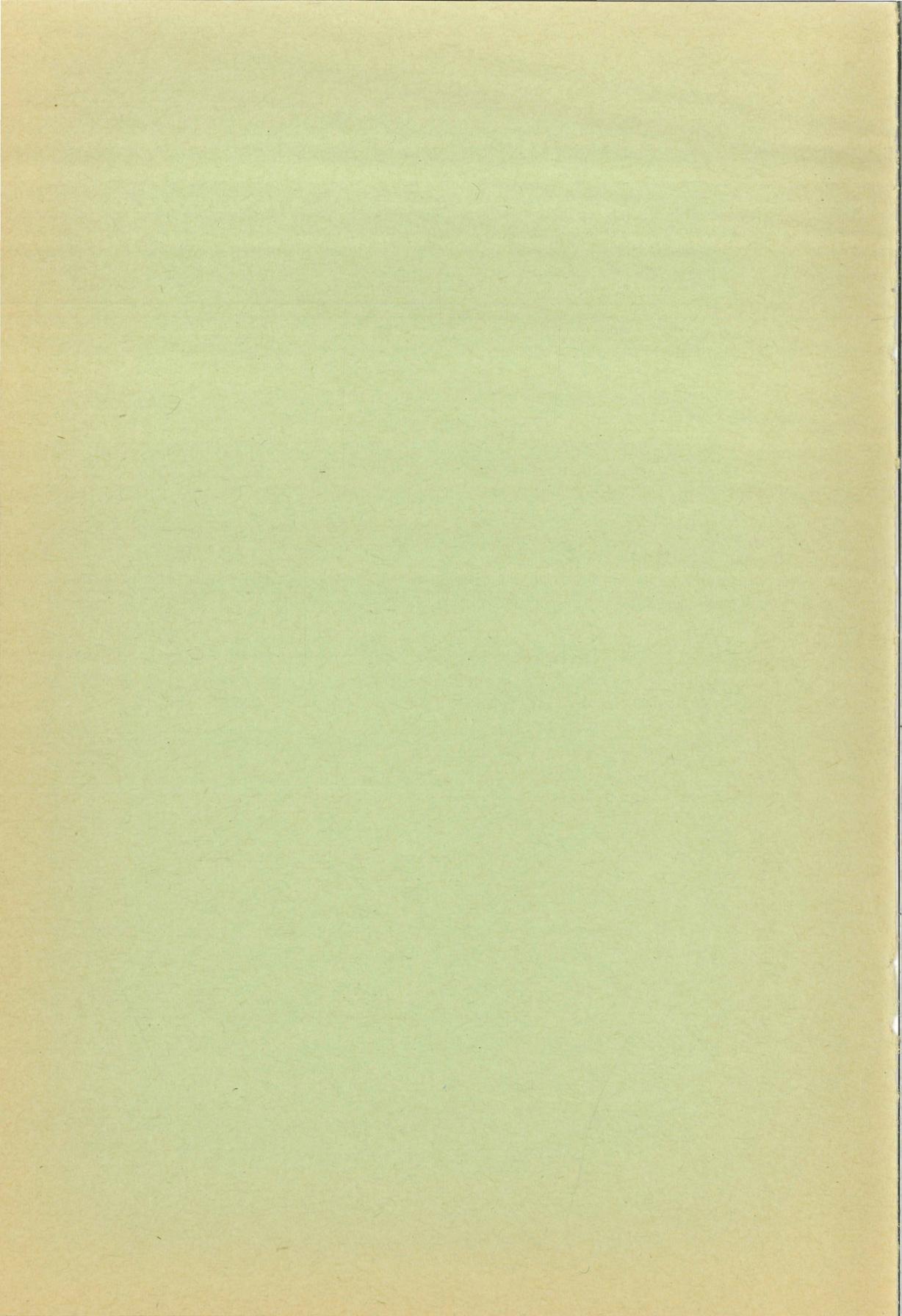


# RELAIS GEOLOGIQUES

RECUEIL DE TEXTES ACCOMPAGNANT  
LES EXPOSITIONS ORGANISEES A  
L'OCCASION DU

CENTENAIRE  
DE LA  
SOCIETE GEOLOGIQUE  
DE  
BELGIQUE



# RELAIS GEOLOGIQUES

RECUEIL DE TEXTES ACCOMPAGNANT  
LES EXPOSITIONS ORGANISEES A  
L'OCCASION DU

CENTENAIRE  
DE LA  
SOCIETE GEOLOGIQUE  
DE  
BELGIQUE



La Société Géologique de Belgique tient à remercier les organismes qui ont permis l'édition de cette brochure :

Les Amis de la Société Géologique de Belgique

L'Association des Maîtres Marbriers de la Région Liège, Huy, Waremme

L'Association des Maîtres Tailleurs de Pierre de la Région Liège, Huy, Waremme

La Banque de Bruxelles

La Banque de Schaetzen

La Banque Lambert

La Banque Nagelmakers

La Caisse Générale d'Epargne et de Retraite

Le Crédit Liégeois

Le Grand Bazar de Liège

Le Groupement des Carrières et Exploitation de Petit Granit de Liège, Namur, Luxembourg

La Société Générale de Banque.

## SPLENDEURS DU MONDE MINERAL.

Exposition organisée à la SOCIETE GENERALE DE BANQUE en collaboration avec les Collectionneurs privés, l'Université de Liège et l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Bruxelles.

Depuis longtemps, les minéraux suscitent l'intérêt des amateurs; leurs belles couleurs, leurs formes variées et souvent curieuses expliquent que déjà au 18ème siècle, nombre de cabinets d'histoire naturelle comportaient une section réservée à la minéralogie. Cependant, on n'en connaissait que bien peu de choses : parfois la composition chimique, parfois aussi certaines propriétés géométriques ou physiques. Il fallu attendre la fin du 18ème siècle pour qu'un savant français, l'Abbé Haüy, considéré aujourd'hui encore comme le père de la cristallographie, établisse un certain nombre de lois fondamentales :

1. malgré leur diversité, les cristaux peuvent être rangés en 7 catégories - ou systèmes cristallins - qui diffèrent entre elles par des propriétés de symétrie.

2. Contrairement aux apparences, le nombre de formes cristallines est limité, et chaque espèce peut se caractériser par certaines constantes qui peuvent se calculer à partir des angles que les faces font entre elles.

3. Enfin et surtout les molécules qui composent les cristaux sont disposées très régulièrement à l'intérieur de ceux-ci, constituant un édifice particulièrement harmonieux (appelé réseau) et caractéristique du minéral envisagé.

A partir de ces lois, s'est édifiée peu à peu la cristallographie. Les progrès ultérieurs de la chimie, de l'optique, de la radiocristallographie, etc. ont permis l'établissement des théories modernes qui ont poussé l'étude des cristaux dans de multiples développements.

Quelle différence cachent les deux mots CRISTAUX et MINERAUX ? En principe, il n'y a pas ou presque pas; on réserve généralement le nom de "minéraux" aux corps que l'on trouve dans la nature, tandis que de nombreux "cristaux" sont artificiels. La plupart des minéraux sont cristallisés et leur étude relève de la cristallographie; quelques minéraux ne sont cependant que crypto-cristallins (la calcédoine, le jade) tandis que certains sont dits "amorphes" (l'opale).

On peut se demander pourquoi certaines minéraux montrent de magnifiques colorations, tandis que d'autres sont incolores ou presque. Il est difficile en quelques mots d'expliquer ces variations; disons simplement que beaucoup de couleurs sont dues aux éléments chimiques constitutants; les minéraux de fer, de cuivre, etc. sont généralement richement colorés même dans les produits de laboratoire. Il est d'autres cas où les composés sont diversement colorés alors que théoriquement ils devraient être incolores; on attribue ce fait à plusieurs causes : la plus fréquente résulte de la présence "d'impuretés" dans les fluides d'où sont issus les cristaux, impuretés qui se fixent dans les minéraux lors de la cristallisation. C'est ainsi que le quartz, constitué de silice et d'oxygène, est le plus souvent incolore; pour peu qu'il contienne certains atomes étrangers il va se colorer : en violet s'il contient du manganèse (quartz améthyste), en brun s'il contient du fer (quartz rubigineux), etc. Il arrive encore que des interférences de charges électriques - dues à la présence d'éléments en trace dans des trous (appelés "lacunes") de l'édifice moléculaire - soient à l'origine même de la coloration; c'est par exemple le cas des fluorines vertes, violettes ou bleues.

Pour terminer, disons que les minéraux les mieux cristallisés réclament une cristallisation lente et se forment le plus souvent

1. à froid lorsque des solutions salines viennent précipiter leur contenu minéral dans certaines cavités des roches (géodes) ou plus spécialement

2. à chaud à partir de fluides accompagnant des phénomènes magmatiques donnant lieu à des roches particulières : les pegmatites.

Bien que les fossiles soient connus depuis la plus haute antiquité et que le terme ait été créé en 1546 par Agricola, la paléontologie est elle aussi une science très récente qui naquit dans la deuxième moitié du 18ème siècle pour s'épanouir au 19ème siècle. C'est pourquoi le mot "paléontologie" (palaios --- ancien; ontos --- être; logos --- étude) n'apparaîtra qu'en 1825 sous la plume du français de Blainville.

Les fossiles sont des vestiges diversement modifiés, voire des traces d'organisme, qui ont vécu à l'endroit où nous les trouvons ou qui y ont été amenés par des courants, pour finalement être enfouis au sein des sédiments.

La fossilisation constitue en réalité un phénomène assez exceptionnel qui nécessite des conditions d'environnement particulières, pour que soit préservée la trace d'un organisme; et si de nombreuses roches semblent ne renfermer aucun fossile, cela ne vaut nécessairement pas dire que les eaux au sein desquelles se sont déposés les sédiments originels étaient dépourvues de vie.

Dans la très grande majorité des cas, seules les parties dures (coquilles, tests, os, etc.) des organismes sont conservées. L'ancienneté et les événements géologiques rencontrés par ces vestiges au cours de leur enfouissement déterminent l'état dans lequel ils nous parviennent. Ainsi, dans des terrains relativement récents, certains tests nous parviendront presque intacts avec leur couleur et leur constitution originelles. Dans la majorité des cas cependant, les vestiges ont subi de multiples phénomènes chimiques ayant abouti à leur "pétrification". Dans le cas d'organismes à test calcaire, la pétrification résulte du dépôt de sels divers dans les vides du squelette et de la recristallisation de celui-ci vers des calcites minérales (les calcites organiques deviennent instables à la mort des organismes et tendent à se réorganiser en calcite minérale). En première approximation, ces phénomènes sont analogues à ceux qui transforment les sédiments meubles au sein desquels les organismes ont été enfouis, en une roche dure que nous martelons aujourd'hui.

Dans des cas plus complexes, il y a substitution des composants organiques par divers minéraux; c'est ainsi que l'on obtient des fossiles pyritisés (sulfure de fer) ou silicifiés. Dans ce dernier cas, la substitution peut être tellement intime que la structure même des tissus est préservée: c'est le cas de certains troncs silicifiés qui ont conservé intacte, pendant plusieurs dizaines de millions d'années, leur structure tissulaire figée par la silice.

Il arrive encore que les squelettes primitifs aient été complètement dissous pour ne laisser dans la roche que des cavités en forme de moule externe du test; si l'on coule une résine plastique dans ces cavités, on peut obtenir après dissolution de la roche, une reproduction fidèle du squelette. L'inverse existe aussi lorsque les coquilles se remplissent de vase au moment de l'enfouissement; si elles subissent une dissolution ultérieure, le fossile que l'on récoltera sera le moule interne du test.

Il existe encore d'autres modes de fossilisation; ainsi, lorsque des organismes (pois-

sons, plantes, etc.) sont enfouis rapidement dans un sédiment pauvre en oxygène, les matières organiques sont lentement détruites pour ne laisser qu'un résidu de carbone qui nous apparaîtra telle une empreinte reproduisant la morphologie de la feuille ou de la fougère originale.

Des empreintes fossiles peuvent s'imprimer directement si, à un moment de leur vie ou à leur mort, certains organismes viennent à gésir sur des fonds vaseux en milieu très calme. La morphologie externe de l'organisme s'imprimera ainsi à tout jamais dans la vase, tel un sceau.

Grâce aux fossiles, l'homme a pu suivre les différentes formes de vie qui se sont succédées sur terre depuis plus de 3 milliards d'année, et entre apercevoir ainsi son origine historique. Outre cela, les fossiles présentent un double intérêt pour le géologue.

1. Etant donné l'irréversibilité de l'évolution, on a pu établir des tableaux de plus en plus complets des successions fauniques et floristiques. Ces tableaux sont des calendriers qui nous permettent d'établir l'âge relatif des terrains. Ils nous permettent en plus de reconnaître les terrains de même âge par de là des océans.

2. Qu'ils soient d'origine terrestre ou marine, les fossiles, une fois leur écologie connue, nous permettent de reconstituer les anciens paysages dans lesquels ils ont vécu et par là les milieux dans lesquels se sont formés les sédiments qui les contiennent.

Ainsi, les aboutissements paléontologiques nous permettent-ils de découvrir la plus grandiose des projections de diapositives jamais réalisées, montrant la succession ininterrompue de 3,5 milliards d'années d'essais et d'erreurs dans le façonnement des formes de vie mais encore de 3,5 milliards d'années de paysages terrestres et marins se succédant inlassablement au fil du temps.

J. MELON - Cl. MONTY  
Université de Liège.

## GEMMES ET PIERRES PRECIEUSES.

Exposition organisée à la **BANQUE NAGELMAKERS** en collaboration avec la Société Belge de Gemmologie.

La Gemmologie ou la Science des pierres précieuses.

**GEMME** : synonyme de pierre précieuse; définition du dictionnaire que je voudrais moins brève car elle n'évoque pas la richesse inouïe des gemmes, ni l'étendue de leur variété.

Que sont donc ces pierres précieuses dont la diversité de couleur désarme le non-connaisseur ? Ce sont des minéraux rares, présentant une certaine dureté et qui sont utilisés comme parures, compte tenu de leur particulière beauté, de leur couleur et de leur brillance. La pierre précieuse se distingue avant tout par son éclat, par la beauté de son colori et par l'intensité de son feu, la subtile profondeur de son eau n'est pas la moindre de ses qualités et sa dureté lui confère la conservation, plus qu'aucune autre matière.

Le gemmologue, ou plus exactement le gemmologiste, est le spécialiste en pierres précieuses qui les étudie, les connaît et les "reconnait". C'est donc à lui que l'on fera appel pour les identifier les authentifier et partant, les diversifier.

La gemmologie n'est pas une science fondamentale, mais plutôt une synthèse qui fait intervenir la chimie, la physique, la géologie ou la minéralogie, c'est donc une science naturelle qui possède pourtant des lois propres, entr' autre celle du respect de l'intégrité des échantillons examinés. Néanmoins les spécialistes font des observations aussi précises que celles du physicien, du chimiste ou de l'astronome, mesurant le cheminement de la lumière à l'aide du réfractomètre, la densité à l'aide de liquides ou de balances, déterminant leur composition chimique par le spectre et identifiant l'histoire de leur naissance par l'étude microscopique des inclusions qu'elles recèlent, enfin décrivant grâce à leur expérience, et en partie du moins, les conditions dans lesquelles les pierres précieuses se sont formées.

Pendant les siècles de confusion qui suivirent la chute de l'Empire romain en Occident, les rares notions gemmologiques contenues dans des oeuvres comme celles de Pline et de Théophraste furent ignorées ou oubliées. C'est seulement treize siècles plus tard que l'homme se préoccupe à nouveau de l'origine, de la classification et de la structure de ces corps. Mais à toutes les époques, il y avait une sorte de gemmologie souterraine, une connaissance technique des pierres précieuses; ceux qui l'avaient étaient des gens simples, en général illettrés, qui n'écrivaient pas de livres et ne formulaient pas de théories. Gagnant leur vie à travailler les minéraux, ils transmettaient à leurs enfants ou à leurs apprentis un savoir-faire durement acquis.

Les écrivains anciens avaient peu de contacts pratiques avec les pierres précieuses, leurs oeuvres contenaient beaucoup de légendes et bien peu d'observations originales. Au XIVème siècle par exemple, Albert le Grand dans son "Histoire Naturelle" dont cinq volumes sont consacrés aux minéraux, qualifie de "précieuses" les pierres qui confèrent des pouvoirs surnaturels à ceux qui les portent, expliquant pourquoi l'une d'elle peut rendre invulnérable et l'autre faire passer l'ivresse. Bien que très inexact et dépourvu d'informations de première main, l'ouvrage d'Albert le Grand était le meilleur de son temps, il nous donne une idée assez exacte de l'état des connaissances vers la fin du Moyen-Age.

Le livre De Re Metallica de Georgius Agricola en 1546, marque la fin de l'âge des ténèbres pour la minéralogie et donna le ton à l'étude de cette science où l'on verra des publications de plus en plus originales par des savants tels Nicolas Sténon en 1669 ou René Haüy en 1784. L'ère moderne commence avec les études de Max von Laue en 1912.

**LA COULEUR** d'une pierre précieuse est peut-être la caractéristique la plus fluctuante et la plus constante, la plus observée et pourtant la moins bien comprise. Pour les anciens c'était en elle que résidait surtout la puissance magique d'une pierre et l'Homme de Néanderthal répandait sur ses morts de l'hématite pulvérisée pour leur redonner la couleur chaude de la vie. Les minéraux ont servi de pigment depuis presque aussi longtemps qu'ils ont fourni la matière d'outils et d'armes, et le charme des pierres précieuses dépend toujours dans une large mesure, de leur couleur.

Chez certaines pierres précieuses, elle est aussi constante et caractéristique que leur composition chimique. Ainsi les malachites sont toujours vertes et le lapis-lazuli toujours bleu. Par contre, la plupart des pierres précieuses sont en fait incolores et pourtant leurs variétés teintées sont souvent les plus communes et les plus connues. Ce sont les pigments métalliques qui par leur présence, constituent l'âme qui donne la vie de la couleur, ils n'en sont pas l'armature cristalline. C'est encore un miracle de la nature qui se réalise dans cette chatoyante variété de couleurs, jamais reproduite par la palette du plus grand des peintres.

Le rubis rouge est frère jumeau du saphir bleu, étant tous deux corindons, d'autres saphirs sont roses, jaunes, orangés, verts ou violets. La famille des béryls comprend l'émeraude verte, mais aussi l'aigue-marine bleu pâle, la morganite rose, l'héliodore couleur absinthe et le béryl doré. Nous sommes conviés au sein de chacune des familles de pierres précieuses à un festival de couleurs diverses et étonnantes que l'on peut illustrer par des exemples encore plus frappants : la topaze connue pour sa couleur jaune peut être aussi rose, ou bleue, ou incolore et le grenat qui définit une couleur rouge-brunâtre dans le langage courant existe en exemplaires jaunes, violets ou ... verts.

**MAGICIENNE DE LA COULEUR** : Les pouvoirs de la pierre précieuse sont multiples et magiques mais c'est surtout quand le moindre rayon lumineux la touche qu'ils se manifestent car la gemme réfracte, disperse et réfléchit la lumière, elle absorbe certains rayons, en filtre une partie, les dédouble parfois, les restituent complètement transformés.

Cette mystérieuse réfraction qui brise et dévie les rayons lumineux est si spécifique aux cristaux qu'elle constitue un des meilleurs moyens d'identification pour le gemmologiste. L'ampleur du changement de direction varie selon chaque corps et s'exprime par un chiffre, appelé indice de réfraction, que le gemmologiste peut alors mesurer avec précision.

**POIDS SPECIFIQUE** : Mis à part les métaux, les minéraux et donc les pierres précieuses, sont parmi les matières les plus lourdes qui nous entourent. Tout un chacun peut se rendre compte qu'un seau d'eau pèse plus lourd qu'un seau de plumes. A volume

égal donc, les corps possèdent un poids propre à chacun d'eux : c'est le poids spécifique. L'attraction du contact physique avec les pierres précieuses est indéniable : sentir au creux de la main la pression d'un minéral que l'on y fait rouler procure une sensation de sécurité et la joie de le posséder.

Les rubis, les saphirs sont parmi les plus lourds, puis vient le diamant. L'émeraude a un poids spécifique qui n'atteint pas les trois quarts des premiers, les quartz (améthyste, citrine) sont encore plus légers et l'opale ne représente plus que deux fois le poids de l'eau pure.

Le spécialiste peut, soit par la pesée hydrostatique, soit par l'emploi de différents liquides, déterminer le poids spécifique des gemmes qu'il examine.

**LES MERVEILLEUSES INCLUSIONS** : Hormis le diamant pour lequel elle joue un rôle prépondérant, la pureté d'une gemme, surtout quand elle est bien colorée, n'est pas exigée.

L'on peut dire en général qu'il existe un type d'inclusions propre à chaque famille de pierres précieuses puisqu'elles ne sont, après tout, que l'empreinte de leur genèse. En personnalisant chaque pierre elles ajoutent à leur charme comme le ferait un grain de beauté pour un ravissant visage.

Elles sont pareilles au jardin dans l'émeraude, elles reproduisent le reflet moiré de la soie dans le rubis et le saphir, elles créent le velours pourpre de certains grenats. Les figures lumineuses, comme le reflet propre à l'oeil de chat ou l'arc-en-ciel fulgurant de l'opale, seraient inexistantes sans elles. Parfois incisives comme un couteau ou harmonieuses comme l'envol d'un oiseau fantastique, les inclusions sont le livre ouvert dans lequel le gemmologiste lira l'histoire de la naissance des pierres précieuses, qui lui procura la preuve de leur authenticité.

Fait de découvertes journalières, le passionnant travail du gemmologiste met en oeuvre la sagacité du détective jointe aux connaissances scientifiques solides des matières qu'il expertise.

**H. MORNARD.**

Directeur du Laboratoire de Contrôle et d'Expertises des pierres précieuses.

## NATURE X 10.000.

Ou la révélation de l'infiniment petit.

Exposition organisée au CHATEAU DE COLONSTER (Tilff) en collaboration avec le Museum d'Histoire Naturelle de Paris et l'Université de Liège.

## LE MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE.

La découverte du microscope électronique à transmission (strict analogue du microscope ordinaire de laboratoire, mais travaillant à des longueurs d'ondes de loin inférieures, de l'ordre de 0,4 Angström soit 10.000 fois plus courtes que celles de la lumière visible), avait permis à la science de faire des progrès énormes en nous révélant l'ultra-structure de tissus, d'organes, de cellules, de roches, etc. Les performances du microscope électronique à transmission nous permettaient en effet de partir des grossissements limites du microscope conventionnel (environ 1000 X) pour atteindre des grossissements de plusieurs dizaines ou centaines de milliers de fois.

Ce microscope présentait cependant un certain nombre de limitations puisqu'il ne permettait que l'observation de préparations extrêmement minces, c'est-à-dire de tranches d'objets ne dépassant pas 500 Angströms. Comme le microscope conventionnel, il ne permettait d'obtenir que des vues en plan, en deux dimensions, étant donné que la limitation de la profondeur de champs ne permet de mettre au point que sur un seul plan à la fois.

On comprendra dès lors la révolution scientifique qu'amena la découverte du microscope électronique à balayage (dont le nom est souvent abrégé en SEM - Scanning Electron Microscope - ou encore SCAN, des quatre premières lettres du nom Anglais). Ce dernier permet en effet l'observation directe, et en trois dimensions, d'objets entiers,

et ce à des grossissements allant de quinze fois à un million de fois (le maximum optimal étant cependant de 20.000 fois). Ce fut soudain le monde de l'infiniment petit qui s'ouvrit à nous; grâce à lui, nous pouvions découvrir la morphologie et l'organisation globale des microorganismes, l'aspect en trois dimensions de particules chimiques ou sédimentaires ultra-petites, l'allure de la surface de certains corps (cristaux, aciers, alliages, etc.).

Bien que le principe en fut connu depuis fort longtemps (les premiers SCAN furent construits en Allemagne vers 1930), ce n'est qu'en 1966 que le Département d'engineering de l'Université de Cambridge a pu commercialiser les microscopes à balayage.

Hormis le cas de tissus biologiques, qui demandent une certaine préparation préalable destinée à fixer les cellules pour éviter ainsi qu'elles ne se détruisent dans le vide poussé du microscope, l'examen des échantillons est très aisé. Les échantillons naturellement conducteurs de l'électricité sont simplement collés sur un porte-objet et placés dans le microscope. Quant aux échantillons non conducteurs, il suffit de vaporiser à leur surface une mince pellicule (50-100 Angström) métallique (d'or ou d'un mélange or-palladium) qui assurera un potentiel électrique constant à l'échantillon.

Pourquoi "à balayage" ?

Dans les microscopes à transmission, qu'ils utilisent la lumière visible (environ 4000 Angströms) ou des radiations à très courte longueur d'onde (microscope électronique), le spécimen est "illuminé" partout au même moment; l'image que l'on observe dans l'oculaire du microscope ordinaire, ou sur l'écran fluorescent du microscope électronique, est le résultat de la manière dont l'énergie incidente est absorbée par le spécimen et transmise vers l'observateur.

Le microscope à balayage est essentiellement quant à lui un minisystème de télévision en circuit fermé de grande complexité. Le spécimen y est en effet balayé point par point, ligne par ligne, comme en télévision, par un faisceau d'électrons focalisés; l'image se forme donc point par point et ce que nous observons est l'intégrale des points balayés; le fait que nous observions une image globale résulte de la rapidité du balayage et du phénomène de persistance

lumineuse de l'impact électronique sur l'écran fluorescent.

Si sur l'échantillon, on balaye ligne par ligne un carré de 0,1mm de côté et si sur l'écran d'observation le carré correspondant a 10cm de côté, nous observerons une image agrandie 1000 fois. En changeant l'aire de la plage balayée tout en maintenant constantes les dimensions fixées de l'écran d'observation nous changerons le grandissement de l'objet examiné.

**PRINCIPE DU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE.**

Le principe de base en est relativement simple : un faisceau d'électrons accélérés au sortir d'une source émettrice balaye la surface de l'objet à examiner; il y provoque l'émission d'électrons secondaires - ou rétrodiffusés - qui sont utilisés par un collecteur pour en former une image agrandie sur un oscillographe cathodique.

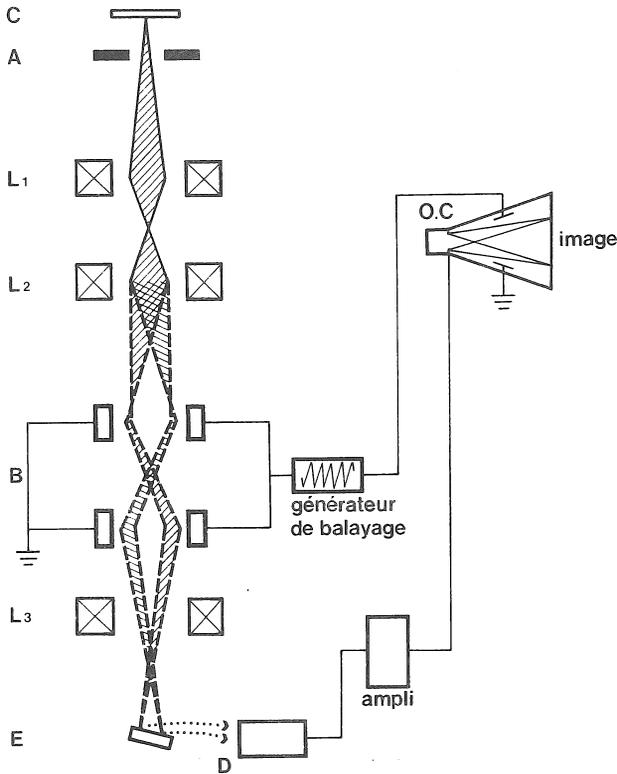


Schéma du principe du microscope électronique à balayage

L'appareil comporte en principe un canon à électrons composé d'une cathode au tungstène (C) fortement négative et émettant le faisceau électronique; celui-ci, fortement accéléré par une anode (A) possède une énergie réglable entre des valeurs de 1 à 50 keV en pratique. Un système de lentilles magnétiques ( $L_1$ ,  $L_2$ ) réduisent la largeur du faisceau électronique et permettent de régler son intensité.

Un système de bobines de déflexion (B) permet de commander le balayage du faisceau que la dernière lentille ( $L_3$ ) focalise en une véritable sonde électronique, aussi ponctuelle que possible, à la surface de l'échantillon (E).

Lorsque les électrons primaires du faisceau incident percutent l'échantillon, ils y provoquent l'émission d'électrons secondaires dont la quantité varie avec la géométrie et les diverses particularités du spécimen. Les électrons secondaires sont recueillis ensuite par un détecteur ou col-

lecteur (D). Ce dernier envoie finalement le signal vers un amplificateur et de là, sur l'oscilloscope cathodique (O.C.) où se formera l'image, le balayage de l'oscilloscope étant synchronisé avec celui du faisceau incident du microscope.

Remarque finale :

Le microscope à balayage est un outil fondamental qui a révolutionné de très nombreux domaines de la recherche et les développements qu'on y apporte, les accessoires qu'on y adjoint (compteur de particules, analyse chimique ponctuelle, etc.) ne feront qu'étendre son champ d'action. Malgré cela, il n'en reste pas moins vrai que dans de nombreux domaines, le microscope électronique à transmission reste un outil complémentaire d'une valeur inestimable.

Cl. MONTY.  
Université de Liège.

## L'HOMME FOSSILE.

Exposition organisée à la BANQUE DE SCHAETZEN en collaboration avec l'Université de Liège.

### La Belgique et la Paléontologie Humaine.

Trois découvertes ont permis à la Belgique d'occuper une place importante dans l'histoire de la Paléontologie Humaine.

La première eut lieu à Engis, près de Liège, au début du dix-neuvième siècle. Elle eut pour auteur un médecin établi à Liège, Philippe-Charles Schmerling, né à Delft en 1791, mort à Liège en 1836. Celui-ci avait entrepris de fouiller les cavernes de la province de Liège. Le hasard l'y avait incité. S'étant rendu à Chokier auprès d'un ouvrier malade, il surprit les enfants de cet homme à jouer avec des os d'un aspect inhabituel provenant d'une excavation ouverte dans la carrière voisine. Il venait ainsi de découvrir la première grotte à ossements fossiles de Belgique. Enthousiasmé par cette trouvaille, il procéda à des recherches systématiques dans une quarantaine de grottes, récoltant les restes de plus de soixante espèces animales, et de nombreux témoignages de l'ancienneté de l'homme.

Au cours de ses remarquables investigations, Schmerling observa que le plancher stalagmitique des grottes recouvrait des dépôts renfermant des restes d'espèces disparues comme le mammouth et d'espèces encore vivantes telles que le loup et le sanglier. Il remarqua que les restes humains trouvés dans ces grottes étaient dans le même état de conservation que les ossements d'animaux anciens auxquels ils étaient associés, qu'ils avaient même couleur, se trouvaient pareillement dispersés et parfois si roulés et éparés qu'il fallait exclure l'idée de leur ensevelissement intentionnel. Ainsi ne pouvait-on douter qu'ils eussent été enfouis en même temps et par les mêmes causes que les restes des espèces éteintes.

Dans la grotte d'Engis, la plus célèbre de celles qu'il a explorées, Schmerling exhuma, en 1830, deux crânes provenant de niveaux différents, l'un d'enfant (aujourd'hui appelé Engis I) enfoui tout à côté d'une dent de Mammouth, l'autre d'un adulte (Engis II)

trouvé à 1,50 mètres de profondeur dans un dépôt contenant des dents de rhinocéros, des os de cheval, de renne et de quelques ruminants. Tandis que le second de ces crânes appartient à une variété fossile de l'homme moderne, le premier s'est révélé plus tard (Charles Fraipont, 1936) ressortir au type néanderthalien, dont il est ainsi le premier reste à avoir été découvert. Bien que d'autres avant lui (Esper en 1771, Buckland en 1823) ou vers la même époque (Tournal) aient trouvé des ossements humains associés à des restes d'animaux disparus, Schmerling fut le premier à démontrer par des arguments incontestables l'existence de l'homme fossile. On peut à bon droit le tenir pour le fondateur de la Paléontologie Humaine.

La seconde découverte faite en Belgique et qui a joué un rôle significatif dans l'histoire de la Paléontologie Humaine est celle du fragment de mandibule trouvé en 1865 par le géologue Edouard Dupont dans la caverne dite du Trou de La Naulette, sur la rive gauche de la Lesse, près de Dinant. Cette pièce, comme les crânes mis au jour par Schmerling, était associée à des os de mammifères éteints. Elle était donc très ancienne. De plus, elle offrait des traits fort primitifs, et se caractérisait notamment par l'absence de menton. Six ans après la publication du célèbre ouvrage de Darwin sur l'origine des espèces, elle apportait le premier fait anatomique que l'on put interpréter suivant les perspectives tracées par la pensée de l'illustre naturaliste anglais quant aux origines de l'homme.

Mais plus encore que la découverte de La Naulette, celle de Spy devait avoir un retentissement considérable. Spy est une localité voisine de Namur. Dans les dépôts édifés à l'entrée d'une grotte ouverte au flanc de la vallée de l'Orneau, le géologue Max Lohest et le préhistorien Marcel De Puydt devaient exhumer, au mois de juin 1886, les restes de trois individus : deux sujets adultes et un enfant dont ne fut retrouvée qu'une portion de tibia. Les deux sujets adultes, connus sous les vocables de Spy I et Spy II, étaient représentés par des crânes relativement complets et d'assez nombreux éléments du squelette. L'intérêt de cette découverte fut mis en évidence par la belle monographie de Julien Fraipont et de Max Lohest (1887). Cette étude, en effet, établissait de manière certaine l'ancienneté du gisement, attestée par la succession des dépôts, la présence d'espèces disparues et celle d'un outil-

lage lithique de facture moustérienne. Elle montrait la ressemblance des hommes de Spy avec celui du Néanderthal, dont on ne connaissait guère alors qu'une calotte crânienne trouvée en 1856 près de Dusseldorf et objet de controverses passionnées. Elle mettait fin à ces controverses et prouvait, de manière irrécusable, l'existence d'un ancien type humain très différent

de l'homme actuel et premier jalon d'une histoire paléontologique de l'humanité.

Avec la découverte de Spy, la Paléontologie Humaine, dont les premières démarches furent lentes et difficiles, allait connaître enfin son véritable essor.

G. UBAGHS.  
Université de Liège.

## L'UTILISATION DE LA PIERRE AUX TEMPS PREHISTORIQUES.

Exposition organisée au CREDIT LIEGEOIS en collaboration avec l'Université de Liège.

Parmi les matières premières mises par la nature à la disposition de l'homme, pour la confection de son outillage et de son armement, la pierre semble avoir été le matériau le plus communément utilisé aux temps préhistoriques. En fait, cette prééminence n'est que la conséquence de la destruction, au cours des âges, de la plupart des matières d'origine animale ou végétale. C'est ainsi que le bois, qui fut certainement employé, notamment pour la confection d'épieux, ne s'est conservé qu'exceptionnellement, à la suite d'une carbonisation par le feu ou par une protection spéciale en milieu salin ou tourbeux. Quant aux objets en os, dont les témoins sont heureusement plus fréquents, il a cependant fallu des conditions favorables de fossilisation pour qu'ils parviennent jusqu'à nous. Seuls, les instruments en pierre se sont, en général, intégralement conservés. Leur étude, jointe, d'une part, aux connaissances acquises par des expériences modernes de taille et, d'autre part, à l'observation des techniques encore en usage chez certaines peuplades primitives, a permis aux préhistoriens de reconstituer les procédés de fabrication utilisés à L'Age de la Pierre.

Pour la confection de ses instruments, l'homme préhistorique a essentiellement porté son choix sur des roches dures et "cassantes", dont il était aisé de détacher, par choc, de grandes esquilles utilisables (éclats et lames). Le silex, que l'on trouve en abondance dans les roches calcaires, sous forme de concrétions noduleuses (rognons) ou litées (bancs ou plaquettes), fut son matériau de prédilection mais il a aussi utilisé les quartzites, les jaspes, les cherts, parfois même le quartz et, là où elle se rencontre, l'obsidienne, sorte de verre noir d'origine volcanique se prêtant particulièrement bien à la taille.

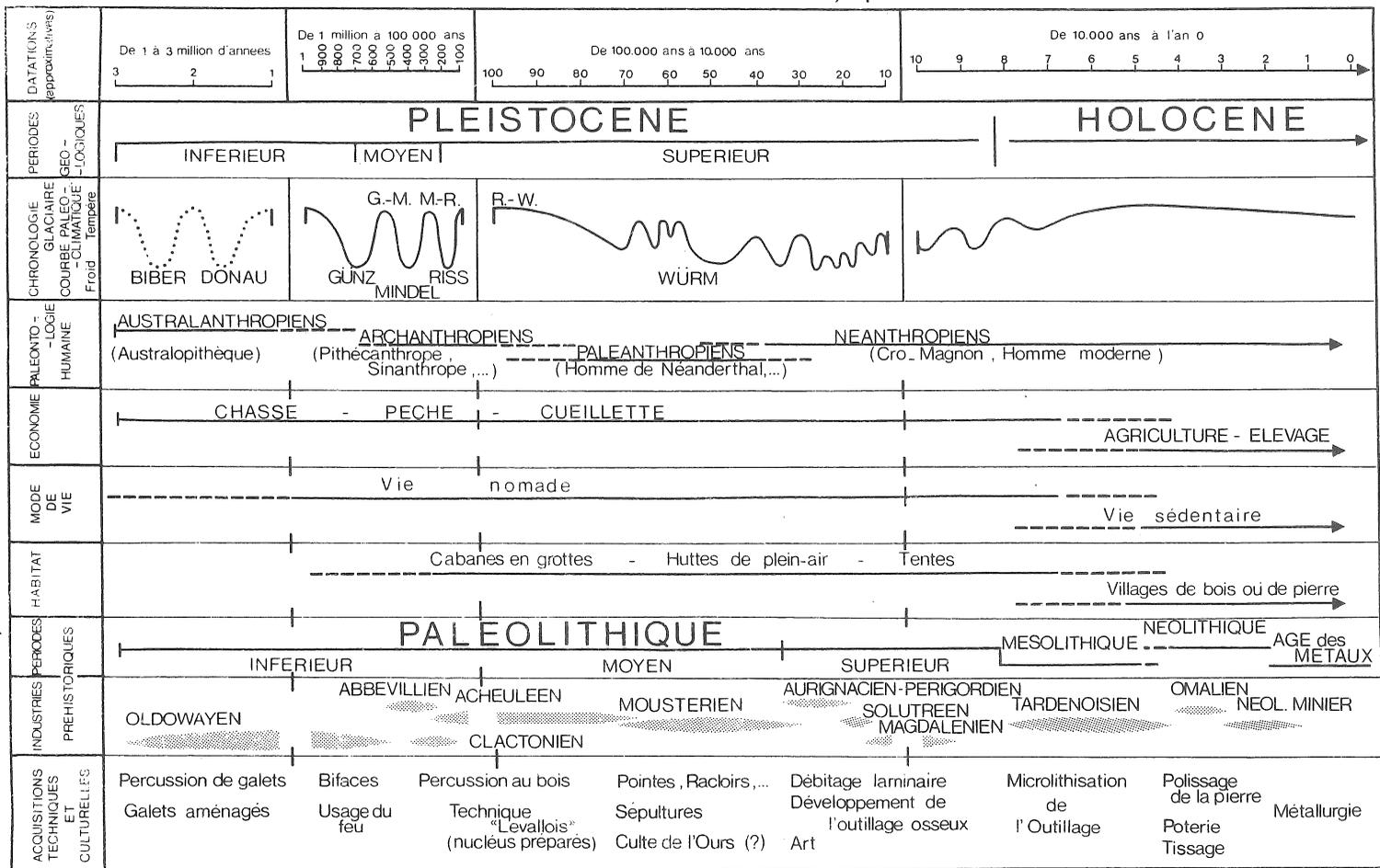
Plus tardivement, l'homme a également eu recours à des roches dites "tenaces", sur lesquelles le choc ne produit qu'un écrasement local ou l'enlèvement de petits fragments. C'est ainsi, notamment, que les diorites et les gabbros ont servi fréquemment à la confection de haches polies.

Selon les caractéristiques de la roche utilisée, les méthodes de travail ont, bien entendu, varié. Pour la taille des roches dites cassantes, c'est la méthode par percussion qui semble avoir été la plus fréquemment utilisée. Cette percussion a pu s'effectuer soit en frappant directement le bloc à débiter avec une pierre (percuteur "dur") ou avec un rondin de bois, un os long ou une corne (percuteur "doux"), soit en interposant un ciseau d'os ou de bois dur entre la pierre à tailler et le percuteur, ce qui permettait d'accroître la précision du débitage. Par les premiers explorateurs du Mexique, nous savons, d'autre part, que les indigènes taillaient l'obsidienne par pression pectorale, à l'aide d'une grande pièce de bois sur laquelle ils appuyaient de tout leur poids, le bloc de matière première étant maintenu fermement entre les pieds. Les lames d'obsidienne longues et fines, qui sont parvenues jusqu'à nous, ont sans doute été obtenues par ce procédé. Quant aux roches "tenaces", leur façonnage comportait normalement deux phases : un dégrossissage préalable, le plus souvent réalisé par "bouchardage", c'est-à-dire par coups de percuteur frappés perpendiculairement à la surface de la pierre, confère à l'objet sa forme générale. Vient ensuite le polissage, réalisé, soit un bloc de pierre reposant sur le sol, soit à l'aide d'une molette. Dans le premier cas, la pièce est frottée par un mouvement de va et vient sur le polissoir fixe, ou elle finit par créer des stries et des cupules allongées; dans le second cas, la molette est manoeuvrée à la main sur la pièce maintenue immobile. Ce dernier procédé a tendance à produire des facettes sur l'outil poli, dont la courbure est, de ce fait, moins régulière.

La connaissance des techniques utilisées par les hommes préhistoriques pour la confection de leurs outillages, combinée aux multiples données fournies par des fouilles scientifiquement conduites et aux précisions d'ordre chronologique obtenues par les méthodes modernes de datation, permet actuellement de dresser un large tableau de l'évolution humaine (cf. tableau p. 12).

Les premiers outils de l'homme ont été des galets aménagés, pourvus d'un tranchant sinueux, travaillé d'un seul côté ou des deux par une percussion sommaire. Ce sont les "choppers" et les "chopping-tools" qui caractérisent les cultures old-

Tableau réalisé avec la collaboration de M. OTTE, aspirant F.N.R.S.



wayennes des Australanthropiens. Les gisements à galets aménagés sont particulièrement nombreux en Afrique, où les plus anciens datent de plus de deux millions d'années.

Par la suite, l'homme a développé la partie agissante de ses outils en étendant la taille du galet à une portion de plus en plus grande de son pourtour et enfin à sa totalité, obtenant ainsi d'abord des bifaces à talon réservé puis des bifaces à taille totale. Les Archanthropiens semblent bien être les auteurs de ces bifaces que l'on trouve, dans les industries abbevilliennes, sous une forme encore grossière et, dans l'Acheuléen, sous des formes plus évoluées et plus soignées, grâce, sans doute, à l'invention du "percuteur doux".

Indépendamment des instruments à taille bifaciale, les industries paléolithiques comprennent une grande quantité d'outils sur éclats ou sur lames. Il y a tout d'abord les éclats résultant du façonnage des galets aménagés et des bifaces et qui constituent, en quelque sorte, les déchets de la taille de ces outils. Mais très tôt, l'homme a également débité des rognons de silex ou d'autres roches en vue d'obtenir des éclats dont le bord tranchant pouvait être utilisé tel quel ou aménagé, par des retouches, en outils spécialisés.

Au début, l'artisan s'est contenté de débiter des blocs de matière première, un peu au hasard, sans orientation préférentielle des coups de percussion; c'est ce procédé qui caractérise les industries clactoniennes. Par la suite, au cours de l'Acheuléen, il a mis au point une méthode de taille beaucoup plus élaborée consistant à préparer le bloc, par une série d'enlèvements pré-alables, en vue de l'obtention d'un éclat de forme prédéterminée; c'est la technique "Levallois" qui témoigne du haut degré de réflexion atteint par l'homme de cette époque. Pour certains auteurs, le développement de cette technique serait lié au passage des formes archanthropiennes aux formes paléanthropiennes et marquerait le début du Paléolithique moyen. Au cours de cette période, on assiste à un véritable buissonnement d'industries, caractérisées par un développement de l'outillage sur éclats et par la disparition progressive des bifaces.

Le Paléolithique supérieur voit se développer, avec les Néanthropiens qui sont nos ancêtres directs, des cultures caractérisées, au point de vue du travail de la pierre, par un large emploi du débitage laminaire. Ces lames vont engendrer des outillages plus légers et plus diversifiés que par le passé. Mais la pierre qui, jusqu'alors, avait essentiellement été utilisée dans un but utilitaire va désormais servir également à

la réalisation d'œuvres d'art, qui témoignent du développement du sens esthétique et aussi de préoccupations d'ordre psychique chez les hommes du Paléolithique supérieur. Ceux-ci ont utilisé des roches généralement "tendres", comme le calcaire et la stéatite, pour sculpter des statuettes féminines, connues sous le nom de "Vénus" périgordiennes. L'art paléolithique s'est également exprimé, par la peinture, la gravure et le relief, sur les parois de grottes et d'abris sous roche ainsi que sur des blocs rocheux éboulés, des plaquettes de pierre et des galets.

Au Néolithique, on assiste, avec l'invention de l'agriculture et de l'élevage, à un profond bouleversement dans le mode de vie préhistorique. De prédateur, l'homme devient producteur; de nomade, il devient sédentaire. Cette mutation fondamentale s'accompagne du développement de techniques nouvelles.

En ce qui concerne l'outillage lithique, l'emploi du polissage va permettre d'utiliser des roches "tenaces" pour la réalisation de certains outils tranchants comme les herminettes, les haches et les ciseaux. Pour la confection des moulins destinés à broyer le grain, l'homme va avoir recours à des roches dures et abrasives, telles que l'arkose.

Les roches "cassantes" et en particulier le silex continuent toutefois à être largement utilisées et, dans certaines régions, naît une véritable industrie dont les produits sont diffusés grâce au trafic commercial qui se développe à cette époque.

Au début de l'Age des Métaux, l'industrie lithique, loin de décliner devant la concurrence du métal, va même se surpasser et atteindre la virtuosité dans la confection d'outils en pierre dont les formes seront directement inspirées de celles du métal.

A partir du Néolithique, la pierre a d'autre part été largement utilisée comme matériau de construction, aussi bien pour les habitations, dans les régions où le bois était rare, que pour les monuments mégalithiques de caractère religieux et funéraire qui constituent les vestiges les plus spectaculaires des dernières périodes de la préhistoire.

Marguerite ULRIX-CLOSSET.  
Université de Liège.

## L'HOMME ET LE TRAVAIL DE LA ROCHE.

Marbres et pierres bleues belges.

Exposition organisée au GRAND BAZAR DE LIEGE en collaboration avec les Maîtres marbriers, Maîtres tailleurs de pierre et les Maîtres carriers de la région. L'Université de Louvain-la-Neuve et l'Université de Liège, le Musée de la pierre de Sprimont.

La nature et l'origine de certains marbres belges.

On donne communément le nom de Marbre à toute roche présentant un aspect agréable après polissage. D'après leur origine, il existe 3 types principaux de marbres :

1. marbres d'origine magmatique : le granite
2. marbres d'origine métamorphique (vrai marbre des géologues) : carbonatés (le Carrare) ou silicatés (la Serpentine)
3. marbres d'origine sédimentaire :
  - a. Sédiments déposés dans d'anciennes mers tropicales : le Bleu belge, le Petit Granit.
  - b. Dépôts résultant de la précipitation de solutions carbonatées : le Travertin.
  - c. Calcaires construits par des organismes (anciens récifs) : nos marbres rouges, certains marbres gris.

Tous les marbres belges appartiennent à l'Ere Primaire et plus précisément aux périodes dévoniennes (de -395 à -345 millions d'années) et carbonifères (de -345 à -280 millions d'années). La Belgique a pendant longtemps figuré parmi les principaux pays marbriers du monde, produisant des marbres de type 3a et 3c.

### LES MARBRES SAINTE-ANNE.

Les marbres Ste-Anne sont des calcaires gris, bien stratifiés, en grandes dalles, constitués d'une alternance de calcaires argileux et de calcaires construits par des Coraux Rugueux - encore appelés Tétracorallaires - ( *Hexagonaria*, *Disphyllum*, *Tabulophyllum* ), des Coraux Tabulés ( *Alyeolites*, *Thamnopora* ) et des Stromatoporoides (organismes d'affinité incertaine, se rapprochant de certaines éponges ou de certains hydrozoaires actuels, et formant des colonies massives - en boule par exemple - lamellaires ou branchues).

Origine.

Au moment du Frasnien inférieur (vers la moitié de la période dévoniennne) une mer chaude et relativement peu profonde recou-

vrait tout le Sud de la Belgique et la Campine, tandis qu'un continent émergé se trouvait plus au Nord. Le bassin de sédimentation se composait de deux parties bien distinctes : la partie Sud où le fond de la mer s'enfonçait rapidement (région dite "très subsidente" en termes géologiques) et la partie Nord, où le fond, plus stable, s'étalait en une plateforme.

En mer peu profonde, sur une plateforme relativement stable, les organismes constructeurs peuvent édifier des récifs étendus pour former une véritable nappe récifale que l'on appelle Biostrome (bios --- organique; stroma --- couche). A un certain moment, la densité récifale devenant beaucoup trop forte, les organismes ne peuvent plus se développer qu'en bordure d'une Barrière Récifale. Semblable barrière isole à certains moments les eaux de la plateforme des eaux de la haute mer; à d'autres moments, par le jeu combiné de la subsidence du fond marin, du climat régional, et de la sédimentation à l'intérieur de la barrière récifale, des passes plus ou moins importantes mettent en communication directe les eaux de la plateforme avec les eaux du large. Cette alternance de périodes de fermeture et d'ouverture de la barrière influence considérablement la composition des sédiments qui se déposent sur la plateforme : pendant les périodes de fermeture, ce sont des calcaires à grain fin, argileux et pauvres en organismes qui s'y accumulent; pendant les périodes d'ouverture, les échanges marins avec les eaux du large permettent le développement de récifs ou biostromes.

Etant donné cette alternance de périodes d'ouverture et de fermeture de la barrière au cours du Frasnien, le dépôt final ne pouvait être constitué que d'une alternance de calcaires fins, argileux et de calcaires construits, riches en fossiles : le Marbre Ste-Anne.

### LES MARBRES ROUGES.

Nos marbres rouges sont d'origine récifale; ce sont des calcaires massifs formant des dômes ou des lentilles au sein des schistes qui les englobent. Ils ont été construits par des Coraux lamellaires ( *Alveolites*, *Phillipsastrea* ), des Crinoïdes, des Algues, et des "Stromatactis"; les stromatactis sont ces innombrables cavités centimétriques et remplies de calcite blanche qui donnent au marbre son allure caractéristique; ces cavités sont des traces d'organismes qui ont joué un rôle très important dans l'édification de ces récifs mais dont nous ignorons encore la nature.

### Origine.

A l'époque du Frasnien supérieur, la mer s'avance vers le Nord et la profondeur d'eau augmente; une boue argileuse rougeâtre décante sur les fonds marins. Le développement des stromatoporoides, les principaux organismes constructeurs de l'époque dévonienne, est fortement inhibé par cette décantation de boues. Seuls pourront subsister des organismes tolérant, dans une certaine mesure, cette présence d'argile; c'est ainsi que les Coraux rugueux, les Coraux Tabulés, les Crinoïdes, les Algues et les Stromatactis vont contribuer à l'édification de monticules boueux d'altitude récifale; de semblables récifs en forme de dôme s'appellent encore des Biohermes (bios---organique; herma --- rocher, écueil). Tous nos marbres rouges proviennent de l'exploitation des très nombreux petits récifs qui se sont ainsi développés à cette époque.

La couleur rouge de ces biohermes dont on extrait le marbre est due précisément à cette présence d'argile chargée d'oxyde ferrique dont nous avons parlé. Cette coloration rouge est associée, dans le marbre, à des plages de couleur plus claire dont les contours suivent la forme des organismes constructeurs. Ce mélange de couleurs donne un aspect très décoratif au marbre, effet accentué par le polissage.

### Le Petit Granit.

Le Petit Granit de l'Ourthe est une roche massive intercalée dans les ensembles bien stratifiés du Tournaisien supérieur. Bien qu'il soit abondamment utilisé dans la construction comme pierre de taille, on le polit également pour en faire des dallages, des appuis de fenêtre, voire des cheminées; c'est à ce dernier titre que nous le rangeons ici parmi les marbres.

Le petit granit est constitué presque exclusivement de débris de crinoïdes ou lys de mer : ces organismes appartiennent au groupe des échinodermes; ils sont composés d'une tige articulée plus ou moins longue pouvant se fixer

au substrat par des crampons, et supportant une thèque d'où partent des "bras" chargés de drainer vers la thèque les particules alimentaires captées dans l'eau de mer. L'entière du squelette est composée de petites plaques de calcite juxtaposées (notamment dans la thèque) ou d'articles superposés : la tige est ainsi constituée par la superposition de petits disques aplatis ou articles de quelques mm à 1cm de diamètre, soudés entre eux par de la matière organique.

Il y a environ 340 millions d'années, (à l'époque du Tournaisien supérieur), notre région était recouverte d'une mer relativement profonde. Sur ces fonds très calmes, baignés d'une eau pauvre en suspensions argileuses, mais riche en matières organiques, se développèrent d'immenses prairies de Crinoïdes. Entre les crinoïdes, des Coraux Rugueux (*Michelenia*) s'étaient sur les fonds en colonies lamellaires de 10 à 30cm de diamètre, (ces coraux forment les grandes taches blanches parfois alvéolaires que l'on peut voir dans certaines dalles polies).

A ces coraux s'ajoutaient des bivalves particuliers : les brachiopodes ainsi que des bryozoaires.

A la mort des crinoïdes, le squelette se désarticulait et abandonnait sur le fond des centaines de milliers de petites plaques et d'articles sur lesquels allaient bientôt se fixer de nouveaux crinoïdes. La continuité dans la croissance des crinoïdes et l'accumulation sur place de leurs débris pendant plusieurs centaines de milliers d'années sont responsables de la formation de ce calcaire massif. Son odeur fétide provient de son grand contenu en matières organiques réduites, tandis que son aspect spathique, fortement cristallin sur cassure fraîche, résulte de ce que les articles de crinoïdes dont la roche est composée sont monocristallins (chaque article est un seul cristal de calcite).

H. TSIEN  
Université de Louvain.

Cl. MONTY.  
Université de Liège.

De la carrière aux dialectes.

Quotidiennement confrontés à la pierre et à ses différentes particularités, Les Carriers - Les Cârïoteûs - ont perpétué ou créé un vocabulaire dialectal très intéressant, très imagé aussi, pour distinguer tous ces phénomènes naturels auxquels ils sont fort attentifs. Ainsi la pierre mal formée souvent inutilisable, s'appelle selon la région, dol mwate pîre, do fou-rotche, de la rache, du grizoû, ou des maquêtes, Les d'lits, les limés, les tchâtes, les fins blancs désignent diverses veines noires ou blanches qui strient la pierre. Les nombreux fossiles reçoivent des noms fort évocateurs : pèkales di soris, ou dints d'soris, chites d'agace, crapins, bites, ou trin nèves, etc. Des nodules ou particules très résistantes dans la pierre : les nouwès, les ous ou covons dél pîre, les clôs, le gayèt. Les géodes ou petites cavités fermées, tapissées de cristaux : les potes ou trôs d'êve, les fontinnes, les nids d'bourdon, les trôs d'vier, les djavarès ou djawas. En somme, un manuel de géologie plaisant, mais suffisamment nuancé !

Par ailleurs, chaque banc de pierre possède, comme les veines de charbon, une dénomination particulière, qui est très commode pour l'ouvrier. Ce "sobriquet" est fonction soit de l'épaisseur du banc soit de sa qualité ou de sa teinte, soit de sa destination. Dans la région liégeoise, : li flin, le neûre pîre, li bleu-ve pîre, li mâle crosse, li tène ban, li gros ban, li gris bêtch.

Les carrières occupés à l'extraction des blocs de pierre s'appellent les rok'teûs ou rotch'teûs. Leur travail consiste à détacher les bans de pierre du bufèt, de la falfje. L'utilisation de la poudre ou de la dynamite est réservée aux carrières produisant des moellons bruts, des pavés ou de la chaux. On donne le nom de dame ou dichombe à la fraction du banc qu'on enlève de son lit de carrière. Si possible, il faut couper la pierre su s'passe c'est-à-dire selon le fil de la pierre.

Pour fendre la pierre, l'ouvrier se servait de gros coins en fer appelés spigots ou bandants. Après avoir pratiqué des trous à intervalles réguliers, dans un parfait alignement, le rok'teûs calait dans chacun d'eux un spigot avec des plaques en fer appelées astales (ou estales) di fiêr. De temps à autre, un coup de masse, ma ou boufe, sur la volève di spigots et de la pierre se fendait d'elle-même selon la ligne d'éclatement prévue;

on avait ainsi pratiqué un passadje. Ce travail, on le faisait très anciennement à l'aide de coins en bois qu'on mouillait, le bois gonflant fissurant la pierre. Aujourd'hui on utilise des marteaux compresseurs avec des êwîres.

Pour détacher le banc de son lit de carrière, po l'dislité ou l'ritchôte, on agissait approximativement de la même manière; les trous pratiqués pour recevoir les coins au bas du banc s'appellent des (h)otes. Les rok'teûs décollent alors le banc de pierre, qui est fendu de tous côtés, avec un énorme levier dénommé grande crampe (liég. haminde). Un levier moins puissant : one bréguine. A quelques-uns, is batenutal crampe, c'est-à-dire qu'ils exercent des pesées successives sur le levier, tandis que l'ouvrier qui rythme leur action, li scoteû, place des cales et des boulets de fer au-dessous du banc pour l'empêcher de retomber. Si c'est nécessaire, on se sert d'une wigne ou d'un macrau, qui sont deux types de cric. Il ne reste plus ensuite qu'à attacher solidement le bloc de pierre avec des câbles et à le tirer à l'aide d'un treuil, le capèstran. Pour ce faire, on fixait parfois le câble à une louve ou un bloc de fer enchâssé dans la pierre, en wallon on doguêt ou one loufe.

La masse de pierre peut alors être acheminée, d'une manière ou d'une autre, vers le chantier de taille proprement dit. On utilise anciennement pour cette besogne un cheval qui toûrneut al vatche, la vatche étant une sorte treuil monté sur deux pierres monolithes. Aujourd'hui. On a recours à un pont roulant ou à une grue.

Cependant, tous les blocs de pierre ne sont pas soumis au sciage. Les pierres de grand appareil notamment passent aux mains du dis-côpeu ou spincieû qui les débite et les met aux dimensions voulues. Pour couper la pierre, il utilise de gros burins à tranchant en forme de V, appelés côpeus, fêreus ou fiêrs a passer; parfois aussi une masse à deux panes, la ricôprece ou rifindrèce, ou de petits spligots baptisés potchants.

2. Le taveu d'pîres (liég. tèveu d'pîres) possède son propre late ou tue-vent qu'il fabrique lui-même. Il s'agit d'une charpente simple constituée de deux halis, agencées avec des hayons, le tout couvert de paille de seigle. Ces écrans sont retenus par deux fourches, avec l'inclinaison souhaitée. D'autres abris auxiliaires, mobiles, peuvent compléter l'ensemble : les ayètes, les hâhês, les îpes. Au fond du ayon, le tailleur de pierres garde précieusement dans des coffres ses nombreux outils personnels.

Le tailleur de pierre travaille généralement assis sur un siège à un pied, le hame, qui présente l'avantage de le suivre dans tous ses mouvements. Quant à la pierre à tailler, elle doit être constamment a payasse, c'est-à-dire sur un support, souche d'arbre ou éclats de pierres. Pour déplacer des blocs de pierre d'un certains poids. l'ouvrier se sert d'un petit levier, l'indé. Par ailleurs, il utilise surtout deux outils de percussion : le mayèt complètement en bois et la massète, marteau en fer légèrement bombé, qu'il choisit selon le travail à effectuer ou selon la tête du fer à tailler.

Le tailleur de pierre commence par fèru, c'est-à-dire éliminer à grands coups la partie brute superflue avec un burin; ce burin spécial s'appelle généralement un fèru-foué. L'ouvrier égalise grossièrement aussi la partie centrale de la face avec des grandès pwintes ou brokes en tapant a bosses. Il a soin cependant de laisser de l'afranchi, dol rivintche, ou marge de sécurité. Ensuite, il taille des ciselures provisoires sur deux côtés et cherche des repères précis pour que la face soit bien plane. Cette opération qui s'effectue à l'aide de rîles ou grandes lattes en bois se dit viser s'face.

Le tailleur de pierres peut alors dresser les arêtes sur le pourtour de lace à tailler; on appelle cette ciselure préventive une digrète ou digrète-ciz'lure. Suit alors un second épincage : le sbatajje : sbate une face consiste à éliminer les petites aspérités qui restent avec des sbateûs ou petits poinçons. Quelques coups de boucharde pour rôyi lès makes et la face à ciseler est bien égalisée.

3. Vient enfin le travail de finition : l'ouvrier tape one palète en bordure ciselée avec des ciseaux à tranchant étroit. Avec un ciseau plus large, le hèrpé, il se met à ciseler la pierre à grands traits, à hèpler; au terme de cette opération, il doit obtenir si possible un résultat identique au sciage. Le travail consistant à ciseler ou tracer les lignes parallèles sur la pierre taillée est le r'ondadje. Pour ritonde ou ciz'lé, le tailleur de pierres est tenu de réaliser un nombre constant de traits au décimètre.

Il nous aurait encore fallu dire quelques mots également de la vie quotidienne des carriers. Parler de leur propension à faire one taye ou on tchin pour s'acheter du pèkèt. De leur vénération pour leur patronne, sînte Bâbe. Nous aurions dû dire aussi combien leur existence était dure et éprouvante, leur situation précaire. Evoquer les nombreuses blessures qui les guettaient ! les cwachûres, les crévôdes, les deureûs, les pièrsets...

Mais telle n'était pas notre intention. Nous renvoyons donc le lecteur plus exigeant aux quelques études existantes.

Extraits d'un texte de  
Jean GERMAIN.

La pierre est éternelle.

Lavoisier disait : "Ce sont les mots qui conservent les idées". Les pierres, elles, plus modestement mais plus concrètement, conservent l'histoire

Histoire de la vie, aventure fabuleuse, dont les témoins pétrifiés nous attendent patiemment depuis des millions d'années, et grâce auxquels le savant peut, pierre par pierre, en effet, retracer l'hésitant mais opiniâtre cheminement de la pensée.

Histoire des civilisations anciennes, leur naissance, leur vie, leur disparition ou leur assoupissement quand leurs vestiges découverts nous les réssuscitent.

Histoire de l'Art, sphinx, temples grecs, cathédrales, manifestations universelles de cette aspiration au beau et au sacré.

Aussi, l'histoire de l'Humanité, des menhirs énigmatiques aux pierres gravées révélatrices, signes du souci constant de l'homme de se raconter à ceux qui le suivront.

Et chaque fois, par une démarche commune à la nature et à l'homme, ces messages ont été confiés à la pierre. Instinct sûr, impulsion sage, car la pierre est éternelle.

Notre monde contemporain n'a plus guère le temps de penser à l'éternité : c'est déjà beaucoup que de penser à aujourd'hui. Alors, nous nous sommes donné le béton et le plastic, vite faits, vite consommés; et nous avons ajouté à notre liste déjà longue de produits de consommation : le logement. A jeter après usage. Là, évidemment, la pierre ne serait qu'injure, elle est faite pour durer, elle est la durée.

Pourtant il en est encore qui bâtissent leur foyer pour y passer leur vie et le léguer ensuite à leurs enfants, comme un capital. Ceux-là pensent encore à la pierre.

Un seuil, une marche, un soubassement : les essais de remplacement ont prouvé ce que nos ancêtres savaient d'instinct : la pierre est irremplaçable. Un dallage, un revêtement de façade, un encadrement de porte ou de fenêtre : en temps d'inflation, des placements. Des placements sûrs.

Rassurons-nous : notre époque laissera un héritage à l'histoire des hommes. Mais qu'aucun ministre n'ait encore posé de "première pierre" en ciment est un signe et un symbole.

S'il est absurde de mépriser les acquis de notre science et de nos techniques en ignorant le béton par exemple, celui-ci n'a pourtant de vraie fonction que celle de squelette, qu'il faut habiller.

Symbole que l'on ne bâtit de sûr que sur le roc, dans le roc. Que la pierre est une de ces valeurs permanentes qui demeurent au travers des merveilles étrangement fragiles et éphémères de notre temps. Que la pierre est éternelle.

**C. BONHOMME.**  
Secrétaire Général des  
Maîtres Tailleurs de Pierre.

Le Marbre, matériau riche.

Chez qui d'entre nous le mot "Marbre" n'évoque-t-il pas l'image du prestige et de la noblesse?

L'Histoire nous a légué mille témoignages de la grandeur de ce matériau avec lequel les hommes ont construit les palais de leurs rois et les temples de leurs dieux.

Longtemps le marbre demeura le symbole de la magnificence et fut considéré comme l'apanage des puissants de ce monde.

Aujourd'hui il demeure le matériau riche et de grande qualité, mais il n'est plus le reflet d'un luxe inabordable réservé à certaines classes aisées. Il s'est démocratisé et a pris la place importante dans la construction moderne.

Son industrialisation, ses méthodes d'exploitation et de mise en oeuvre se sont accordées au diapason du perfectionnement de la technique et de l'évolution sociale.

Il figure en première place sur le marché des matériaux décoratifs et utilitaires. Les architectes et les bâtisseurs en font un usage courant.

Les multiples applications du marbre se doivent d'être soulignées. Aucun matériau n'offre en effet de telles possibilités de réalisations du meilleur goût, à des conditions abordables pour chacun.

La gamme infinie des coloris lui confère sans conteste une place de choix dans la décoration des intérieurs. Son emploi donne aux créations des architectes et des décorateurs une harmonie qui répond toujours à notre inlassable besoin de beauté, d'élégance et de durée.

Richesse de notre sol, exploitée déjà par les Romains, les marbres belges à texture serrée et à grain fin susceptibles de prendre un beau poli, étalent largement le riche éventail de leurs coloris.

Si le marbre trouve de nombreuses applications dans les édifices publics, il a aussi sa place dans les demeures, qu'il s'agisse de l'hôtel de maître, de l'appartement bourgeois ou du logis modeste.

Vraiment le marbre s'est adapté aux conceptions de l'architecture moderne. En plus de sa beauté, de sa solidité, de sa résistance à l'usure, sa facilité d'entretien le recommande aux constructeurs soucieux de qualité autant que d'harmonie.

Depuis l'antiquité jusqu'à nos jours, des siècles d'expérience ont amplement prouvé que le marbre est un matériau sain à l'épreuve du temps. Au cours des âges, bien des productions plus ou moins synthétiques se sont efforcées, sans succès, de se hisser à son niveau.

Jamais la machine ne fera mieux que la nature.

Jean COCTEAU s'est plu à souligner cette vérité en ces termes "... je salue tous ceux qui en comprenant que le marbre n'appartient pas au passé, qu'il triomphe des modes, qu'il orne les âges et les ornara toujours, opposeront aux matières ingrates celle, divine, où circule un sang mythologique où la nature est au bord de nous avouer son secret".

**J. MATHYS.**  
Président de la Fédération  
nationale des Maîtres marbriers.

## LA GEOLOGIE DE L'INGENIEUR APPLIQUEE AUX GRANDS TRAVAUX.

Exposition organisée à la MAISON DE LA CULTURE DES CHIROUX en collaboration avec l'Université de Liège.

La Géologie de l'Ingénieur (Engineering Geology Ingenieurgeologie) représente une branche de la géologie appliquée en expansion dans le monde entier où elle intéresse un nombre croissant d'étudiants et d'ingénieurs. Elle couvre les applications des sciences de la Terre aux travaux du génie civil (barrages, autoroutes, tunnels, ports, cavernes souterraines,...), à l'aménagement des territoires, à la préservation des eaux souterraines, etc...

La géologie de l'ingénieur utilise concurremment les méthodes classiques du géologue et celles qui déterminent les qualités des sols et des roches, les conditions précises de gisement et de circulation des eaux souterraines. Elle s'attache grâce à un travail d'équipe multidisciplinaire à réaliser les recherches imposées dans un site donné et pour un projet bien défini. Elle tend à réunir les données indispensables à la conception et à l'exécution rationnelles des projets de l'ingénieur du génie civil, de l'architecte, de l'urbaniste et au-delà d'eux - comme il serait souhaitable - des décisions administratives et même politiques. En effet, base de la géologie urbaine et de la géologie de l'environnement, la géologie de l'ingénieur rencontre des préoccupations quotidiennes de l'homme de la rue, de l'édile communal, du chef d'entreprise, des responsables provinciaux et gouvernementaux. Elle retient de plus en plus l'attention des organismes internationaux car elle intervient dans la solution de nombreux problèmes transcendant les frontières et les intérêts privés ou se posant aux pays en voie de développement.

En Belgique, la raison immédiate de l'importance vitale de la géologie de l'ingénieur réside dans le développement prodigieux des travaux d'infrastructure et dans la prise de conscience de leur influence sur l'environnement dont la protection est à l'ordre du jour.

L'expansion des villes prend un caractère explosif. La population mondiale aura doublé en l'an 2000 et avec elle, la superficie des centres urbains sera multipliée au moins par deux. Dans les seuls Etats-Unis, la surface des villes aura augmenté dans le même temps de 364.000 km<sup>2</sup>, soit plus de 11 fois le territoire de la Belgique.

En Belgique, de nombreux plans de secteurs indiquent que les zones promises à l'urbanisme représentent 100 à 145  $\frac{\text{m}^3}{\text{a}}$  des surfaces bâties à ce jour. Au rythme des constructions actuelles, les réserves seraient épuisées dans 20 à 40 années.

Il devient inévitable que se multiplient les constructions de grandes dimensions : cités, buildings, hôpitaux, campus universitaires, stades sportifs, et une infrastructure impressionnante. Dans une mesure croissante, on doit construire à tout prix et souvent dans des sites défavorables sinon dangereux.

Les servitudes existant à la surface du sol, d'ailleurs saturée en bien des endroits, et les progrès techniques du creusement et du soutènement des excavations conduisent à un développement remarquable de l'urbanisme souterrain.

La géologie urbaine définit le cadre géologique, les facteurs naturels dont les ingénieurs auront à tenir compte et les facteurs humains (car si l'homme intervient d'une manière prépondérante pour résoudre les problèmes, il les complique aussi terriblement) susceptibles de provoquer des dégradations, d'accélérer ou d'aggraver les processus naturels.

Les Laboratoires de géologie de l'ingénieur de l'Université de Liège où a été créé le premier enseignement spécialisé du pays, ont participé depuis dix ans à de nombreuses recherches et d'importants projets.

Dans la ville et ses environs : autoroute E5, campus universitaire du Sart Tilman, parcs industriels des Hauts Sarts, de Battice, de Grâce-Hollogne et d'Alleur, aéroport de Bierset, aménagement de la place St-Lambert, hôpital de la Citadelle, centre commercial de Grâce-Hollogne, tunnel routier à Flémalle, métro de Liège, tunnels de démergement, galeries du Service des Eaux (Hesbaye), implantation d'immeubles à niveaux multiples et de cités nouvelles (Jemeppe, Flémalle, Grivegnée, Chênée, Trooz), bassins d'orage, ruptures de canalisations, glissements de terrains, dégradations dues aux exploitations minières, prospection de gisements minéraux et de nappes aquifères (Lixhe, Visé, Esneux, Condroz).

Dans la région : Centrale de pompage de Coë, Centrale nucléaire de Tihange, parcs industriels à Petit-Rechain, Hermalle-sous-Huy, Amay, etc..., sites industriels (Basse Meuse, Bas Oha).

Dans le pays : grande ceinture de Charleroi, subsidences dans la vallée de la Haine, puits de captage (Bruxelles), glissements de terrains (Courcelles), dégradations et fondations en sites karstiques (Verviers, Fontaine l'Evêque), carrières (Bilstain, Hotton, Huccorgne, Moha, Corphalie, Monceau-sur-Sambre), gravières (vallées de la Meuse et de l'Ourthe) recherches hydrogéologiques (Plateau des Tailles, plaine alluviale de la Meuse), implantation du laboratoire Solvay à Needer-over-Heembeek, gisements cimentiers (Tournaisis, Condroz), dégradations minières (Charleroi).

A l'étranger : sites de barrages et de bassins de retenue au Zaïre, en Iran, en Algérie; gisements calcaires (Yougoslavie); gisements cimentiers (Maroc, Lybie, Arabie Séoudite); plaine alluviale du Tigre (Irak); tunnels routiers au Gran Sasso (Italie); dégradations minières au Grand-Duché de Luxembourg; glissements de terrains dans le Massif Central (France).

La plupart de ces études ont donné lieu à des

publications scientifiques et techniques dont la liste serait trop longue à énumérer.

Une conclusion générale se dégage : les spécialistes de la Géologie de l'Ingénieur ne sont trop souvent appelés qu'après des déboires et des catastrophes pour établir les responsabilités et réparer les dommages. Les leçons de l'étranger et l'expérience acquise aux dépens de la communauté démontrent cependant que l'économie, l'efficacité, la sécurité (en ce compris la préservation de l'environnement) dépendent fondamentalement de l'adaptation à toutes les conditions du site.

Il serait justifié et rentable d'intégrer un ingénieur géologue dans les services de toute agglomération ou groupe de centres habités dont la population atteint 50.000 habitants; les 5 comtés de la région de Los Angeles dont la population est de 10 millions d'habitants bénéficient en permanence des recherches de 150 à 170 géologues.

**L. CALEMBERT.**  
Université de Liège.

## LE PETROLE EN MER DU NORD.

Explication à partir d'une superbe maquette et de divers documents du mode d'extraction du pétrole en mer du Nord.

Exposition organisée à la BANQUE LAMBERT, en collaboration avec la Petrofina, S.A.

C'est il y a 10 ans environ qu'a commencé l'exploration systématique du plateau continental de la Mer du Nord en vue d'y trouver les hydrocarbures qui font cruellement défaut aux nations d'Europe Occidentale. En effet, jusqu'alors, les réserves découvertes dans ces pays n'atteignaient pas 250 millions de tonnes alors que la consommation dépassait annuellement largement ce chiffre (750 millions de tonnes en 1973). Comme on le sait, la différence est importée de l'étranger et principalement du Moyen-Orient.

Mais il restait un vaste domaine marin que les moyens techniques de prospection et de forage en mer développés entre les années 1950 et 1960 permettaient enfin d'aborder. C'était la Mer du Nord : environ 500.000 km<sup>2</sup> de surface (à peu près la France), des profondeurs allant de quelques mètres à 200 mètres et plus, une mer tempêteuse, rarement calme pendant les longs hivers, mais possédant une position idéale, au centre d'une des plus grandes zones de consommation du globe.

En 1959, une importante découverte de gaz était faite en Hollande, dans la région de Groningen, près de la mer. Ce gisement se révélait rapidement être un des plus grands du monde, ce qui permit l'espoir de découvrir en Mer du Nord des réserves importantes d'hydrocarbures susceptibles d'exploitation commerciale, malgré les difficultés et le coût élevé des opérations en mer.

Il fallait aussi régler les problèmes juridiques que posait la répartition du sous-sol marin entre les pays riverains.

Selon des règles établies par la Convention de Genève sur le plateau continental ou d'un commun accord entre les Etats, différentes zones ont été réparties entre l'Angleterre, la Norvège, le Danemark, l'Allemagne et la Hollande. La partie revenant

à la Belgique est de faible dimension et malheureusement sans grand intérêt pétrolier.

Les Etats devaient ensuite, entre 1964 et 1967, promulguer des lois régissant les conditions d'attribution de permis, les obligations de dépenses et les régimes fiscaux d'exploitation.

On vit donc très rapidement la Mer du Nord découpée en petits blocs d'une surface variant entre 250 et 550 km<sup>2</sup>, qui furent concédés à leur demande aux sociétés pétrolières.

Comment ces sociétés ont-elles été amenées à demander ces concessions ?

L'étude géologique des pays avoisinants permettait d'imaginer des conditions géologiques favorables à la présence de pétrole.

La Mer du Nord se présente comme un bassin sédimentaire comblé de sédiments allant du Paléozoïque aux temps actuels, c'est à dire s'étant déposés sur plus de 300 millions d'années. Mais pour qu'un bassin sédimentaire soit intéressant du point de vue pétrolier, il faut qu'il réunisse au moins :

- une source d'hydrocarbures, la roche-mère,
- des réservoirs, les roches-magasins, où vont s'accumuler, dans certaines conditions, les hydrocarbures, c'est-à-dire pétrole ou gaz naturels.

La roche-mère est constituée par des sédiments riches en matières organiques, déposés au cours des temps géologiques et qui, par suite de l'enfouissement et des variations de température et de pression qui en résultent, ont donné naissance aux hydrocarbures.

Les réservoirs sont formés par des roches également d'origine sédimentaire, tels que sables, grès, calcaires, dolomies, etc..., qui ont conservé des vides, où sont le siège d'un important réseau de fractures.

Pour que le pétrole s'accumule dans le sous-sol, il faut encore qu'il y soit piégé. Le piège-type est une roche réservoir bombée en allure de dôme et couverte par des terrains imperméables (argile, sel,...) capables d'empêcher la migration des fluides jusqu'au jour. Dans une telle structure, le pétrole et le gaz, plus légers que l'eau qui imprègne toute roche poreuse, iront s'accumuler dans la partie haute, sous la couverture.

Ces conditions favorables que l'on ne trouve pas toujours dans tous les bassins sédimentaires, sont présentés dans la Mer du Nord.

Mais pour apprécier avant forage, l'intérêt ou non de certaines zones, les prospecteurs exécutent des campagnes de prospection sismique. Cette méthode permet d'envoyer dans le sol une onde de choc (explosion, etc,...) et, par l'analyse des échos, de déceler la structure géométrique des roches du sous-sol et par là, de sélectionner les points les plus favorables où le pétrole a un maximum de chances d'avoir été piégé.

Ce sont ces zones qui sont demandées en concession et c'est sur ces points favorables que sont exécutés les forages.

La série géologique de la Mer du Nord comporte au-dessus des séries charbonnières bien connues en Belgique toute une succession de roches de différentes natures : sel, gypse, sable, argile, calcaires, que l'on trouve en alternance. Ce sont les grès ou sables consolidés et les calcaires poreux qui constituent les réservoirs pétroliers de cette région, les argiles et le sel formant les couvertures imperméables.

Les principaux réservoirs sont :

- les sables du Permien inférieur déposés il y a 260 millions d'années, ils contiennent principalement du gaz comme à Groningen en Hollande, et dans les champs du Sud de la Mer du Nord;
- les sables et grès du Jurassique déposés il y a 160 millions d'années; ce sont eux qui contiennent l'huile des champs de la partie nord;
- enfin, les calcaires crayeux et les grès de la base du Tertiaire déposés il y a 65 millions d'années environ, qui contiennent l'huile et le gaz de la zone centrale.

L'épaisseur de cette série sédimentaire peut dépasser 4.000 à 5.000 mètres.

La recherche a commencé dans la zone méridionale des eaux anglaises où, entre 1965 et 1970, une série de gisements de gaz ont été mis à jour et rapidement développés.

Puis, l'exploration s'est peu à peu déplacée vers le nord, et fin 1969 le champ de pétrole était découvert.

Depuis, la recherche s'est intensifiée dans la zone septentrionale jusqu'au large des Shetlands et des Orcades, et toute une série de champs de pétrole et parfois de gaz ont été successivement mis à jour, les principaux étant Forties, Frigg, Brent, Ninian, etc...

Pour mesurer l'effort technique et financier consenti, disons que depuis 1964, 1,1 million km environ de profils sismiques ont été enregistrés, soit une moyenne de 2 km de profils au km<sup>2</sup>. Cela représente en valeur courante

une dépense dépassant 8 milliards de francs belges.

De même, depuis cette date, plus de 600 puits d'exploration ont été forés à partir de barges de forage mobiles, sans compter les nombreux puits de développements qui ont ensuite été forés à partir de plates-formes fixes, pour la mise en exploitation des gisements.

Comme le coût d'un forage varie entre 1,5 million et 4-5 millions de dollars, on peut estimer à plus de 60 milliards de francs les dépenses affectées à ces puits.

Au total, c'est à environ 70 milliards de francs belges qu'on peut évaluer l'effort d'exploration consenti depuis 10 ans.

Il faut signaler qu'aujourd'hui 33 plates-formes mobiles de forage sont en activité en Mer du Nord.

Mais si de telles dépenses ont été faites si rapidement, c'est que la Mer du Nord a été plus généreuse que ne l'envisageaient les prévisions les plus optimistes.

En effet, 30 découvertes de pétrole ont été faites dont 18 estimées commerciales et 32 découvertes de gaz dont 13 commerciales, et les réserves mises à jour s'élèvent à environ 2,5 milliards de tonnes de pétrole et à 1.700 milliards de m<sup>3</sup> de gaz.

Comme on le voit, c'est 10 fois plus de pétrole qu'il n'en existe sur la partie occidentale du continent européen et on peut s'attendre au cours des prochaines années à une augmentation sensible de ces chiffres, car l'effort d'exploration continuera encore au rythme actuel pendant plusieurs années.

Il faut aussi signaler que 6 des champs déjà découverts ont une réserve unitaire d'au moins 150 millions de tonnes, ce que les américains appellent "giant fields" et qui est une proportion inhabituelle dans des zones pétrolières classiques, exception faite du Moyen-Orient.

Mais l'exploration n'est pas tout; il faut développer ces champs pour les mettre en exploitation et c'est pour leur développement qu'interviennent les investissements les plus considérables. En effet, un champ ne peut être mis en production qu'à partir d'une plate-forme fixe posée sur le fond sous-marin, à des profondeurs variant de 20 à 180 mètres, suivant les cas. A partir de ces plates-formes, également réparties sur le gisement, des puits sont forés en déviation dans toutes les dimensions de façon à bien drainer les réserves et d'autres plates-for-

mes sont installées pour collecter et séparer pétrole et gaz pour les envoyer par pipe-line à la côte.

Or de nombreux champs situés au coeur de la Mer du Nord se trouvent à des distances variant de 300 à 400 km de la côte.

Par exemple, le développement du gisement d'Ekofisk et des champs satellites auquel participe la société Petrofina, demandera un investissement de près de 100 milliards de francs belges, soit à lui seul plus que toute la recherche en Mer du Nord à ce jour.

Citons pour référence certains coûts unitaires :

- un kilomètre de sismique coûte environ 10.000 francs belges,
- le prix d'une barge de forage semi-submersible capable de forer dans 200 mètres d'eau dépasse un milliard de francs belges et que le coût journalier de cette unité peut atteindre 1,5 million francs/jour,
- un forage d'exploration revient donc à plus de 100 millions de francs belges,
- quant aux plates-formes fixes, c'est une dépense dépassant 1,2 milliard de francs belges qu'il faut envisager,
- le coût d'un pipe-line d'environ 1 mètre de diamètre (posé au fond de la mer), revient à entre 20 et 30 millions de francs belges par kilomètre posé.

On aura également présent à l'esprit qu'il faut un certain temps entre la découverte et la mise en production de ces gisements et si les gisements de gaz découverts dans la partie sud ont été mis en production entre 2 et 5 ans par suite de la proximité de la côte, il faudra attendre 5 à 7 ans et peut-être plus pour que les gisements du Centre et du Nord de la Mer du Nord atteignent leur maximum de production.

Quelle production pouvons-nous attendre de ces découvertes ?

Actuellement, sont en production les champs de gaz du Sud qui produisent 40 milliards de m<sup>3</sup>/an et le gisement d'Ekofisk dans une phase préliminaire d'essais.

On peut estimer aujourd'hui, qu'au début des années 80 la production totale provenant des champs déjà découverts atteindra environ 200 millions de tonnes/an de pétrole et 100 milliards de m<sup>3</sup>/an de gaz.

Comme la consommation de l'Europe Occidentale à cette époque devra se tenir légèrement en-deçà du milliard de tonnes de pétrole/an suite à la crise récente de l'énergie qui a fait revoir en baisse les prévisions, c'est donc à peu près au quart de nos besoins en pétrole que pourra subvenir la Mer du Nord et il n'est pas impossible que l'on puisse accroître sensiblement ce chiffre pour autant que le rythme actuel des découvertes se maintienne pendant quelques temps encore. Ce débit devrait se maintenir jusque vers 1990, puis viendra un déclin inévitable.

Conclusion.

La situation peut se résumer comme suit :

- activité record pendant les 10 dernières années, correspondant à des investissements records,
- taux de succès excellent,
- perspectives de développement heureuses pour les 20 prochaines années avec une activité intense pour l'industrie européenne,
- possibilité d'assurer 20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des besoins en hydrocarbures de l'Europe au cours des années 80, ce qui donnera à celle-ci une réserve stratégique lui permettant une moindre dépendance vis-à-vis de l'étranger,
- en bref, un grand sursis en matière d'énergie tirée des combustibles fossiles qu'il faudra mettre à profit, pour assurer la soudure avec les autres sources d'énergie, nucléaire principalement, qui devront forcément prendre le relais avant la fin du siècle.

Saluons le retour en force de notre vieille Europe sur le théâtre de l'énergie, elle qui, jusqu'ici, n'avait été que le témoin lointain de la grande aventure du pétrole.

PETROFINA S.A.  
Bruxelles.

## L'OEUVRE DES GEOLOGUES BELGES EN AFRIQUE.

Les étapes importantes de l'évolution des connaissances géologiques du Zaïre, du Rwanda et du Burundi mettent en évidence l'oeuvre des géologues belges en Afrique.

Exposition organisée à la BANQUE DE BRUXELLES en collaboration avec le Musée de l'Afrique centrale (Tervueren).

Le Zaïre possède de grandes richesses minières dont la découverte et l'exploitation ont assuré la prospérité. Avec un certain recul, on peut aujourd'hui mesurer les mérites des pionniers dont les moyens étaient bien maigres en face de territoires immenses, pratiquement inconnus et dépourvus de tout aménagement. Pour s'adapter à un matériel rudimentaire, à une main d'oeuvre primitive, à des conditions climatiques très dures, à l'absence d'organisation sanitaire, à une sécurité précaire, l'énergie morale et physique intervenait autant que la compétence scientifique et technique. Ces explorations, conduites par des hommes de valeur, eurent des résultats scientifiques de premier ordre.

E. Dupont fut le premier naturaliste belge à parcourir, en 1887-1888, le Bas-Zaïre et à donner un aperçu de la géologie de cette région.

En 1891, sous l'impulsion de Léopold II qui cherche par tous les moyens à mettre le Zaïre en valeur, commencèrent les explorations géologiques systématiques. Elles ont pour objectif la recherche de substances utiles parmi lesquelles l'or en raison de sa grande valeur intrinsèque et des légendes qui ont cours sur son abondance en Afrique centrale.

J. Cornet, qui sera qualifié plus tard de fondateur de la géologie du Zaïre, parcourt le Bas-Zaïre, puis le Kazai et le Shaba (ex Katanga) à l'occasion de la mission Bia-Francqui de 1891 à 1893. La riche moisson de données scientifiques recueillies lui permet d'esquisser les grands traits de la géologie du bassin du Zaïre (notamment carte au 1:1.000.000, en relief, 1909).

Organisées aussi bien par l'Etat que par des entreprises privées, les missions se succèdent. On y trouve :

- au Shaba : la mission Ch. Lemaire, avec les prospecteurs L. Questiaux et K. Voss (1898), H. Buttgenbach (1903), F. Delhaye, F.F. Mathieu, G. Passau. M. Robert crée, en 1920, le Service géographique et géologique du Comité Spécial du Katanga, Service qu'il dirigea pendant de nombreuses années;
- au Kasai : R. Kostka fait partie des missions qui découvriront le diamant;
- au Kwango : G. Passau (1913) et E. Asselberghs (1914);
- au Bas-Zaïre : J. Becquaert célèbre par ses trouvailles paléontologiques, F. Delhaye et M. Sluys (1914, 1918-19) auteurs d'une remarquable carte géologique, au 200.000ème;
- dans le nord et l'est du Zaïre : J. Henry (nommé plus tard Chevalier Henry de la Lindi) découvre l'or de Kilo-Moto (1903), G. Preumont (1902), G. Passau étudie les schistes bitumineux de Stanleyville, F.F. Mathieu (1910-1912);
- à la Lukuga, P. Fourmarier décrit la géologie du bassin charbonnier (1919);
- au Kivu, le chanoine A. Salée dirige de 1928 à 1932, une mission comprenant N. Boutakoff et J. de la Vallée Poussin;
- au Rwanda-Burundi, la première carte géologique d'ensemble est due à F. Delhaye et A. Salée (1923).

A partir de 1920 les grandes reconnaissances sont pratiquement terminées tandis que commence la période des études plus systématiques tant par les travaux de détail des entreprises minières que par les études générales d'organismes tels que le Comité Spécial du Katanga, la Commission de géologie du Ministère des Colonies créée en 1930 sous l'impulsion de P. Fourmarier, et le Service géologique du Congo belge et du Rwanda-Urundi créé au Zaïre en 1939.

En 1924, P. Fourmarier publie sa première carte géologique d'ensemble au 1.4.000.000.

La première monographie d'un ensemble pétrographique zaïrois est une étude de P. Michot sur le Ruwenzori (1938).

Depuis 1946, les efforts ont tendu vers les études spécialisées : études des faunes et des flores fossiles, des minéraux et des roches, levés et publications de cartes géologiques détaillées (1:200.000 et plus grand) bénéficiant de l'outil de précision que sont les photographies aériennes.

C'est aussi l'époque des grandes synthèses : travaux de M. Robert, carte géologique d'ensemble au 1:2.000.000 de L. Cahen et J. Lepersonne (1951), parution de l'"Encyclo-

pédie du Congo belge" (1952) et de "Géologie du Congo belge" de L. Cahen (1954).

Le volcanisme et la tectonique récente furent étudiés avec quelque retard. La première descente dans le cratère du volcan actif Nyiragongo fut réussie en 1948 par H. Tazieff et R. Tondeur. Des travaux importants sont dus à I. de Magnée, P. Evrard, J. Verhoogen et M.-E. Denaeyer qui publièrent une carte volcanique du Congo en 1961.

Dernier travail de reconnaissance important, l'étude de la Cuvette congolaise qui jusqu'alors n'avait guère attiré les géologues par suite de la rareté des affleurements et des difficultés d'accès, fut entreprise en 1952 sous la direction de P. Evrard et a été poursuivie avec les moyens les plus modernes de la géophysique. Ces travaux comprennent deux sondages profonds carottés (2.040m et 1856m).

A ses débuts la géochronologie radiométrique permettait, par l'étude de la désintégration d'éléments radioactifs, de déterminer l'âge absolu d'un minéral. A. Schoep fut le premier minéralogiste belge à mesurer l'âge de la pechblende de Shinkolobwe, en 1931. Les progrès techniques qui donnent plus de sécu-

rité aux datations et permettent l'utilisation de minéraux courants, voire des roches elles-mêmes ont causé, depuis 1950 environ, un développement quasi explosif de la géochronologie, ce qui a provoqué un renouveau dans l'étude de la géologie du Précambrien. Outre l'établissement de corrélations stratigraphiques, ces méthodes ont pu déterminer que les roches les plus vieilles connues du Zaïre étaient âgées d'environ 3.300 millions d'années et que la vie existait déjà en Afrique centrale, sous forme d'algues très primitives, il y a plus de 2.600 millions d'années.

Les publications relatives à la géologie du Zaïre comptent actuellement plus de 4.000 titres et couvrent les disciplines les plus variées. Cette gigantesque oeuvre scientifique a permis l'élaboration de la nouvelle carte géologique du Zaïre au 1:2.000.000 publiée en 1974 sous la direction de J. Lepersonne.

Le Département de Géologie et de Minéralogie du Musée royal de l'Afrique centrale constitue, depuis 1960, le centre de documentation et d'étude le plus actif concernant la géologie du Zaïre.

H. LADMIRANT.  
Musée de l'Afrique centrale.

## A LA RECHERCHE DE NOUVEAUX GISEMENTS DE MINERAIS.

Exposition organisée à la CAISSE GENERALE D'EPARGNE ET DE RETRAITE en collaboration avec l'Union Minière.

Recherches géologiques et prospection minière.

### LES TECHNIQUES D'EXPLORATION MINIERE.

Les gisements métalliques dont les manifestations étaient visibles à la surface du sol ont été explorés depuis longtemps, aussi la prospection actuelle vise-t-elle la découverte de gîtes masqués par divers recouvrements stériles plus ou moins épais.

Ce travail est heureusement facilité par le développement spectaculaire des méthodes géophysiques, de l'électronique, de la géochimie, et par la mise au point de méthodes d'analyse rapides et sensibles, comme les spectrophotomètres à absorption atomique. Dans une région de vaste étendue, d'accès difficile et géologiquement mal connue, la recherche progresse par étapes.

Pour une première reconnaissance, on fait appel à la géophysique aéroportée. Grâce à un équipement électronique extrêmement complexe, monté dans un avion ou un hélicoptère, on procède à la mesure et l'enregistrement automatiques des propriétés physiques du terrain survolé : magnétisme, électromagnétisme, rayonnement gamma, rayonnement infrarouge thermique. On peut simultanément relever par photographie directe ou radar la coloration des sols et les structures tectoniques.

Ces levés aériens permettent de localiser les zones dont le caractère anormal trahit peut-être la présence d'un gîte. Ainsi, les anomalies magnétiques peuvent indiquer des roches basiques ou ultrabasiques contenant de la magnétite, de la pyrrhotine, et peut-être du nickel et du cuivre, ou encore des halos ceinturant des intrusions de cuivre porphyrique. On accorde une importance majeure à la conjonction d'anomalies magnétiques et électromagnétiques, révélatrice de la présence probable de sulfures métalliques.

L'accroissement du rayonnement gamma est bien entendu indicateur de la présence de minéraux radioactifs.

L'examen des données du survol permet de sélectionner les régions qui méritent une vérification au sol, seconde étape de la prospection. En s'appuyant sur la photographie aérienne, le géologue localise sur le terrain les anomalies qui ont retenu son attention; il vérifie leur existence et précise leur extension au moyen d'autres instruments géophysiques appropriés, plus précis et plus pénétrants. Lorsque cette confirmation est obtenue et que les assises géologiques favorables ne sont pas enfouies à trop grande profondeur, on procède à une cartographie géologique régionale en s'aidant éventuellement de renseignements fournis par des fouilles. Simultanément, on fait analyser les échantillons recueillis. Si l'application de la géophysique s'avère difficile ou douteuse à cause de l'épaisseur du recouvrement, de l'altération des minéralisations sulfurées ou de la présence d'eaux salines, on lui substitue la géochimie, c'est-à-dire l'analyse systématique de traces d'éléments métalliques dans les alluvions des rivières et dans les sols.

L'interprétation des résultats est laborieuse; elle comporte notamment l'élimination de données douteuses ou infirmées par d'autres observations. Cette interprétation conduit à la définition d'objectifs précis et les travaux entrent alors dans leur troisième phase, celle de la prospection par sondages.

### LE DEVELOPPEMENT D'UN GISEMENT RECONNU.

Un gisement est reconnu lorsque des sondages en nombre suffisant ont montré l'existence de minerai économiquement exploitable. Il faut donc un tonnage, des teneurs et des qualités métallurgiques suffisants pour justifier une mise en exploitation, sur base d'essais de concentration et d'études de rentabilité préliminaires. Cependant, cette connaissance minimale n'assure pas le meilleur rendement de l'entreprise, car les moyens à mettre en oeuvre doivent être proportionnés au potentiel de la mine.

C'est pourquoi, lorsqu'un gisement est reconnu, il faut en poursuivre la prospection pour le développer aussi complètement que possible. Ce complément d'étude se fera, soit par sondages à partir de la surface, soit par puits, galeries et sondages souterrains.

Dans les régions où l'infrastructure permet des accès aisés, le développement par sondages de surface peut être poursuivi avec une précision satisfaisante jusqu'à une assez grande profondeur (de l'ordre de

millier de mètres) parce qu'il est possible d'utiliser des engins puissants sans que cela entraîne des dépenses exorbitantes. Par contre, dans les zones vierges, le poids et l'encombrement d'un tel équipement peuvent entraîner des coûts et des délais qui ne sont plus acceptables. Le matériel de sondage doit être léger et, par conséquent, sa capacité d'investigation est forcément limitée (de l'ordre de trois cents mètres); de plus, les résultats sont géométriquement imprécis car les forages obtenus avec des machines légères sont sujets à des déviations considérables et souvent incontrôlables.

Quelle que soit la limitation de l'investigation par sondages, elle sera cependant généralement suffisante pour développer une grande masse de minerai à minéralisation relativement homogène (cuivre, porphyrique), car dans ce cas l'estimation des réserves repose davantage sur les probabilités statistiques que sur la connaissance précise de la géométrie du gîte.

Il en va tout autrement lorsqu'il s'agit de développer un gisement stratiforme ou filonien, surtout lorsque la minéralisation présente une certaine discontinuité, ce qui est notamment le cas dans les séries volcano-sédimentaires (relais de lentilles minéralisées). L'imprécision des sondages ne permet de se faire une idée correcte ni des limites des zones minéralisées ni de leur localisation. Un contrôle visuel par puits et galeries devient indispensable; il sera complété par des sondages souterrains.

#### **PROCESSUS CONDUISANT A LA DECISION D'EXPLOITER UN GISEMENT.**

En vue du prélèvement d'échantillons représentatifs de la minéralisation, les galeries horizontales souterraines prévues aux différents niveaux sont tracées ou prolongées de façon à recouper les lentilles minéralisées. Dans le cas des métaux non ferreux, qui nous concerne, le minerai est en général à faible ou moyenne teneur et avant d'atteindre le stade de la métallurgie extractive, il faut le plus souvent procéder à la concentration des minerais intéressants qu'il contient; cette opération est presque toujours réalisée en séparant la gangue du minerai par flottation de celui-ci, rendu sélectivement hydrophobe au moyen de réactifs chimiques. Le succès de cette phase du traitement étant primordial pour l'économie du procédé, des tests sur les différents échantillons minéralisés recueillis sont immédiatement entrepris au laboratoire d'abord, dans une usine pilote ensuite.

Lorsque les résultats de ces tests sont favorables, on peut définir le ou les produits marchands qui pourront être obtenus, les rendements de récupération du ou des métaux principaux et des métaux secondaires intéressants (souvent l'or, l'argent et les platinoïdes), la présence ou l'absence d'impuretés susceptibles de compliquer le traitement métallurgique ultérieur.

Simultanément à ces essais de traitement, l'étude in situ du gisement se poursuit par la réalisation du programme de sondages souterrains. Les carottes sont groupées en lots dont on examine la composition minéralogique et dont on vérifie le comportement à la flottation. Si rien d'anormal n'est constaté, les résultats obtenus sur les échantillons prélevés dans les galeries sont considérés comme fiables; sinon, des galeries supplémentaires sont creusées pour fournir un échantillon mieux représentatif du minerai et procéder sur celui-ci à des essais définitifs de concentration. Tous les renseignements tirés de l'étude des carottes de sondage sont collectés et intégrés au fur et à mesure dans un programme ordinateur qui permet aux géologues de préciser progressivement la physionomie du gisement (localisation et épaisseur des lentilles minéralisées, tonnage et teneurs en métaux du minerai). Dès la fin des sondages, on dispose ainsi d'une estimation précise des réserves de minerai en place jusqu'au niveau inférieur atteint par les sondages les plus profonds.

Le faisceau des renseignements rassemblés est ensuite soumis aux spécialistes; les mineurs recherchent la ou les méthodes qui conduiront à l'exploitation la plus économique, compte tenu des caractéristiques des couches (inclinaison, épaisseur des lentilles, nature des terrains encaissants). Simultanément, les métallurgistes définissent le procédé d'enrichissement du minerai susceptible d'offrir la valorisation la plus profitable des métaux récupérables. On examine ensuite si un traitement métallurgique local plus poussé, pouvant aller jusqu'à la production du métal, ne pourrait être économiquement justifié. Cette possibilité dépendra notamment de l'importance de la production, fonction des réserves minières, du montant des redevances prélevées par le fondeur à façon pour la fusion et le raffinage des concentrés, du coût comparé du

transport des produits - concentrés ou métaux - jusqu'à leur destination finale, ainsi que de l'infrastructure locale, de la disponibilité en énergie, du respect de l'environnement, de l'existence d'un marché local pour certains sous-produits de la métallurgie, des possibilités de recrutement et de stabilisation d'une main d'oeuvre qualifiée plus ou moins importante.

Une fois tous ces éléments réunis, le flow-sweet métallurgique détaillé des opérations est établi et les différents coûts sont évalués avec le maximum de précision. C'est alors qu'interviennent les économistes qui, à partir de ce faisceau de données et tenant compte des dispositions fiscales applicables à la future entre-

prise, établissent un programme ordinateur grâce auquel ils déterminent la rentabilité de l'ensemble étudié. Le résultat de ce travail est le rapport sur la rentabilité, mieux connu sous son appellation anglo-saxonne de "feasibility study". Si les calculs montrent une rentabilité satisfaisante de l'entreprise dans la plupart des contextes économiques prévisibles, confirmant ainsi les espoirs que l'on avait dès le moment où l'on a accepté de procéder à de coûteuses prospections souterraines, la décision de mettre le gisement en exploitation peut être prise, pour autant que soient réunis les moyens de financement requis, lesquels en matière minière se situent toujours à un niveau élevé.

**UNION MINIERE.**  
Bruxelles.



Editeur responsable :

**Claude MONTY**

Chef de Travaux à  
l'Université de Liège

Vice-Président de la  
Société Géologique de Belgique

[ Liège, Société Géologique de Belgique, 1974 ]



