oolithique métamorphique d'Aït Ammar (Massif Central). *In* Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 273-277.
- Brives A. (1905) : Sur la géologie du Maroc. *Bulletin de la Société géologique de France*, 4, : 754-755.
- Burzacchini G., Ciccu R. & Berbach A. (2002) : Etude d'analyse du potentiel de la branche "Pierre dimensionnelle" au Maroc. (Rapport inédit) : N° ACR 202-Etude-5-PC. 133 p.
- Carte géologique du Maroc au 1/1.000.000 (1985) : *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, n° 260.
- CETEMCO (Centre des Technologies des Matériaux de Construction). Activités et rapports (<https://cetemco.dev-wbk.com/>).
- Chalouan A., Michard A., El Kadiri Kh., Negro F., Frizon de Lamotte D., Soto J.I. & Saddiqi O. (2008) : The Rif Belt. Ch 5, in *Continental Evolution: The Geology of Morocco*. Michard et al. Eds, Springer : 203-302.

- Chbihi A. & Gmira A. (1998) : La fluorine au Maroc, cas de la mine d'El Hammam. *Chron. Rech. Min.*, 531-532 : 117-126.
- Cherotzky G. (1978) : Pétrographie du Maroc roches éruptives et métamorphiques). *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 266 : 152 p.
- Choubert, G. (1946) : Aperçu de la géologie marocaine. *Revue de Géographie marocaine*, 2-3 : 69-77.
- Choubert, G. (1963) : Histoire géologique du Précambrien de l'Anti-Atlas. Tome 1, *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 162 : 352 p.
- Choubert, G. & Marçais, J. (1956) : Introduction géologique. Les grands traits de la Géologie du Maroc, in Lexique stratigraphique du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 134 : 38 p.
- Cipriani N. (1996) : Minéraux et roches. *Edition Gründ*, 167 p.
- Daguin, F. (1927) : Contribution à l'étude géologique de la région préifaine (Maroc occidental). *Notes & Mém. Serv. Mines & Carte géol, Maroc*, 1 : 413 p.
- Despujols P. (1936a) : Historique des recherches géologiques au Maroc (zone française) des origines à 1930. *Notes & Mém. Serv. Mines & Carte géol, Maroc*, 25 : 79 p.
- Despujols P. (1936b) : Historique des recherches minières au Maroc (zone française), des origines à 1930. *Notes & Mém. Serv. Mines & Carte géol. Maroc*, 37 : 178 p.
- Destombes J. (1965) : La région de Gour Brikat, un nouveau domaine du précambrien III dans le Tafilalt oriental (Maroc). *C. R. Somm. Soc. Géol, Fr.*, 7 : 227-228.
- Dietrich J.E., Orliac M. & Permingeat F. (1969) : L'agardite, une nouvelle espèce minérale et le problème du chlorotile. *Bull. Soc. Fr. Cristallogr.*, 92 : 420-434.
- Duda R. & Rejel L. (1989) : La Grande Encyclopédie des Minéraux. 4^{ème} tirage, *Edition Gründ, Paris*, 520 p.
- Dunham R.J. (1962) : Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In : Classification of Carbonate Rocks (Ed. Ham, W.E.), *Memoir 1, American Association of Petroleum Geologists*, Tulsa : 108-121.
- Durand-Delga M., Hottinger L., Marçais J., Mattauer M., Milliard Y. & Suter, G. (1960-1962) : Données actuelles sur la structure du Rif. *Mémoire hors-série de la Société géologique de France*, t. 1, 5 déc. 1961, : 399-422
- Duringer P., Ais M., Chahi A. (1995) : Contexte géodynamique et milieu de dépôt du gisement de stévensite (rhassoul) miocène du Maroc : environnement lacustre ou évaporitique ? *Bull. Soc. géol. Fr.*, 166/2 : 169-179.

- El Bakkali S., Gourgaud A., Bourdier J.-L., Bellon H. & Gundogdu N. (1998) : Post-Collision Neogene Volcanism of the Eastern Rif (Morocco) : Magmatic Evolution through Time. *Lithos*, 45 : 523-543.
- El Amrani El Hassani I. (1984) : Contribution à l'étude pétrologique, minéralogique et métallogénique et de pétrologie structurale des formations de la région d'Azgour (Haut Atlas-Maroc). *Thèse 3^{ème} Cycle, Univ Nanacy I*, 210 p.
- El Amrani El Hassani. I. (1994) : Genèse et mise en place des granitoïdes peralumineux à biotite et cordiérite des Jbilet centrales (Maroc). *Thèse d'état, Université Mohammed V, Fac. Sci. Rabat*, 219 p.
- El Amrani El Hassani I. (2014) : Contribution de la recherche scientifique et des études techniques à la valorisation des pierres dimensionnelles du Maroc. *Acte de Colloque sur les « Marbre et pierres de taille : Bilan et perspectives »*. Edition Fondation de la Mosquée Hassan II de Casablanca, : 61-98.
- El Amrani El Hassani I. (2021) : Les Géomatériaux de la région de Rabat-Sale-Kénitra. Ouvrage publié à l'occasion du centenaire de la création de l'Institut Scientifique : 1920-2020. *Document de l'Institut Scientifique*, 34 : 171 p.
- El Amrani El Hassani I. & Haïmeur J. (2007) : Potentialités du Maroc en roches ornementales et problèmes liés à leur exploitation sur l'environnement. *Travaux n°5 de l'Equipe de Géomatériaux et Géoenvironnement, Institut Scientifique, Rabat*, 55 p (Rapport Inédit).
- El Amrani El Hassani I., Fedan B. & Tahiri A. (2008) : "Fenêtre" sur la Richesse du Maroc en Minéraux, Roches et Fossiles. *Bull. d'Information de l'Académie Hassan II des Sci. & Tech. Maroc*, 3 : 92-92.
- El Amrani El Hassani I & El Azhari H. (2009) : Evaluation des propriétés physico-mécaniques des pierres de construction du Maroc à partir des vitesses des ondes P et de la résistance au choc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, 31 : 41-54.
- El Amrani El Hassani E. & Sadik C. (2016) : Geology and Mineralogy of Clays for Nanocomposites: State of knowledge and Methodology". In "Nanoclay Reiforced Polymer Composites", *Springer* : 85-113.
- El Ghorfi M., Maacha L., Ennaciri L., Baoutoul H., Zouhair M. & Soulaïmani A. (2011) : La minéralisation aurifère de « Bleïda-Far West » (Boutonnière de Bou Azzer-El Graara, Anti-Atlas central). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 111-116.
- El Haddar A., Gharibi E., Azdimousa A., Fagel N., Al Amrani El Hassani I. & El Ouahabi M. (2018) : Characterization of halloysite (North East Rif, Morocco): evaluation of its suitability for the ceramics. *Clay Minerals*, 53, pp :65-78.
- El Hadi H. Tahiri A., El Maidani A., Saddiqi O., Simancas F., Lodeiro F-G. Azor A., Martinez-Poyatos D., Tahiri M. De La Rosa Diaz J. (2014). Geodynamic

- setting context of the Permian and Triassic volcanism in the northwestern Moroccan Meseta from petrographical and geochemical data. *Bull. Inst. Sci., Rabat, Section ST*, 36 : 55-67.
- El Hassani A. (1991) : La zone de Rabat-Tiflet : Bordure nord de la chaîne calédonohercynienne du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 15 : 1-134.
- El Hassani A. (2021). Evolution des sciences géologiques à l'Institut Scientifique. Ouvrage publié à l'occasion du centenaire de l'Institut Scientifique 1920-2020. *Document de l'Institut Scientifique*, 33 : 121 p.
- El Hassani A. (2022) : Paradis des géologues : un voyage à travers les temps dans le Royaume du Maroc. *Hassan II Academy Press, Morocco*, 130 p.
- El Hassani A. (2024) : A Geologist's Paradise. Tracing Morocco's Geological History from Early Explorers to the Modern Era. *Hassan II Academy Press, Morocco*, 382 p.
- Elomari H., Achiou B., Ouammou M., Albizane A., Bennazha J., Alami, Younssi S. & El Amrani El Hassani I. (2015) : Elaboration and characterization of flat membrane supports from Moroccan clays. Application for the treatment of wastewater. *Desalination and Water Treatment* : 1-9.
- El Ouazzani A. (2005) : Roches et minéraux industriels du Maroc. Exposé oral - *Journées nationales de l'industrie minérale, Marrakech* 23-25 novembre 2005). Rapport de l'ONHYM (2005).
- El Wartiti M., Zahraoui M. & El Hassani A. (2017) : Les marqueurs permien comme patrimoine géologique à promouvoir et à protéger dans le massif hercynien du Maroc central. *Revue de la Société géologique de France*, 194 : 118-126.
- Emberger, A. (1969) : Réflexions sur le développement des études métallogéniques au Maroc depuis 1952. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, t. 29, 213 : 131-163.
- Escola P. (1915) : On the relations between the chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijarvi region. *Bulletin de la Commission Géologique de Finlande*, 44 p.
- Essaraj S. & Michard A. (2011) : Le gîte d'argent de Zgounder (Massif de Siroua). Vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 81-86.
- Fedan B. (2014) : Inventaire des collections géologiques de l'Institut Scientifique (Rabat, Maroc). *Documents de l'Institut Scientifique, Rabat*, 28 : 138 p.
- Folk R.L. (1959) : Practical petrographical classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists, Bull.* 43/1 : 1-38.
- Foucault A. & Raoult J-F. (2000) : Dictionnaire de géologie, Dunod, 5^{ème} édition, 379 p.

- Fransolet A.M. (1973) : La mélonjosephite $\text{CaFe}^{2+}\text{Fe}^{3+}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})$, une nouvelle espèce minérale. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 69 : 135-142.
- Gaouzi A., Maacha L., Ennaciri A., Gmira A., Maamar B., Zouhair M., & Saquaque A. (2011) : La mine d'argent d'Imlil (Anti-Atlas oriental, Maroc). Vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 45-51.
- Gaudefroy C., Jouravsky G. & Permingeat F. (1963) : La marokite, $\text{Ca Mn}_2\text{O}_4$, une nouvelle espèce minérale. *Bull. Soc. Franç. Minér. Crist.*, LXXXVI : 359-367.
- Gaudefroy C., Orliac M., Permingeat F. & Parfenoff A. (1969) : L'henritermierite, une nouvelle espèce minérale. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallogr.*, 92 : 185-190.
- Gasquet D. (1991). Genèse d'un Pluton Composite Tardi- Hercynien, le Massif de Tichka, Haut Atlas Occidental (Maroc). *Thèse Docteur ès Science, Université Henri Poincaré*. 440 p.
- Gasquet D., Ennih N., Liégeois J.P., Soulaïmani A. & Michard A. (2008) : Chapt. 2, The Pan-African belt. In Michard et al. (Eds), Continental evolution: The Geology of Morocco; structure, stratigraphy, and tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean Triple Junction. *Lect. Notes Earth Sci.*, 116 : 33-64.
- Gentil L. (1907) : Notice sur l'esquisse géologique du Haut-Atlas occidental (Maroc). *Annales de Géographie, Paris*, t. 16, 85 : 70-77.
- Gentil L. (1912a) : La géologie du Maroc et la genèse de ses grandes chaînes. *Anales de Géographie*, t. 21, 116 : 130-158.
- Gentil L. (1912b). Le Maroc physique. *Alcan édit., Paris, Nouv. Coll. Sc.*, 320 p.
- Gheerbrant E., Sudre J., Tassy P., Amaghaz Baâdi Bouya M. & Iarochène M. (2005) : Nouvelles données sur *Phosphatherium escuilliei* (Mammalia, Proboscidea) de l'Éocène inférieur du Maroc, apports à la phylogénie des Proboscidea et des ongulés lophodontes. *Geodiversitas*, 27 (2) : 239-333.
- Gigout, M. (1951) : Études géologiques sur la Meseta marocaine (arrière-pays de Casablanca, Mazagan et Safi). *Travaux de l'Institut scientifique chérifien, Rabat*, 3, et *Notes & Mém. Serv. Géol. du Maroc*, 86 : 507 p.
- Grabau A.W. (1904) : On the classification of sedimentary rocks. *American Geologist*, 33 : 228-247.
- Guillou J.J., Monthel J. Picot P. Pillard F. Protas J. & Samama (1985) : L'imitérite, Ag_2HgS_2 , nouvelle espèce minérale ; propriétés et structure cristalline. *Bull. Minéral.*, 108 : 457-464.
- Haïmeur J. (1998) : Lithostratigraphie, géochimie et métallogénie de l'environnement volcanosédimentaire de l'amas sulfuré de Douar Lahjar (Guemassa, Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, 21 : 15-30.
- Haïmeur J. & El Amrani El Hassani I. (2004) : Rôle du brassage et du stockage magmatique dans l'homogénéisation des granitoïdes calco-alcalins : Cas du

- pluton composite de Zaër (Maroc central). *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 98(2) : 219-236.
- Haïmeur J., El Amrani El Hassani I. & Chabane A. (2004) : Pétrologie et géochimie des granitoïdes calco-alcalins de Zaër (Maroc central) : modèle pétrogénétique. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, 26 : 27-48.
- Hamdaoui A. (2021) : Mont Tropic et minerais rares. Comment le Maroc et les États-Unis d'Amérique ont mis en échec le plan machiavélique de l'Espagne et de l'Allemagne. (<https://lecollimateur.ma/51089>).
- Harrati A. Arkame Y., Mann A., Aqdim S., Zmemla R., Chari A., El Bouari A., El Amrani El Hassani I., Sdiri A., Oudrhiri Hassani F. et Sadik C. (2022) : Akermanite-based ceramics from Moroccan dolomite and perlite: Characterization and in vitro bioactivity assessment. *Open Ceramic*, vol.10 : 1-12.
- Hibti M., Outhonjite M., Zouhair M. & Maacha (2011) : Le gisement polymétallique de Hajjar (province à pyrrhotite sud mésétienne) : *In* Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 221-228.
- Hilali E. A. (1981) : Les substances utiles et l'avenir économique. *Mines, Géologie et Energie*, N° 49 consacré roches et minéraux industriels du Maroc, 258 p.
- Hilali E.A., & Bouhaouli, A. (1979) : Les substances minérales utiles marocaines et leur impact sur l'économie nationale. *Mines, Géologie et Energie*, N° 45 consacré au marbre et roches ornementales, 139 p.
- Hoepffner C., Soulaïmani A., & Piqué A., (2005) : The Moroccan Hercynides. *Journal of African Earth Sciences*, 43 : 144-165.
- Huvelin P. (1977) : Etude géologique et gîtologique du massif hercynien des Jebilet (Maroc occidental). *Notes & Mém. Serv. géol. Maroc*, 232 : 307 p.
- Ibough H., Hibti M., Saidi A. & Touil A. (2011) : Azegour, gîte métamorphique à Cu, Mo, W (Haut Atlas occidental) : *In* Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 229-233.
- Jouravsky G. et Permingeat F. (1964) : La gaudefroyite, une nouvelle espèce *Bull. Soc. franç. Minéral. Crist.*, t. XXXVII : 216-229. minérale.
- Kampf A.R. & Favreau G. (2004) : Jacquesdietrichite, $\text{Cu}_2[\text{BO}(\text{OH})_2](\text{OH})_3$, a new mineral from the Tachgagalt mine, Morocco : Description and crystal structure. *European Journal of Mineralogy*, 16 (2) : 361-366.
- Kornprobst J. (1974) : Contribution à l'étude pétrographique et structurale de la zone interne du Rif (Rif septentrional). *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 251 : 256 p.

- Lakhloufi A. (2002) : Evolution géodynamique des bassins de Sidi Bettache et de Brachwa-Maaziz et réinterprétation de l'histoire de l'orogénèse hercynien post-viséenne au Maroc. *Thèse d'Etat Es-Sciences, Univ Mohammed V-Rabat*. 578 p.
- Lamtahri F. (1979) : L'industrie du marbre au Maroc. *Mines, Géologie & Energie*, 45 : 113-122.
- Leblanc M. (1975) : Ophiolites précambriennes et gîtes arséniés de cobalt (Bou-Azzer, Maroc). *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 280 : 306 p.
- MacKenzie W.S. & Guilford C. (1992) : Atlas de pétrographie. Minéraux de roches observés en lame mince. *Edition Masson*, 98 p.
- Maacha L., Maamar B., Kersit M., Saquaque A. & Soulaïmani A. (2011a) : Le cuivre de Bleïda (Bouttonnière de Bou Azzer-El Graara). La mine de cuivre et argent de Bouskour (J. Saghro). Anti-Atlas oriental). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 105-109.
- Maacha L., Ouadjou A., Azmi M., Zouhair M., Saquaque A., Alansari A. & Soulaïmani A. (2011b) : La mine de cuivre et argent de Bouskour (J. Saghro, Anti-Atlas oriental). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 59-64.
- Maacha L., Ennaciri O., El Gorfi M., Saquaque A., Alansari A. & Soulaïmani A. (2011c) : Le district à cobalt, nickel et arsenic de Bou Azzer (Anti-Atlas central). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 91-97.
- Manni A., Harrati A., El Haddar A., Chari A., Sdiri F., Oudrhiri Hassani A., El Bouari A., El Amrani El Hassani I., Sadik C. (2020) : Effects of Lizardite Addition on Technological Properties of Forsterite-Monticellite Rich White Ceramics Prepared From Natural Magnesite and Dolomite. *Journal of Construction Research*, vol. 2 : 9-20.
- Medioni R. (1911) : L'œuvre des géologues français au Maroc. *Travaux du Comité français d'histoire de la Géologie*. 3^{ème} Série 25, 1 : 1-52.
- Michard A. (1976). Eléments de géologie marocaine. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 252: 408 p.
- Michard A., Saddiqi O., Missenard Y., Oukassou M., Barbarand J. (2017) : Les grandes régions géologiques du Maroc ; diversité et soulèvement d'ensemble. *Géologues* n° 194, édition SGF, 24 p.
- Michard A., Soulaïmani A., Hoepffner C., Ouanaimi H., Baidder L., Rjimat E.C. & Saddiki O. (2010) : The South-Western Branch of the Variscan Belt : Evidence from Morocco. *Tectonophysics*, 492 : 1-24.

- Mourtada S. (1997) : Pétrogenèse des carbonatites et contribution à l'étude des minéralisations (NB, Tr, Ba et Sr) associées : exemple du complexe alcalin de Tamazert (Haut-Atlas marocain). *Thèse d'Université de Clermont-Ferrand 2, France*.
- Mouttaqi A. (1987) : Etude géologique des indices miniers de l'extrémité nord-ouest du massif des Jebilet (Meseta occidentale, Maroc) : un exemple de relation génétique entre une minéralisation stratiforme de couverture et des filons du socle paléozoïque. *Thèse 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech*, 270 p
- Mouttaqi A., Rjimati E.C. & Michard A. (2011) : Les mines du Maroc : Introduction. Volume 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 564 : 13-22.
- ONHYM (2002, 2017, 2018, 2021) : (Office National des Hydrocarbures et des Mines) *Rapports inédits*. (<https://www.onhym.com/fr>).
- Ouaddari H., Beqqour D. Bennazha J., El Amrani El Hassani I., Albizane A., Solhy A., Varma D. & Rajender S. (2018) : Natural Moroccan clays: Comparative study of their application as recyclable catalysts in Knoevenagel condensation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* : 1-8.
- Permingeat F. (1957) : Le gisement de molybdène, tungstène et cuivre d'Azegour. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 141, 284 p
- Permingeat F. (1990) : Introduction à la minéralogie du Maroc. t. 1, Répertoire, nomenclature et classification des minéraux du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 336, 108 p.
- Permingeat F. (1991). Introduction à la minéralogie du Maroc. T. 2 : Eléments natifs et alliages (classe I). Sulfures, sélénures, tellures, arsénures... (classe II). *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 336 : 321 p.
- Perrier R. (1995) : Gisements de roches ornementales du Maroc. *Le Mausolée*, 708 : 54-64.
- Perrier R. (2004). Les roches Ornementales. *Edition Pro Roc*. 703 p.
- Piqué A. (1989) : Variscan terranes in Morocco, *Geol. Soc. Amer. Specoal paper*, 230 : 115-129.
- Piqué A. (1994) : Géologie du Maroc. Les domaines régionaux et leur évolution structurale. *PUMAG Edit., Marrakech*, 284 p.
- Piqué A. & Bouabdelli M. (2000). Histoire géologique du Maroc. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, 409 : 115 p.
- Qalbi A., Mouttaqi A., Rjimati E.C., Zemmouri A., Michard A. & Saddiqi O. (2011) : Les prospects à Nb-Ta-U-REE des carbonatites de Glibat Lafhouda (Province d'Awserd). In Michard et al. (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 183-187.

- Raddi Y., Essaraj S & Michard A. (2011) : le district plombifère de la Haute Moulouya 5Aouli-Mibladen-Zeïda). In Michard et *al.* (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol., Maroc*, 564 : 299-304.
- Raji M., Nekhlaoui S., El Amrani El Hassani I., Essassi E, Essabir H., rodrigue D. Bouhfid R. & Qaissa A. (2019) : Utilization of volcanic amorphous aluminosilicate rocks (perlite) as alternative materials in lightweight composites. *Composites Part B* 165 : 47-54.
- Rosenberger B. (1970) : Les vieilles exploitations minières et les centres métallurgiques du Maroc : essai de carte historique. *Revue de Géographie du Maroc*. n° 17 et 18
- Saadi M. (1975). Les anciennes mines du Maroc (de la préhistoire au XIXème siècle). Carte à l'échelle 1/2.000.000. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 277.
- Soulaimani A., Essaifi A., Youbi N., & Hafid A. (2004) : Les marqueurs structuraux et magmatiques de l'extension crustale au Protérozoïque terminal-Cambrien basal autour du massif de Kerdous (Anti-Atlas occidental, Maroc). *C. R. Géosciences*, 336 (1), 6 : 1433-1441.
- Strunz H. (1970) : Mineralogische Tabellen, 5. Auflage, Ed. Akad, Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- Tahiri A., Montero P., El Hadi H., Martínez Poyatos D., Azor A., Bea F., Simancas J-F. & González Lodeiro F. (2010) : *Journal of African Earth Sciences*, vol. 57, 1-2 : 1-13.
- Termier, H. (1936) : Études géologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas septentrional T1, 2, 3 et 4. *Notes & Mém. Serv. Mines & Carte géol. Maroc*, 33 : 1566 p.
- Termier H., Owodenko B. et Agard J. (1950) : Les gisements d'étain et de tungstène de la région d'Oulmès (Maroc central). Etude géologique, pétrographique et métallogénique. *Notes & M. Serv. Géol. Maroc*, 82 : 328 p.
- Trauth N. (1977) : Argiles évaporitiques dans la sédimentation carbonatée continentale et épicontinentale tertiaire. Bassin de Paris, de Mormoiron et de Salinelles (France). Jbel Ghassoul (Maroc). *Sci. Géol. Mém.*, 49 : 195 p.
- USGS (United States Geological Survey) National Minerals information center (www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center).
- Vatan A. (1967) : Manuel de Sédimentologie. *Technip Edit.*, 397 p.
- Wafik A., Essaifi A., Admou H. & Mouttaqi (2011) : Le gisement de barytine de Jbel Irhoud (Jebilet occidentales). In Michard et *al.* (Eds), vol. 9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes & Mém. Serv. Géol. Maroc*, 564 : 199-203.

- Yardley B.W.D, MacKenzie W.S et Guilford C. (1995) : Atlas des roches métamorphiques. *Edition Masson* : 120 p.
- Youbi N., Cabanis B., Chalot-Prat F. et Cailleux Y. (1995) Histoire volcano-tectonique du massif permien de Khénifra (Sud-Est du Maroc central). *Geodinamica Acta*, 8, 3 : 158-172.
- Zahraoui, M. (1991) : La plate-forme carbonatée dévonienne du Maroc occidental et sa dislocation hercynienne. *Thèse d'État, UBO, Brest, France*, 260 p.
- Zerdane A., Rjimati E.C, Zemmouri A., Mouttaqi A. & Michard A. (2011) : Aghracha, mine de fer et prospect à uranium et terres rares (Province d'Awserd). In Michard et al. (Eds), vol.9 : Nouveaux guides géologiques et miniers du Maroc. *Notes et Mémoire du Service géologique Maroc*, N° 564 : 177-182.

Webographie

- Mindata.org (www.mindat.org)
- Mineralogy database (www.webmineral.com)
- Fabre minerals (www.fabremineral.com)
- 1001 Minéraux (www.1001mineraux.com)
- Le comptoir géologique (www.le-comtoir-minéralogique.com)
- Minéraux et Fossiles Rifki (www.selenite.ma)
- Aux minéraux du monde (www.mineraux-du-monde.com)
- Handbook of mineralogy (www.handbookofmineralogy.org)
- Petrography Alex strekeisen (www.alexstrekeisen.it/english/index.php)
- Wikipédia Géologie (<https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9ologie>)
- Gryphea minéraux et roches (www.gryphea.org/fr/mineraux-des-roches/)
- Encyclopédie Universalis - minéraux (www.universalis.fr/recherche/mineraux/)
- Encyclopédie Universalis - roches (www.universalis.fr/recherche/roches/)
- Panorama des photos macroscopiques et microscopique des minéraux et des roches (<http://www.macromicrophoto.fr/petrography/index.html>)

INDEX MINERALOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE

Index minéralogique

Les silicates

<i>Minéral</i>	<i>page</i>	<i>Minéral</i>	<i>page</i>
Actinote	111	Muscovite	117
Agate	111	Orthose	117
Allanite	112	Prehnite	118
Amiante	112	Pyrophyllite	118
Andalousite	113	Quartz	119
Béryl	113	Talc	120
Chrysocolla	114	Titanite	120
Epidote	114	Tourmaline	121
Grenat	115	Vésuvianite	122
Hémimorphite	116	Wollastonite	122
Henritermierite	116		

Les non-silicates

<i>Minéral</i>	<i>page</i>	<i>Minéral</i>	<i>page</i>	<i>Minéral</i>	<i>page</i>
Acanthite	126	Djurleite	130	Mélonjosephite	162
Allargentum	127	Dolomite	148	Mispickel	132
Agardite	159	Erythrite	161	Molybdénite	132
Anglésite	152	Fluorine	137	Or	125
Apatite	160	Galène	130	Proustite	143
Aragonite	144	Gaudefroyite	149	Pyrite	134
Argent	123	Gœthite	140	Pyrolusite	133
Arhbarite	160	Graphite	124	Pyromorphite	162
Azurite	145	Gypse	155	Pyrrhotite	135
Barytine	153	Halite	138	Réalgar	135
Blende	127	Hausmannite	140	Roselite	163
Brochantite	154	Hématite	141	Rutile	143
Calcite	146	Imitérite	131	Scheelite	157
Cassitérite	139	Jacquesdietrichite	149	Scorodite	163
Célestine	154	Jouravskite	156	Vanadinite	164
Cérusite	147	Linarite	156	Sidérite	151
Chalcocite	128	Magnésite	150	Skuttérudite	136
Chalcopyrite	128	Malachite	150	Smithsonite	151
Cinabre	129	Magnétite	141	Stibine	136
Covellite	129	Manganite	142	Wolframite	157
Cuivre	124	Marcassite	131	Wulfénite	158
		Marokite	142		

Index pétrographique

Roches magmatiques

<i>Roche</i>	<i>page</i>
Aplite	191
Andésite	191
Basalte	192
Carbonatite	193
Diorite	193
Dolérite	194
Gabbro	194
Granite	195
Ignimbrites	196
Lamprophyre	196
Mestigmérite	197
Microgranite	197

<i>Roche</i>	<i>page</i>
Obsidienne	198
Pegmatite	198
Pépérite	199
Péridotite	199
Perlite	200
Phonolite	200
Pierre ponce	201
Pouzzolane	201
Rhyolite	202
Scories	202
Syénite	203
Tuf Volcanique	203

Roches sédimentaires

<i>Roche</i>	<i>page</i>
Anthracite	204
Arène granitique	205
Argile	205
Arkose	206
Brèche	206
Calcaire construit	207
Calcaire fossilifère	207
Calcaire oolitique	208
Calcarénite	208
Conglomérat	209
Diatomite	209
Dolomie	210
Grès	210
Gypse	211

<i>Roche</i>	<i>page</i>
Jaspe	211
Lumachelle	212
Marne	212
Onyx calcaire	213
Pélite	213
Phosphate	214
Poudingue	214
Psammite	215
Quartzite	215
Sable	216
Sel gemme	217
Silex	217
Siltite	218
Travertin	218

Roches métamorphiques

<i>Roche</i>	<i>page</i>	<i>Roche</i>	<i>page</i>
Amphibolite	219	Micaschiste	225
Cipolin	220	Migmatite	225
Cornéenne	220	Pyroxénite	226
Gneiss	221	Quartzite	226
Granulite	221	Schiste	227
Greisen	222	Schiste tacheté	227
Grenatite	222	Serpentinite	228
Idocrasite	223	Skarn	228
Leptynites	223	Talcschiste	229
Marbre	224	Wollastonitite	229

Roches ornementales

<i>Roche</i>	<i>page</i>
Marbre blanc veiné de Bou Acila « <i>Skyros Africain</i> »	234
Marbre blanc rosé à lamines et stylolites de Lakhsas	234
Marbre rouge violacé « <i>Rouge d'Agadir</i> »	235
Marbre rose granité de l'Oued Akrech	235
Marbre gris veiné de Tiflet « <i>Gris Lido</i> »	236
Marbre gris violacé à polypier de Benslimane	236
Marbre blanc veiné de Zayane	237
Marbre noir veiné de Khénifra	237
Marbre brun marron fossilifère d'Erfoud « <i>Dalle d'Erfoud</i> »	238
Marbre noir fossilifère de Tazzarine	238
Marbre vert bréchique de N'Kob-Taznakht	239
Marbre vert veiné de Ben Gueri « <i>Vert Chane</i> »	239
Ardoise gris-satiné d'Oulmès	240
Schiste gris-rouille de Zaër	240
Pierre jaune à beige de la région de Bejaâd/ Kasbet Troch	241
Pierre beige à grise de l'Oued Amlil « <i>Pierre de Taza</i> »	241
Calcarénite beige jaune de Rabat-Salé « <i>Pierre de Salé</i> »	242
Biocalcérénite de Bir Jdid « <i>Travertin de Bir Jdid</i> »	242
Calcaire crème de Saïss « <i>Travertin de Volubilis</i> »	243
Travertin beige de Taroudant « <i>Travertin de Roudani</i> »	243
Onyx ambré translucide d'Afra-Aguelmous	244
Grès rouge brique de l'Ourika	244
Granite rose de Tafraoute	245
Granite gris argenté d'Oulmès « <i>Gris Pharaon</i> »	245
Basalte vacuolaire noir d'Azrou « <i>Pierre Volcanique</i> »	246



Le Maroc se distingue par la richesse exceptionnelle de son patrimoine minéralogique. Parmi les minéraux rares et uniques découverts dans ses mines figurent la marokite, l'imitérite et l'agardite, identifiées pour la première fois sur son territoire. En plus, le royaume abrite une grande diversité de roches, bien réparties à travers ses différents domaines structuraux. Ce patrimoine minéralogique et pétrographique, d'une valeur inestimable, mérite d'être préservé, valorisé et rendu accessible aussi bien aux citoyens marocains qu'aux visiteurs étrangers.

C'est dans cette perspective qu'a été conçu l'**Atlas des Minéraux et Roches du Maroc**, un ouvrage qui se veut à la fois pédagogique et informatif. Il se distingue par ses illustrations riches et de haute qualité, mettant en lumière les principales espèces minérales et variétés de roches caractéristiques du pays. Ces illustrations sont accompagnées de descriptions détaillées des propriétés des minéraux et des roches, ainsi que d'informations générales sur leur mode de formation, leur contexte géologique et leur répartition géographique.

S'appuyant sur les classifications scientifiques les plus reconnues, cet atlas adopte un langage clair et accessible afin de toucher un public aussi large que possible. Il aspire à constituer un outil pratique et incontournable pour explorer, reconnaître et apprécier la richesse géologique du Maroc.



ISBN : 978-9954-716-29-8

