

1

J-69

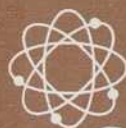


# le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS



VOLUME 3  
NUMÉRO 1  
OCTOBRE 1964



# le jeune scientifique

PUBLICATION DE L'ACFAS

Le Jeune Scientifique paraît huit fois par année, d'octobre à mai. C'est une revue de vulgarisation scientifique pour les jeunes publiée par l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS).

## RÉDACTION

Léo Brassard  
*directeur*  
Roger H. Martel  
*secrétaire de la rédaction*

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

Jean-Jacques Lussier  
*président*  
Jean-Marie Beauregard  
*administrateur*  
Léo Brassard  
Réal Aubin  
Pierre Benoît  
Marc-Henri Côté  
Pierre Couillard  
Yves Desmarais  
Odilon Gagnon  
Joseph Gauthier  
*propagandiste*  
Hélène Kayler  
Roger H. Martel  
*secrétaire*  
Lucien Piché  
Roland Prévost

## COMITÉ DE RÉDACTION

Réal Aubin  
Jean R. Beaudry  
Max Boucher  
René Bureau  
Jean Caron  
Raymond Cayouette  
Richard Cayouette  
Pierre Couillard  
Aimé-Onil Dépôt  
Gérard Drainville  
Jean-Paul Drolet  
Wilfrid Gaboriault  
Olivier Garon  
Roger Ghys  
Maurice L'Abbé  
Serge Lapointe  
Maurice Maeck  
Michel-E. Maldague  
Wladimir Paskievici  
Jacques Vanier  
Léon Woué

## Tarif des abonnements

Abonnement individuel, un an : \$3.00. Abonnement de groupe-étudiants, soit 15 abonnements et plus à une même adresse : \$2.00 chacun. Vente au numéro : individuel, 45 cents; groupe-étudiants, 35 cents. Abonnement à l'étranger : 3.50 dollars canadiens.

## Adresses

Direction : case postale 391, Joliette, Qué., Canada. (Collège de Joliette). Tél. : code régional 514 — 753-7466.  
Abonnements : case postale 6060, Montréal 3, Qué., Canada. Tél. : code régional 514 — 733-5121.

## Notes

Tout écrit publié dans la revue n'engage que la responsabilité du signataire.  
Tous droits de reproduction et de traduction réservés par l'Acfas © Canada et Etats-Unis, 1962.  
Le Ministère des Postes à Ottawa a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication.

Volume III, no 1

octobre 1964

## SOMMAIRE

- 1 Minéralogie pratique et ressources minérales
- 7 Timmins revit la fièvre du Klondike
- 8 La cigarette nuit-elle à la santé?
- 12 Terres marécageuses des grandes plaines de l'Ouest, habitat par excellence des canards sauvages
- 17 Dans l'Arctique... au bout du monde
- 19 L'Omble arctique chez les Esquimaux
- 20 Les particules fondamentales, 3e article

Photo-couverture : un géologue de la *United Asbestos Corporation* examine un riche gisement d'amianté dans une galerie d'exploration sous le lac Noir (Black Lake). Cette photo veut attirer l'attention de nos lecteurs sur la série d'articles de minéralogie qui commence avec ce numéro. Photo de George Hunter, Toronto, fournie par la Division des ressources minérales du ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.

Initiation scientifique à l'étude des minéraux  
en une série de huit articles

# Minéralogie pratique et ressources minérales

par Jean-Paul DROLET

Ces éléments de MINÉRALOGIE PRATIQUE ont pour objet de fournir à ceux que les minéraux et l'industrie minérale intéressent une initiation scientifique à cette partie des sciences naturelles ainsi que quelques renseignements sur les mines du Canada.

Comme le but premier de la minéralogie est l'identification des minéraux, nous avons insisté sur les principaux caractères qui peuvent être reconnus sans l'aide d'instrument scientifique. Il est à conseiller toutefois que l'amateur possède un aimant qui lui permettra de distinguer les minéraux magnétiques. Un couteau de poche est aussi indispensable pour plusieurs raisons et surtout pour faire des essais de dureté sur les minéraux. Il faut aussi une loupe qui servira à l'examen des particules de minéraux et à l'étude des plans de clivage; une plaque de porcelaine pour obtenir la couleur du trait ainsi qu'un marteau pour écraser les morceaux de minéraux ou de roches qu'on veut étudier. Et si l'on travaille au laboratoire, il faut ajouter une lime, un brûleur Bunsen, un chalumeau à bouche, un fil de platine, des petites pinces, des tubes de verre et quelques réactifs chimiques tels que les acides chlorhydrique, sulfurique et nitrique.

Il serait à souhaiter que chaque étudiant possède une collection de minéraux choisis afin de faire des expériences pratiques d'identification. Le ministère des Richesses Naturelles de la province de Qué-

bec a préparé des boîtes contenant une quarantaine d'échantillons typiques qu'on peut obtenir pour une somme très modique. On y trouvera d'ailleurs la plupart des espèces minérales dont il est question dans ces notes. Des boîtes d'échantillons de roches sont aussi disponibles. La Commission Géologique du Canada a aussi préparé à l'intention des personnes intéressées aux sciences minérales, d'excellentes collections que l'on peut se procurer à très bon compte, en adressant sa demande au ministère des Mines et des Relevés techniques à Ottawa.

De nombreux étalages de minéraux peuvent aussi être visités dans les musées, dans les universités, au ministère des Richesses Naturelles de la province de Québec, et au ministère des Mines à Ottawa. Les collections de la Faculté des Sciences de l'Université Laval et de l'Université McGill sont parmi les plus complètes de toute l'Amérique. Le *Royal Ontario Museum* de Toronto possède une collection de plus de 200.000 échantillons représentant la majorité des substances minérales connues. La plus grande collection de minéraux au monde est celle du Musée National à Washington, D.C., administré par le *Smithsonian Institute*.

Il existe aussi de nombreux ouvrages sur la minéralogie dont plusieurs ont été consultés pour la préparation de ces notes. Mentionnons entre autres: *Dana's Manual of Mineralogy* révisé par Cornelius S.

Hurlbut; *The Book of Minerals* par A. C. Hawkins; *Initiation à la Géologie* par J.-W. Laverdière et L. Morin; *Notions Élémentaires de Minéralogie* dont l'édition révisée par Jean Girault contient une excellente description des minéraux de la collection préparée par le ministère des Richesses Naturelles ainsi que des tables de détermination qui sont essentielles pour l'identification des minéraux. On peut obtenir un exemplaire de cette publication en adressant sa demande au ministère des Richesses Naturelles de Québec. L'ouvrage de A. H. Lang, *La Prospection au Canada*, publié par la Commission Géologique du Canada, contient aussi des renseignements très utiles non seulement sur les minéraux et les roches, mais aussi sur la prospection minière, science moderne de la recherche des gîtes minéraux. Ce domaine d'activité est très important pour le Canada car notre pays est l'une des principales sources d'approvisionnement au monde tant pour les métaux que pour les substances non métalliques. La valeur actuelle des substances minérales produites au Canada s'établit à environ \$3.000.000.000 par année, dont 50% pour les métaux (les principaux sont le nickel, le fer, le cuivre, l'or, l'uranium et le zinc), 30% pour les combustibles (principalement le gaz naturel et le pétrole), et 20% pour les minéraux industriels (principalement l'amiante). La production minière des provinces d'Ontario, d'Alberta et de Québec compte pour plus des deux tiers de la valeur totale des minéraux produits au Canada.

Tout au long du présent ouvrage, nous avons tenté d'illustrer par de nombreux exemples l'application de la minéralogie à la mise en valeur des substances minérales. Les descriptions et les légendes des photographies de minéraux et d'entreprises minières canadiennes complètent les explications.

Il est bon de rappeler que les ministères des mines ou des richesses naturelles du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux publient une documentation abondante sur l'industrie minière. Des cartes montrant les principales

régions minières situées dans les territoires respectifs des provinces ainsi que des cartes géologiques sont publiées périodiquement. Pour obtenir ces rapports et ces cartes, on n'a qu'à s'adresser aux ministères concernés.

## I. Minéralogie

### Introduction

L'étude et la pratique de la minéralogie remontent très loin dans l'histoire de l'humanité; les archéologues ont retrouvé de nombreuses illustrations d'artisans occupés à l'extraction de substances minérales, principalement les métaux et les pierres précieuses, ainsi qu'à leur transformation en vue d'en fabriquer divers objets pratiques, des outils ou des ornements pour leurs dieux et leurs rois. On a retrouvé dans des tombeaux égyptiens datant de plusieurs milliers d'années avant notre ère des bijoux en or magnifiquement sertis de pierres précieuses et semi-précieuses.

Les oeuvres d'art qui ont pu être conservées avaient presque toutes une destination religieuse ou funéraire : les temples érigés à la gloire des dieux et les tombeaux qui abritaient la dépouille des défunts étaient abondamment décorés. On connaît beaucoup moins les monuments civils que les monuments religieux de l'antiquité; c'est qu'ils étaient, en général, beaucoup moins somptueux et moins solidement construits que les temples.

La découverte la plus fabuleuse de notre époque est sans contredit celle faite en 1922 des trésors du roi égyptien Toutankhamon qui vécut il y a environ treize siècles avant Jésus-Christ. La perfection artistique atteinte par ces hommes n'a d'égale que la connaissance qu'ils possédaient de l'art de travailler les métaux et de façonner les pierres précieuses. Parmi les trésors de ce jeune roi d'Égypte, on peut voir des bijoux en or pur décorés de dessins en or granulé et incrustés de pierres. Certaines pièces contiennent entre autres minéraux du lapis lazuli (silicate complexe de couleur bleu azur) et du jaspé rouge (quartz granulaire dont la coloration est due à la présence d'hématite). Il y a aussi des objets de bronze (alliage de cuivre et d'étain) et des vases d'albâtre (variété de gypse) incrustés de faïence colorée à l'aide d'oxydes de métaux.

Plusieurs musées du monde possèdent d'ailleurs des exemples d'oeuvres dont la perfection artistique nous fait souvent oublier les outils et la nature des matériaux qui ont servi à leur fabrication. Il serait superflu de rappeler ici les nombreux temples bâtis en pierre taillée et sculptée qui demeurent encore une énigme lorsqu'on songe aux opérations minières d'envergure qui ont permis à ces hommes d'extraire d'abord la pierre nécessaire à ces constructions, la tailler, la transporter et la hisser à des hauteurs presque inaccessibles.



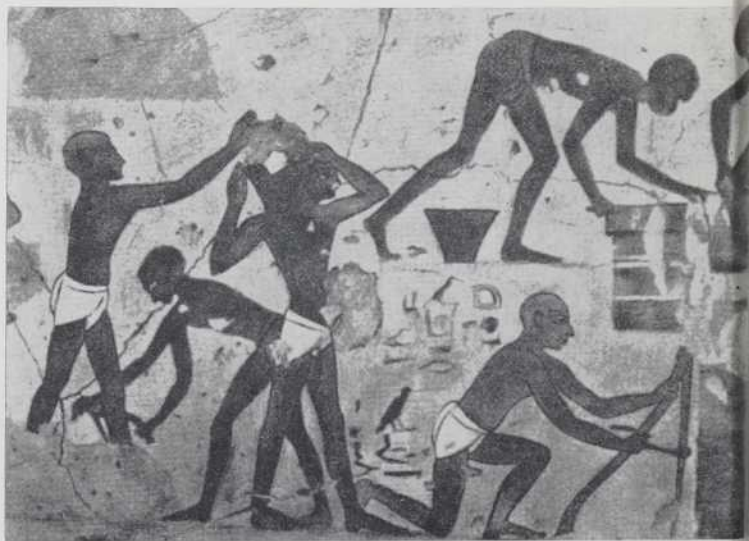
Recto du bijou.



Verso du bijou.

Grand scarabée en lapis-lazuli et en or retrouvé lors de la mise à jour de quelque deux mille objets (orfèvrerie, joaillerie, statuaire, mobilier, peinture, etc.) accumulés autour du tombeau du roi égyptien Toutankhamon qui vécut environ treize siècles avant Jésus-Christ. Le sarcophage du roi était en or massif et pesait à lui seul près de 2,500 livres.

Ces objets témoignent non seulement de la vitalité, du raffinement et de la grande habileté des artistes et artisans égyptiens, mais mettent en lumière leurs connaissances très poussées dans l'art d'extraire les minéraux pour en obtenir les métaux et les pierres précieuses.



Fresque montrant des mineurs dans une carrière de pierre au temps du roi Thutmosis III, environ 1450 ans avant Jésus-Christ.

Certains temples érigés plusieurs siècles avant notre ère comprenaient des séries de colonnes pesant plusieurs milliers de tonnes chacune. Parmi ces merveilles de l'art antique, il convient de mentionner le temple d'Apollon à Corinthe, celui d'Aphaia construit en pierre calcaire d'Eleusis qui se dresse sur l'île d'Égine, au sommet d'une colline haute de plus de 600 pieds, le temple de Poseidon et le fameux Parthénon, en marbre blanc extrait du mont Pentélique qui a fourni la matière première à un nombre presque incalculable de sculptures.

## Usage des minéraux et civilisation

L'emploi des minéraux et le rôle qu'ils ont joué dans le développement de la civilisation humaine est d'ailleurs un phénomène qui remonte tellement loin que les historiens et les archéologues divisent souvent les grandes périodes de l'humanité en âge de pierre, âge de bronze et âge de fer.

Les seuls documents qui nous restent des premiers hommes sont d'ailleurs parvenus jusqu'à nous grâce à des minéraux : les pierres sculptées et gravées sur lesquelles des caractères d'écriture et des dessins préhistoriques furent inscrits. Certains hiéroglyphes remontent à plusieurs millénaires avant notre ère et c'est grâce à eux si plusieurs hommes illustres de l'Antiquité sont passés à l'immortalité. C'est sur les murs d'un temple qu'Auguste fit graver un récit précis de sa vie.

Le grand roi de Babylone, Hammourabi (près de 2,000 ans avant J.-C.), assura la permanence du Code

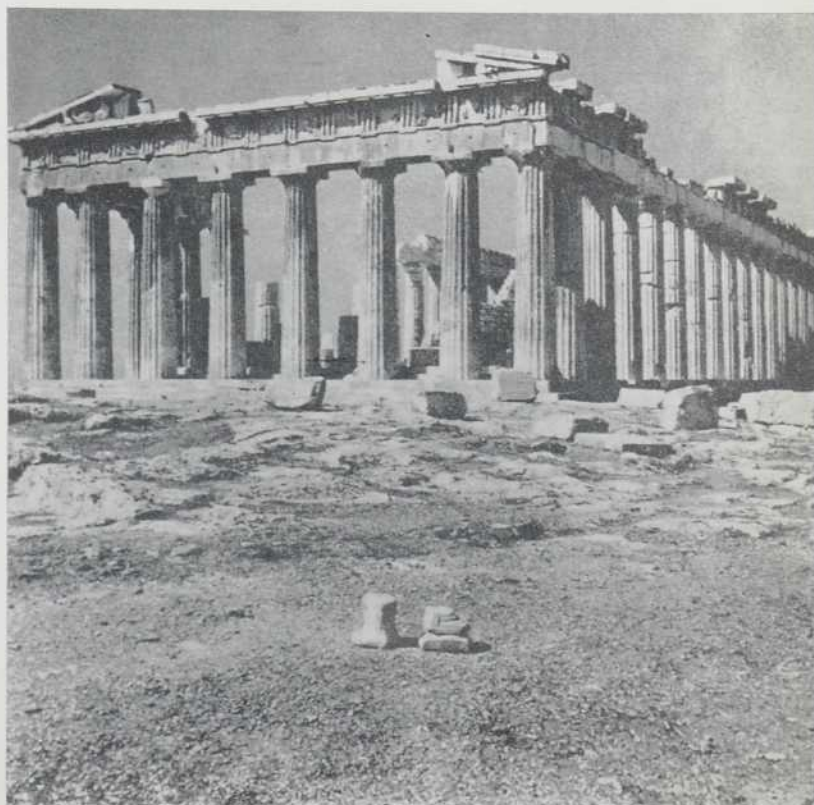
de lois qu'il avait promulgué en le faisant graver dans des stèles de diorite dont un exemplaire est encore conservé au Louvre. Darios, le roi des Perses, fit graver dans de l'or des inscriptions dans les langues courantes de la Perse, de Babylone et de l'Elam. L'invention de l'encre et du papier eurent vite fait de changer cette façon primitive d'écrire les documents, mais encore là ce sont des minéraux tels que le graphite (crayon de plomb) et le gaz naturel (servant à la préparation de l'encre) qui nous ont permis et nous permettent encore la transcription de l'histoire.

Les exemples d'utilisation des minéraux pourraient être évidemment multipliés à l'infini car toute l'histoire de la civilisation humaine et de ses progrès est intimement liée à la victoire de l'homme sur les substances minérales qui sont à la base des développements industriels et scientifiques.

Notre ère sera marquée par la grande variété et les quantités imposantes de minéraux utilisés. Nous vivons dans un siècle où il n'y a pas une seule substance minérale connue dont les quantités employées sont moindres que le total cumulatif de toutes celles utilisées au cours des siècles précédents. Il est évident que plusieurs nouveaux usages ont été développés afin de répondre à des besoins nouveaux, mais ces emplois ont permis à l'homme de faire ce qui était impossible à accomplir il y a quelques années à peine. Grâce à sa maîtrise des minéraux, l'homme s'est grandi lui-même.

Si l'ossature du corps humain tire sa force d'une substance minérale (le phosphate de calcium), l'on peut dire que la force industrielle de l'homme moderne provient aussi d'un minéral, le fer et son principal alliage, l'acier.

Le Parthénon, temple d'Athènes considéré comme l'un des chefs-d'œuvre de l'architecture grecque, était dédié à une déesse de la cité. Il fut construit au temps de Périclès, de 447 à 432 avant Jésus-Christ, et décoré par Phidias, le plus grand sculpteur de la Grèce classique. C'est une construction en marbre pentélique extrait d'une carrière située entre Athènes et Marathon. Le mont Pentélique était célèbre pour ses carrières de beaux marbres blancs.



# Ein nützlich Berg

büchlin von allen Metallen

als Gold/Silber/Zinn/Kupfer  
erg/ Eisenstein/ Bleierz/ und  
vom Quecksilber.



Fac-similé de la couverture d'un fascicule attribué à Calbus de Fribourg et publié en Allemagne au début du XVIe siècle.

Ce traité élémentaire de minéralogie est probablement l'ouvrage le plus ancien que l'on connaisse sur la science des minéraux et des roches. Tel qu'indiqué par le titre, cet ouvrage donne les « moyens pratiques d'extraire tous les métaux, tels que l'or, l'argent, le zinc, le cuivre, le fer, le plomb et le mercure ».

Depuis les temps les plus reculés jusqu'au 16e siècle, l'homme n'utilisa que sept minéraux métalliques : l'or, l'argent, le cuivre, l'étain, le fer, le plomb et le mercure. Les trois siècles qui ont suivi en virent apparaître sept autres : l'antimoine, le zinc, le bismuth, l'arsenic, le nickel, le cobalt et le manganèse, dont deux (bismuth et arsenic) n'étaient sûrement pas considérés comme des substances métalliques à cette époque.

Jusqu'aux environs de 1900, alors que le chrome et le tungstène commençaient à peine à être employés, environ une douzaine de métaux majeurs constituaient la fortune minérale du monde, du moins pour ce qui est des métaux.

Au cours des cinquante années qui suivirent non seulement le nombre des métaux connus tripla (on

connaît présentement 83 métaux différents) mais on vit apparaître dans l'industrie toute une gamme des alliages les plus divers et ce fut bientôt comme une deuxième phase de cette révolution industrielle qui avait débuté avec le siècle.

Rappelons que ce n'est qu'au cours du siècle dans lequel nous vivons que des métaux d'usage aussi courant que l'aluminium, le magnésium, le titane, l'uranium, le radium, le tellurium, le lithium ont été produits et utilisés par l'homme. A cette liste on peut aussi ajouter le béryllium, le cadmium, le columbium, le germanium, le sélénium, le tantale, le thorium, le vanadium, etc., dont les usages sont encore assez restreints.

Et que dire maintenant des substances métalliques que nous connaissons déjà, et dont les emplois sont très peu répandus. Dans cette dernière catégorie des métaux de l'avenir, on peut mentionner l'actinium, le californium, l'erbium, le francium, l'hafnium, l'iridium, l'osmium, le rhénium, le samarium, le thallium et une vingtaine d'autres que l'on retrouve dans les tables d'éléments chimiques et qui ont été extraits et isolés de minéraux connus.

Il est évidemment impossible de retracer tous les emplois des substances minérales dans notre vie moderne, car souvent elles nous apparaissent sous de tels déguisements, combinées ou alliées de si nombreuses façons que nous ignorons même leur présence.

Rappelons simplement le rôle primordial joué par les substances non métalliques, ordinairement subdivisées en minéraux industriels et en matériaux de construction (Les combustibles, charbon, gaz et pétrole forment une classe particulière).

Il suffira de mentionner le béton qu'on prépare en mélangeant le ciment au sable et au gravier ou à de la pierre concassée; le granite, le marbre, l'amiante et leurs innombrables usages dans l'industrie du bâtiment; le sel ordinaire qui, en plus d'être un condiment essentiel au bien-être de l'homme, est l'une des principales matières premières de l'industrie chimique, le phosphore extrait des phosphates et le potassium des potasses, ingrédients essentiels à la préparation des fertilisants, dont le rôle dans la vie animale et végétale est bien connu.

La richesse d'un pays dépend évidemment de plusieurs facteurs dont l'agriculture, les forêts et les pêcheries sont certainement parmi les plus importants. Ce sont ce qu'il est convenu d'appeler les richesses naturelles renouvelables, les différenciant ainsi des minéraux qui, lorsqu'ils ont été extraits de la terre ne sont pas renouvelés, sauf peut-être par extension alors que la métallurgie moderne récupère souvent des métaux déjà utilisés pour les retraiter et les transformer en de nouveaux produits. C'est le cas du minerai de fer par exemple qui exige l'emploi de grandes quantités de fer de rebut (*scrap iron*) pour sa transformation en fer en gueuse. Le plomb est aussi un métal facilement récupérable et le même métal est souvent

traité à nouveau, purifié et utilisé plusieurs fois dans l'industrie. Par contre, un grand nombre de métaux sont difficilement récupérables après leur emploi originel et c'est le cas du zinc par exemple utilisé en couches minces sur les tôles d'acier galvanisé.

En plus des richesses renouvelables, la puissance industrielle d'un pays se mesure par son industrie manufacturière, son commerce et surtout par ses ressources minérales, qui sont évidemment à la base d'une très grande part de son commerce domestique et d'exportation ainsi que de son industrie primaire et secondaire.

La place et l'importance des minéraux ne sont pas seulement grandes pour les peuples industriels en temps de paix, mais aussi pour la conduite des guerres. Comme la plupart des conflits prennent naissance pour des raisons d'ordre économique, les minéraux sont vite appelés à y jouer un rôle prépondérant et il n'est pas surprenant de voir certains minéraux qualifiés parfois de « minéraux de guerre » c'est-à-dire de minéraux essentiels à la poursuite de la guerre.

Plusieurs conflits armés ont éclaté dans le monde afin de conquérir ou de préserver des gisements minéraux essentiels à la poursuite des affaires et à l'évolution industrielle d'une nation. L'histoire nous enseigne que plus d'une fois des guerres ont éclaté en vue de la conquête de territoires qui renfermaient ces minéraux essentiels et ces mêmes guerres de minéraux furent faites avec des minéraux pour des minéraux.

Et que dire aussi des guerres économiques que se livrent les pays producteurs de substances minérales dans la conquête des marchés de consommation.

Les ententes commerciales entre certains pays imposant des droits douaniers communs sur les minéraux et les métaux, les accords internationaux au moyen desquels on tente par des tarifs et des quotas d'établir un équilibre entre la production et la consommation, les ventes à perte de certains produits miniers par des pays producteurs en vue d'augmenter leurs réserves de devises étrangères, sont autant d'armes industrielles que les économistes emploient dans les affaires internationales.

Bien qu'il soit facile de juger du rôle primordial joué par les minéraux, il est surprenant de constater le nombre restreint de personnes qui possèdent des notions même élémentaires sur la nature des principaux minéraux que l'on trouve dans la nature et sur l'existence d'une science qui les étudie, la MINÉRALOGIE.

## La minéralogie dans l'antiquité

Cette science s'est développée de pair avec les progrès réalisés par la chimie, la physique et la cristallographie. Les philosophes de l'Ancienne Grèce avaient énoncé toutes sortes d'hypothèses fantaisistes sur la nature des minéraux et des cristaux. Vinrent ensuite les alchimistes du Moyen Age qui prêtaient à certaines

substances minérales des propriétés et des pouvoirs pour le moins surprenants, en associant même les métaux connus aux planètes. C'est ainsi que Vénus était associée au cuivre, le Soleil à l'or, Mars au fer, et ainsi de suite jusqu'à la Lune qui était reliée au métal argent. Les théories les plus en vogue étaient celles qui remontaient aux philosophes de l'Antiquité, principalement ceux de l'école ionienne, Thalès de Milet, Anaximène, Héraclite et Anaximandre qui avaient recherché l'origine de toutes choses dans un élément primitif. Pour l'un, cet élément unique était l'eau, pour les autres c'était l'air, le feu ou la terre. Il y eut ensuite les atomistes, tel que Démocrite, la philosophie de Socrate qui scruta la nature des choses, Platon qui se pencha sur l'essence même du chaos (la terre) et Aristote dont le génie universel approfondit toutes les sciences, y compris la vaste sphère du monde inorganique qui comprend les minéraux. Toutes ces hypothèses émises sur la nature de certains minéraux présentent pour le minéralogiste moderne un intérêt purement historique.

Par exemple, Pline l'Ancien, naturaliste romain qui vécut au début de notre ère, raconte dans son Histoire Naturelle des « faits » tels que le suivant, à savoir que si l'on place un diamant sur une enclume et qu'on le frappe avec un marteau, ce dernier se brisera et non le diamant. Il eut soin d'ajouter cependant que si le diamant était d'abord trempé dans le sang d'une brebis, il se désagrégerait. L'on crut à de telles légendes pendant près de 1500 ans encore.

Une anecdote, plus intéressante celle-là à cause de sa justesse, a trait aux propriétés d'un minéral bien connu au Canada et est rapportée par Hérodote, surnommé le Père de l'Histoire. Au cours de ses nombreux voyages, Hérodote raconte que les corps des personnages, avant d'être déposés sur le bûcher, étaient couverts d'un linceul crématore de façon que les cendres puissent être récupérées et conservées dans une urne. Le linceul était fort probablement en tissu d'amiante dont on connaissait déjà la principale propriété physique, son incombustibilité. Le nom de ce minéral provient d'ailleurs du grec *amiantos*, signifiant incorruptible.

## Le premier grand traité des mines et minéraux

Les prospecteurs et les mineurs de tous les temps ont évidemment pratiqué la minéralogie et la géologie, mais leurs découvertes d'ordre pratique ne furent pas colligées jusqu'au jour où, en 1556, fut publié par Georgius Agricola un remarquable ouvrage sur les mines et les minéraux, intitulé « *De Re Metallica* ». Cette oeuvre, écrite en latin, est sans contredit le traité le plus complet sur la science des mines et de la métallurgie, telle qu'on la connaissait à cette époque. L'oeuvre de cet homme de science marqua un grand pas dans l'avancement des connaissances du temps sur la géologie, la genèse des gisements et l'extraction des substances minérales, tout particulièrement celle des

métaux. Alors que Nicolas Copernic, l'astronome polonais qui était son contemporain, émettait des idées nouvelles sur la terre, son mouvement et son univers, Agricola transformait les opinions sur la nature même des substances qui la constituaient.

« De Re Metallica » est formé de douze chapitres ou « livres » dont le premier traite de l'importance de l'industrie minière. Dans les autres chapitres, Agricola développe le sujet et parle des mines anciennes en exploitation, de la présence de veines minéralisées et leur mode de formation, des lois minières, des principes de mise en valeur minière, des machines et des outils employés, des méthodes d'analyse et de récupération des métaux à partir des minerais.

Il tenta aussi une classification des minéraux et en fit connaître vingt espèces nouvelles qu'il ajouta aux soixante minéraux déjà identifiés à cette époque. (Nous connaissons maintenant près de 2000 minéraux différents.)

Ce premier traité pratique sur les mines demeura une oeuvre classique pour plus de deux cents ans et ce n'est qu'en 1912 qu'une première traduction en langue anglaise fut faite par Herbert C. Hoover, éminent

ingénieur des mines qui fut aussi président des Etats-Unis d'Amérique de 1929 à 1933.

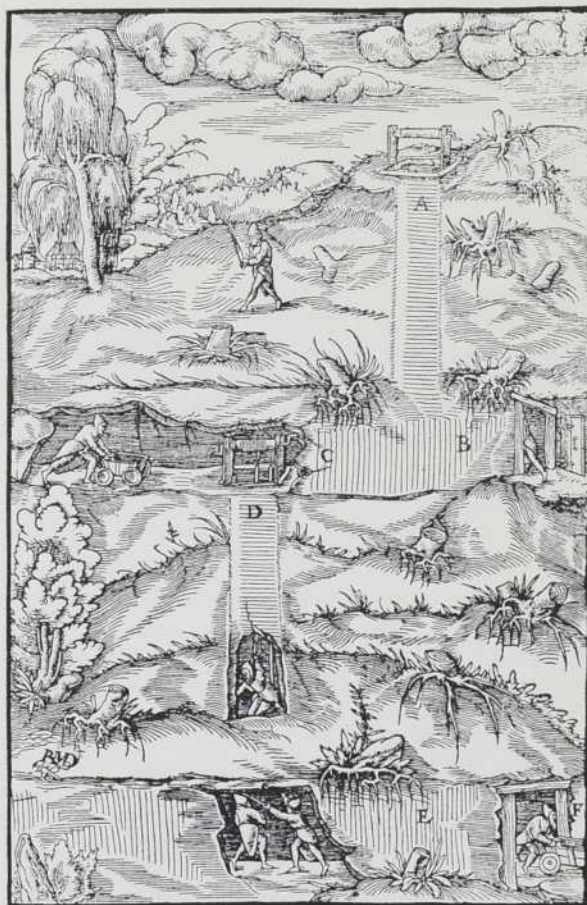
Il est bien évident que de nombreux ouvrages et travaux scientifiques furent publiés depuis la parution de l'oeuvre d'Agricola. C'est ainsi que l'élan donné aux sciences physiques au cours des dix-septième et dix-huitième siècles apporta de nombreuses contributions à l'étude systématique des minéraux et des cristaux. Les noms de plusieurs grands savants sont associés au progrès de la minéralogie; il convient cependant de mentionner d'une façon toute particulière l'application des rayons-X, découverts par Roëntgen vers



Quid Medici possent manibus? quas iungere plagas  
Vincibus londes, signa movere loco?  
Exiit hic solus qui pondera, viscera Terræ  
Rimatus, nobis bella metalla fodit.

Christophe Colomb venait à peine de commencer son deuxième voyage de découverte vers l'Amérique lorsque Georgius Agricola naquit en Saxe, ancien état de l'Allemagne orientale. C'était en l'an 1494. Les arts et les sciences étaient alors très florissants; le monde traversait une période de renaissance littéraire, artistique et scientifique.

Agricola est considéré à juste titre comme l'un des « pères » de la géologie, de la métallurgie et du génie minier parce qu'il sut appliquer à la science encore obscure des mines et des minéraux, les méthodes scientifiques d'observation.



L'ouvrage de Georgius Agricola « De Re Metallica », publié en 1556, contenait près de 300 illustrations montrant plusieurs variétés de gîtes minéraux de même que les machines et les outils employés à cette époque dans l'industrie minière.

La présente illustration montre l'exploitation souterraine d'un gisement où l'on a creusé les puits verticaux (A et D) en direction des veines minéralisées. La gravure indique aussi deux entrées latérales (B et F) percées à même le flanc de la montagne. Ces ouvertures permettaient aux mineurs de se rendre à leur travail et servaient au transport des minerais vers l'extérieur de la mine par les galeries souterraines indiquées en C et E.

A l'aide du microscope électronique, il est maintenant possible à l'homme de surprendre les cristaux durant leur croissance. La photo ci-contre montre les délicates dentrites d'oxyde de zinc.

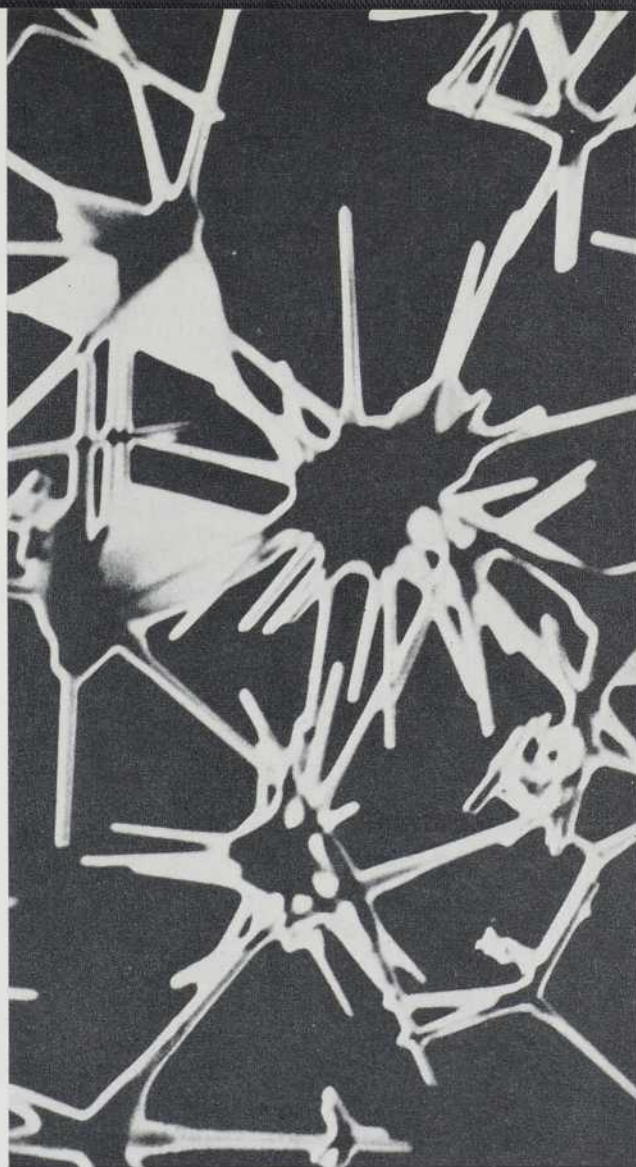
Cette beauté cachée au coeur de la matière nous est révélée grâce à un grossissement de 60,000 fois.

la fin du dix-neuvième siècle qui a permis à toute une pléiade de chercheurs de vérifier les hypothèses émises sur la structure des minéraux.

La science moderne nous a donné depuis des instruments de recherche d'une précision inespérée. Alors que les premiers chercheurs essayaient de découvrir la nature de la matière par des essais primaires d'observation à l'oeil nu, on réussit bientôt, grâce au microscope, à grossir les objets plusieurs centaines de fois. Ce fut ensuite l'emploi du microscope électronique qui permit de discerner ce que la lumière était impuissante à montrer. On ne palpe plus l'objet avec la main, mais plutôt on scrute l'empreinte des particules à examiner au moyen d'un faisceau d'électrons. Les grossissements obtenus sont de l'ordre de dix mille et même jusqu'à un million de fois.

Enfin ce sont les jets d'ions et les champs électriques qui permettent à l'homme, grâce à des grossissements de plusieurs millions de fois, de connaître et d'étudier la structure intime de la matière dont est constitué notre univers.

Ce sont les travaux de ces nombreux savants et le résultat de leurs recherches qui forment la science de la MINÉRALOGIE dont certains éléments sont donnés dans la présente série d'articles.



## Timmins revit la fièvre du Klondike

Le canton de Kidd, à quelque douze milles au nord de Timmins, en Ontario, a été récemment le théâtre du sondage le plus sensationnel de toute l'histoire de l'exploitation minière au Canada. Les qualificatifs les plus forts sont employés par les rédacteurs scientifiques pour souligner cet événement. On parle de « fabuleuse découverte », de « sondage historique », de « ville assiégée », d'« entreprise extrêmement profitable », de « dimensions extraordinaires ». D'après les détails récemment publiés, on y aurait rencontré un gisement de métaux non ferreux évalué à 55 millions de tonnes de minerai contenant en moyenne 4.85 onces d'argent, 1.33% de cuivre et 7.08% de zinc par tonne. Ce gisement aurait une largeur de 500 pieds sur une profondeur atteignant jusqu'à présent 1,800 pieds. Les récentes découvertes de la Texas Gulf s'avèrent parmi

les plus profitables de l'histoire des mines canadiennes. Il n'y a pas de chiffres strictement officiels encore publiés bien que cinq foreuses soient en train d'établir les limites du minerai. Des observateurs avertis parlent d'une exploitation qui nécessitera des investissements pour plus de \$25,000,000 ; certains analystes entrevoient des profits pouvant atteindre le milliard. Chose assez surprenante, la découverte de Texas Gulf n'est située qu'à quelques milles de l'une des plus vieilles villes minières du pays, dans une région abondamment fouillée depuis plus d'un demi-siècle. Selon que le déclarait récemment le président de la Texas Gulf, 6,000 tonnes de minerai seront extraites et traitées journalièrement, soit 2 millions de tonnes par an.

Texte de Gaston Lapointe, reportage de P.O.N.F.

# La cigarette nuit-elle à la santé?

L'habitude de fumer la cigarette augmente-t-elle les risques de maladie?

par Roger GHYS

Jusqu'il y a peu de temps, le rôle *pathogène* (qui provoque des maladies) de la cigarette a été très controversé; l'emploi du passé se justifie car on peut maintenant énoncer en théorie et démontrer la double proposition suivante :

#### FUMER la cigarette :

- augmente considérablement le risque de plusieurs maladies graves;
- n'a, en contrepartie, aucun effet bénéfique notable sur l'organisme.

Une approche historique de cette question est à la fois rationnelle et nécessaire.

Tout a commencé, lorsque, dans la plupart des pays civilisés, les pathologistes ont noté, entre les deux grandes guerres mondiales, un accroissement constant et considérable du pourcentage des cancers du poumon\* dans les autopsies faites dans des grands hôpitaux. Citons seulement quelques chiffres significatifs : A l'Hôpital de la Charité, à Berlin, le pourcentage est passé de 0,3% en 1908 à 1,5% en 1923; à Zurich, il est passé de 0,1% en 1910 à 2,1% en 1925; à l'Hôpital Presbytérien de New York, de 0,6% en 1921 à 3,7% en 1956, enfin, au Service de Pathologie de l'Université de Michigan, de 0,2% au début du siècle, à 4,2% en 1954. Aux Indes, le pourcentage de cas, très faible jusqu'il y a 10 ans d'ici, a triplé depuis lors.

#### \* NOTE :

Il importe de définir ici, de façon simplifiée à l'extrême, quelques termes de la nomenclature médicale.

On appelle **tumeur** « toute éminence circonscrite, d'un certain volume, développée dans une partie quelconque du corps » (Littré, éd. 1958). On distingue les tumeurs bénignes (tel, par exemple, le goitre) qui compriment simplement les tissus voisins et gardent une structure tissulaire relativement normale, des tumeurs malignes ou **cancers**, dont les cellules et la structure sont altérées et qui envahissent les tissus voisins en les détruisant.

Le mot « cancer » est parfois employé dans un sens plus restreint comme synonyme de **carcinome**, qui désigne les tumeurs malignes d'origine épithéliale, par opposition aux **sarcomes**, qui sont les tumeurs malignes d'origine conjonctive (les **leucémies**, tumeurs malignes du sang, peuvent également rentrer dans cette dernière catégorie).

Le cancer du poumon est presque toujours un carcinome dérivé du tissu bronchique, autrement dit « bronchogénique »; il peut être « épidermoïde » ou « indifférencié » (l'influence pathogène de la fumée de cigarette paraît surtout s'exercer vis-à-vis de ces deux types de tumeurs), plus rarement il prend une structure glandulaire et s'appelle alors « adéno-carcinome ».

Il y a donc une véritable « épidémie » mondiale de tumeurs pulmonaires, mais cette augmentation de fréquence présente plusieurs caractères curieux. Tout d'abord, elle est beaucoup plus marquée chez l'homme que chez la femme. Aux Etats-Unis, en 1930, 3000 personnes moururent de cancers pulmonaires, dont plus du tiers de femmes; 30 ans plus tard, en tenant compte du vieillissement de la population, le nombre de décès était 3 fois plus élevé chez les femmes, 10 fois plus chez les hommes. (Fig. 1 et 2)

Les citadins sont aussi plus frappés que les campagnards, puisque, toujours aux U.S.A., la fréquence est de 1,5 à 3 fois plus grande dans les villes.

Enfin, l'« épidémie », même si elle est universelle, est apparue à des moments différents dans les divers pays civilisés, puisque l'accroissement de fréquence apparaît rétrospectivement comme ayant commencé dès avant la première guerre mondiale dans des villes comme Manchester et New York, alors qu'il ne devint évident en Islande qu'à partir de 1948.

La première question que l'on doit se poser est évidemment : « Cet accroissement est-il réel ou provient-il simplement de l'amélioration de nos méthodes de diagnostic et d'une meilleure tenue des statistiques de décès ? » Cette question est surtout pertinente dans les pays médicalement moins avancés et il est certain que même une très considérable augmentation des cas rapportés dans un pays tel que l'Inde n'a probablement aucune signification statistique. Mais dans nos pays, on estime que, en 1930, le diagnostic exact n'était pas posé dans environ la moitié des cas de tumeurs pulmonaires et que ce pourcentage d'erreurs était tombé, en 1960, de 5 à 10%; l'amélioration du diagnostic expliquerait donc que le nombre de cas ait, au maximum, doublé, or, durant cette période, il a aux U.S.A. presque décuplé. L'augmentation de fréquence est donc incontestable.

Dans ces conditions, il est légitime de chercher un ou plusieurs agents pathogènes qui puissent expliquer ce considérable accroissement de fréquence.

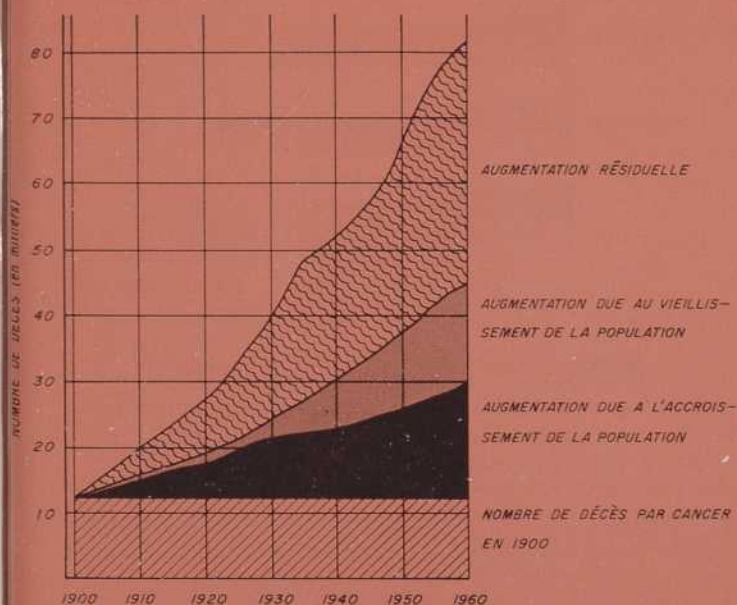
Ce ou ces agents doivent présenter plusieurs caractéristiques très particulières :

- ils doivent pouvoir agir au niveau du poumon humain;
- les hommes doivent y être plus exposés et depuis plus longtemps que les femmes ou plus sensibles;
- l'exposition de la population doit avoir commencé, dans des pays comme l'Angleterre et les Etats-Unis, au début du siècle et avoir continuellement augmenté jusque il y a

une dizaine d'années, puisque nous savons que, d'habitude, une dizaine d'années au moins sont nécessaires avant que les effets des agents cancérogènes ne se manifestent chez l'homme;

- une large proportion de la population masculine doit y être exposée dans les pays où la fréquence est élevée, une plus faible dans les autres;
- enfin, l'exposition doit être plus fréquente en ville qu'à la campagne.

La différence, entre ville et campagne, d'ailleurs faible comparativement à l'augmentation globale du nombre de tumeurs, peut aisément s'expliquer par la pollution atmosphérique dans les villes, due au début du siècle aux combustions incomplètes dans les systèmes de chauffage et maintenant davantage aux gaz d'échappement des véhicules automobiles. Ce facteur n'explique pas les autres caractères particuliers de l'« épidémie » de cancers du poumon. Si, après lui avoir concédé un certain effet, nous le laissons momentanément de côté, nous arriverons rapidement à la conclusion qu'il y a, dans la vie moderne, un facteur et un seul qui réponde à tous les autres critères : c'est la consommation de cigarettes. En effet, celle-ci a augmenté dans tous les pays où l'étude a été faite quelques années avant que ne se manifeste l'augmentation de fréquence des cancers pulmonaires; jusqu'il y a peu, les hommes fumaient, en général, beaucoup plus que les femmes et enfin, si la fumée de cigarette doit avoir un effet pathogène dans l'organisme, les bronches constituent de toute évidence une cible de choix. (Fig. 3 et 4).

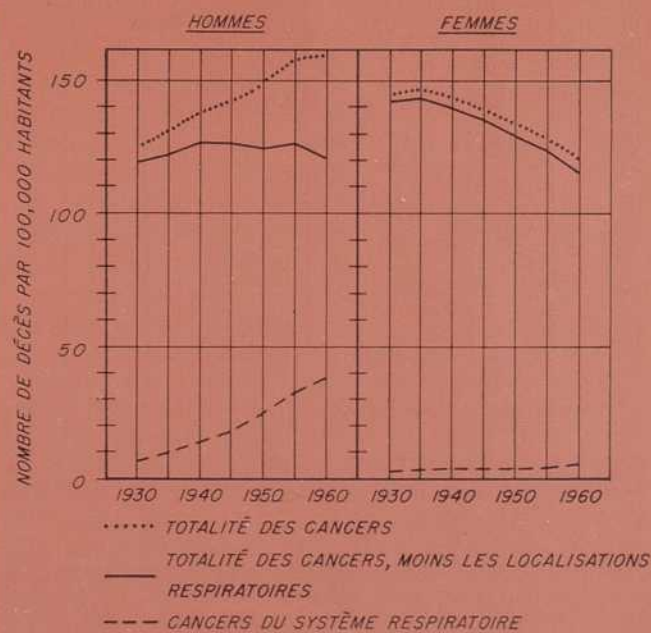


**Figure 1.** Evolution du nombre absolu de personnes des deux sexes mortes de tumeurs malignes, aux U.S.A., depuis 1900. On voit que ce nombre augmente constamment et qu'il y a une augmentation de la fréquence absolue, même en tenant compte du vieillissement de la population et de son augmentation en nombre.

Quinze ans après qu'un pathologiste ait pour la première fois éveillé l'attention sur l'augmentation du cancer pulmonaire paraissait, en 1936, dans le JAMA\*, un premier article soulignant que, sur un groupe de 135 hommes souffrant de cette affection, 90% étaient de « gros fumeurs ». Un seul travail de ce genre ne suffit évidemment pas à établir une relation causale entre les 2 phénomènes aussi de nombreuses autres études ont elles aussi été faites depuis lors sur ce sujet et l'une d'elles a récemment montré qu'il y avait un groupe de population aux Etats-Unis chez qui le cancer pulmonaire était pratiquement inconnu : ce n'est ni un groupe géographique, ni racial ni professionnel, mais un groupe religieux : la secte protestante des Adventistes du 7ème jour; peut-être le Créateur a-t-il décidé d'étendre une bénédiction spéciale sur ce groupe... mais il y a une explication plus matérialiste : la très grosse majorité des Adventistes ne fument pas !

Nous avons donc des preuves d'une relation entre l'augmentation de fréquence du cancer du poumon et la cigarette mais on pourrait très bien imaginer, même si cette hypothèse est génétiquement peu plausible, qu'il existe un facteur qui provoque à la fois le désir de fumer et une susceptibilité accrue au cancer pulmonaire, sans qu'il y ait de relation de cause à effet

\* Journal of the American Medical Association



**Figure 2.** Evolution de la mortalité par cancer aux U.S.A. depuis 1930, ajustée dans les deux sexes pour tenir compte du vieillissement.

On se rend compte que l'augmentation considérable notée dans la fig. 1 est presque entièrement due à l'augmentation des cancers respiratoires chez l'homme (et à un moindre degré chez la femme). La mortalité due aux autres cancers reste stationnaire chez l'homme et diminue chez la femme.

entre les deux phénomènes. Ce genre de preuve reste d'un intérêt platonique pour les statisticiens et n'autorise pas le médecin ou l'hygiéniste à prendre position, tant que nous n'aurons pas répondu aux deux questions suivantes :

- A) y a-t-il quelque chose de nuisible dans la fumée de cigarette ?  
 B) a-t-on pu provoquer expérimentalement des lésions au moyen de ces produits ?

Sans entrer dans les détails des théories très compliquées et encore controversées de la cancérisation, nous pouvons répondre « oui » à ces deux questions.

La nicotine est connue depuis longtemps comme une substance très toxique, notamment pour le système

circulatoire et, parmi les produits de combustion de la cigarette, au moins, une quinzaine, notamment des dérivés du benzopyrène et du benzantracène, sont des carcinogènes ou, au moins des co-carcinogènes, c'est-à-dire que ceux qui ne peuvent, à eux seuls, provoquer des cancers peuvent multiplier de façon très considérable l'action carcinogène d'un autre produit ou la tendance de certaines cellules de l'organisme à une transformation tumorale spontanée (Fig. 5).

A ce propos, il est significatif de constater que les mélanges de goudrons extraits de la fumée de tabac se sont révélés, dans certaines expériences, 40 fois plus cancérogènes que n'importe lequel de leur constituant à l'état pur : il y aurait donc, dans ce mélange de goudrons, potentialisation de l'effet des cancérogènes.

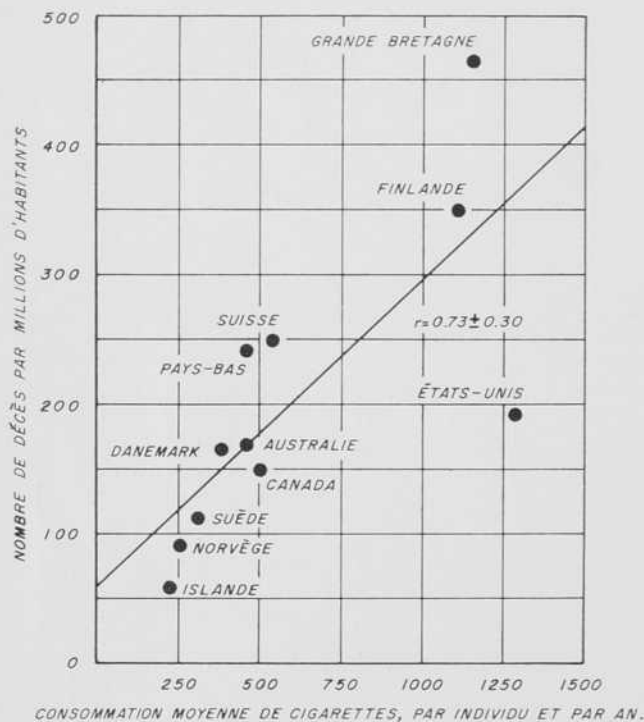


Figure 3. Comparaison de la morbidité par cancer du poumon en 1950 et de la consommation de cigarettes en 1930, dans différents pays.

Il y a une relation mathématique évidente entre les deux phénomènes. Trois points seulement s'écartent assez bien de la droite exprimant cette relation. Le chiffre de mortalité est faible en Islande mais, dans ce pays, la pollution atmosphérique est remarquablement faible, grâce, notamment, au système de chauffage urbain employant l'eau de sources thermales, donc sans que l'on brûle de combustible.

Au contraire, en Angleterre, où la mortalité est élevée, la pollution atmosphérique est maximum (cf. le fameux « fog » ou « smog » londonien). Aux U.S.A., les chiffres faibles sont probablement dus en partie au fait... que les américains jettent de plus longs mégots que les européens (31 mm en moyenne, contre 19 mm en Angleterre) et inhalent de ce fait une bien moins grande quantité de fumée par cigarette.

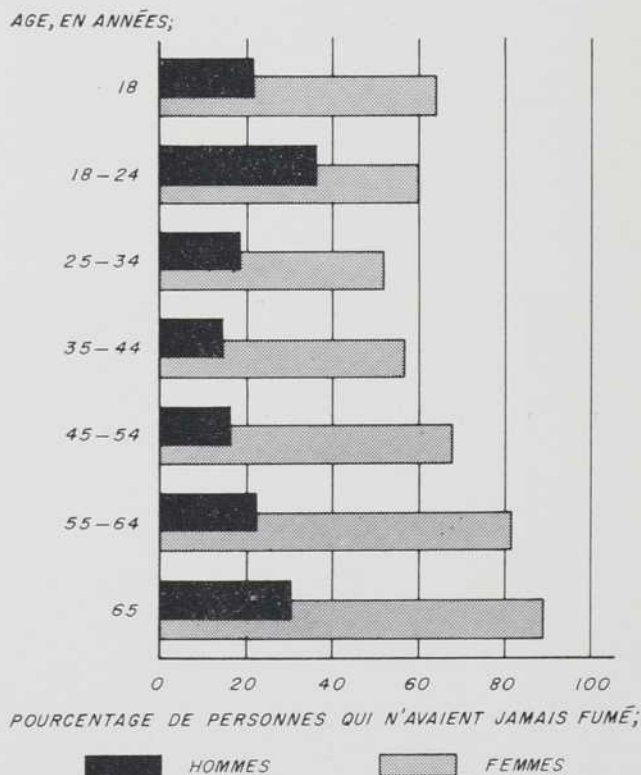


Figure 4. Pourcentages de non fumeurs dans la population des U.S.A. en 1955, par sexe et par âge.

Il y a beaucoup moins de femmes qui fument que d'hommes, surtout parmi celles qui, à l'époque, avaient 55 ans ou plus, âge à partir duquel on observe la plupart des cancers. Si l'on tient compte de cette différence, d'habitudes tabagiques entre les deux sexes, on observe que la différence de fréquence du cancer pulmonaire entre les deux sexes, qui est de 5 à 6 si l'on prend tous les individus, n'est plus de 1.3 à 1.4 entre les fumeurs, hommes et femmes.

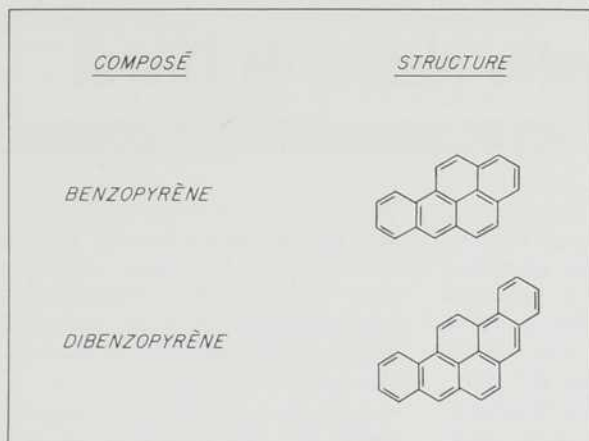


Figure 5. Le benzopyrène et le dibenzopyrène, les deux principaux carcinogènes extraits des goudrons de tabac.

Evidemment, la quantité de ces produits dans chaque cigarette est très minime, mais à raison de 20 cigarettes par jour, 365 jours par an ou plus, vous avez plus qu'il ne faut pour dépasser largement le seuil de cancérisation dans la plupart des organismes !

Par ailleurs, de nombreux expérimentateurs ont pu produire différents types de tumeurs au moyen de produits extraits de la fumée de tabac. Evidemment, les défenseurs de la cigarette soutiennent que les condi-

tions, chez l'animal d'expérience, ne sont pas les mêmes que chez l'homme mais l'argument joue dans les deux sens et si certains facteurs expérimentaux peuvent favoriser la carcinogénèse chez l'animal, il y en a bien d'autres, notamment, la plus longue durée d'exposition, qui augmentent le risque chez l'homme par rapport à l'animal de laboratoire.

Maintenant que l'effet nocif de la cigarette est démontré par les statistiques, la pathologie et l'expérimentation, pouvons-nous *chiffrer* le risque couru par les fumeurs.

### Le risque couru par les fumeurs, exprimé en chiffres

Plusieurs études ont été faites aux U.S.A., au Royaume-Uni et au Canada pour apprécier quantitativement ce risque. Ces études indépendantes arrivent toutes à des conclusions très semblables. Elles sont faites à très grande échelle puisque l'une d'elles, dont les résultats ne sont pas encore entièrement dépouillés, a permis de suivre 450,000 hommes pendant près de 2 ans, dans 25 états des U.S.A.

En Angleterre, on a étudié la mortalité par cancer du poumon chez 34,000 médecins de plus de 35 ans, suivis pendant 6 ans; aux U.S.A., on a entre autres, suivi pendant 3 ans 1/2 190,000 personnes âgées de 50 à 69 ans. Si l'on prend comme unité la mortalité par cancers pulmonaires chez les non-fumeurs, on trouve :

|                               | Angleterre           | Etats-Unis     |
|-------------------------------|----------------------|----------------|
| Fumeurs modérés (—de 20/jour) | 7 fois + de Tumeurs  | 7½ à 8½ fois + |
| Fumeurs moyens (20 à 40/jour) | 12 fois + de Tumeurs | 18 fois +      |
| Gros fumeurs (+ de 40/jour)   | 24 fois + de Tumeurs | 20½ fois +     |

Dans la deuxième étude, on a aussi divisé chaque groupe en 2 catégories : ceux qui fumaient toujours au moment du diagnostic du cancer et ceux qui avaient arrêté de fumer depuis un certain temps; même parmi ceux qui avaient abandonné le tabac depuis 10 ans ou plus, les ex-petits fumeurs avaient un taux de morbidité 2½ fois supérieur à celui des non-fumeurs, les ex-gros fumeurs, un taux 18 fois supérieur : ces chiffres se passent de commentaire.

Les rapports mentionnés ci-dessus révèlent donc que la fréquence du cancer pulmonaire est décuplée chez l'ensemble des fumeurs, par rapport aux non-fumeurs. Plus impressionnant encore est l'accroissement considérable de la fréquence d'autres maladies.

Par exemple, la fréquence des tumeurs est multipliée par 5 dans les autres régions exposées à la fumée ; celle des autres troubles pulmonaires fonctionnels est multipliée par 6 et celle des maladies cardiaques par 1.7 (on note aussi, dans ce dernier cas, une mortalité significativement plus précoce que chez les non-fumeurs).

Les maladies cardiaques sont spontanément beaucoup plus communes que les tumeurs du système respiratoire ; il en résulte que l'accroissement de mortalité dû aux troubles cardiaques est, en valeur absolue, supérieur à celui dû aux troubles pulmonaires : si un non-fumeur à l'âge de 35 ans, a 77% de chance de dépasser 65 ans, un gros fumeur n'en a plus que 59%.

(Suite et fin au prochain numéro)

# Terres marécageuses des grandes plaines de l'Ouest

## habitat par excellence des canards sauvages

par David A. MUNRO

La photo de cette page montre les terres palustres de la zone des landes à peupliers, au cours d'une année humide (1955).

Une ligne allant d'Edmonton à Winnipeg en passant par Prince-Albert constitue la limite nord des plus grands quartiers de couvainson de canards sauvages de l'Amérique du Nord. Suivons notre ligne au sud de Winnipeg afin d'inclure la moitié ouest du Minnesota, puis à l'ouest et au nord pour inclure la moitié est du Dakota-Sud, suivons le Missouri jusqu'à Great Falls, au Montana, et continuons notre ligne le long des contreforts des Rocheuses, de Calgary à Edmonton. Nous venons de délimiter la région où naissent 50% des canards de l'Amérique du Nord. Bien que les terres palustres des grandes plaines ne comptent que pour à peu près 10% de la superficie globale des quartiers de couvainson de canards du continent, c'est là que naissent 70 à 80% de tous les canards pillets et canards malards, gibier de prédilection de nos chasseurs. Les marécages des grandes plaines sont les seuls endroits de nidification qui conviennent réellement au morillon à tête rouge, au morillon à dos

blanc et au canard roux. De toutes les espèces de canards sauvages d'Amérique du Nord, quelques-unes seulement n'y viennent nicher que rarement; ce sont notamment les eiders, le kakawi, le canard huppé et le canard noir.

Nombre de gens se figurent que les Prairies ne sont qu'une immense étendue plate et peu accidentée, recouverte d'herbe ou de blé, dont la monotonie est brisée ici et là par des élévateurs à grain ou un bâtiment de curling. La réalité est bien différente et comment!

La topographie des Prairies varie du terrain plat aux vallonnements gracieux et même aux collines accidentées. Les cours d'eau ont creusé de profondes vallées et les vestiges de l'âge glaciaire sont visibles un peu partout. Les moraines et les dépôts glaciaires sont de proportions gigantesques. Bon nombre de dépressions mal drainées sont le résultat de la fonte de masses de glace mêlées aux cailloux des moraines. Pour le physiographe, le terrain est parsemé de



terres et de chaudières de géants, et pour le biologiste de la faune, c'est le pays idéal des mares et des trous d'eau. Après la fonte des glaciers, plusieurs lacs se sont formés dans les terres basses du Manitoba et de l'est de la Saskatchewan. Lorsque l'eau de ces lacs s'est retirée, les rares terres vraiment plates, formées d'argile lourde et d'alluvions, sont restées humides.

La topographie n'est pas la seule particularité variable des Prairies. Les sols de la région sont disposés en zones concentriques dont le centre se trouve à peu près au milieu de la ligne sud qui en forme la limite. Ces zones se répartissent, d'après la couleur du sol et en partant du centre, en zone de sols bruns, zone de sols brun foncé, zone de sols noirs et zone de sols gris forestiers. La composition du sol varie du limon fin au sable grossier. Les sols alcalins sont communs dans les terrains secs de la région. Les épaisses couches d'argile des plaines formées du lit des lacs glaciaires ne contiennent presque pas de pierres, mais les moraines et les dépôts alluvionnaires renferment parfois du gravier et des roches erratiques.

Le climat des prairies se distingue par ses hivers rigoureux, ses étés chauds et sa précipitation basse mais excessivement variable. La moyenne de précipitation est la plus basse dans le sud de l'Alberta et dans le sud-ouest de la Saskatchewan (c'est le fameux triangle de Palliser, où la moyenne de

précipitation n'atteint même pas 15 pouces). La précipitation s'améliore le long des limites nord et est de la région. La moyenne annuelle de précipitation est de 17.46 pouces à Edmonton et de 20.83 pouces à Winnipeg. Dans toute la région, près de la moitié de la précipitation a lieu en mai, juin et juillet. La partie la plus sèche de la région est aussi la portion où la précipitation varie le plus d'une année à l'autre.

On distingue deux zones écologiques importantes dans la région palustre des grandes plaines de l'Ouest, soit la zone des pâturages située à peu près dans le triangle de Palliser et la zone des landes à peupliers qui s'étend au nord et à l'est. La limite entre les deux zones, comme toutes les limites naturelles, consiste en une bande de terrain de forme variable et imprécise. La zone des terres à pâturage et la zone des landes à peupliers se subdivisent elles-mêmes en zones secondaires et en terrains de types particuliers.

Les mares, qui sont alimentées par les eaux de drainage des terrains avoisinants et subissent l'effet de l'évaporation, sont les endroits de prédilection des canards à l'époque de la nidification. Durant les années humides, certaines mares font partie de cours d'eau intermittents, le trop-plein de l'un alimentant l'autre. Les mares sont de dimensions variables, allant d'une fraction d'acre à plusieurs centaines d'arpents.

Dans les terres palustres des prairies se trouvent aussi des marais et des lacs. Ces marais et lacs se distinguent des mares par leur superficie souvent plus grande et par leur situation dans les plaines basses. Beaucoup d'entre eux servent d'habitat aux canards et à d'autres oiseaux aquatiques en période de couvain, mais ils sont surtout remarquables en ce qu'ils sont le rendez-vous des oiseaux en mue et des oiseaux migrateurs de passage.

Lors des années où les conditions hydrologiques sont favorables, on peut voir jusqu'à 150 mares au mille carré, surtout dans les terres à moraines au relief accidenté. En mai 1955, on a compté au delà de six millions de mares et pièces d'eau dans le sud des provinces des Prairies, et pourtant, si cette région pouvait bénéficier des mêmes conditions d'humidité du sol, de nivosité et de précipitation printanière, on y compterait sans doute plus de huit millions de mares et trous d'eau. La chose ne s'est probablement jamais produite.

Comme on pense bien, ce sont les variations de précipitation qui règlent la répartition des eaux superficielles, tant en nombre qu'en superficie. La quantité de neige en hiver, l'allure du dégel printanier et l'abondance des pluies printanières constituent des facteurs de toute première importance. La quantité d'eau de surface peut varier de beaucoup. Par exemple, l'indice des pièces d'eau pour le sud-est de la



Saskatchewan était de 1,335,000 en 1955, alors qu'il n'était que de 49,000 en 1961. On verra plus loin certaines conséquences de ces variations dans la répartition des eaux au double point de vue des plantes et des oiseaux aquatiques.

Nombreux sont les marais et les mares qui n'ont qu'une existence saisonnière. En moyenne, de mai à juillet, le nombre de mares et de pièces d'eau diminue de quelque 32%, et ce pour toute la région, et cette diminution se poursuit durant tout l'été. Naturellement, cette tendance est plus prononcée dans le sud de l'Alberta et dans le sud-ouest de la Saskatchewan qu'au Manitoba. Il est même arrivé que dans le sud du Manitoba on ait compté plus de trous d'eau en juillet qu'en mai, à cause de pluies abondantes qui étaient survenues en juin.

Afin de faciliter la poursuite incessante de l'étude des facteurs qui influent sur la vie des oiseaux aquatiques, les biologistes ont mis au point plusieurs méthodes de classement des terres palustres des prairies. Une des façons de cataloguer les mares d'après leur durabilité, afin de mieux comprendre l'importance des différents types de terres palustres pour les canards, est décrite ci-après :

**Mare superficielle :** de très faible profondeur, disparaît après quelques jours d'existence au printemps, ne supportant aucune plante de marais, fréquentée par les oiseaux aquatiques qui viennent s'y ébattre et picorer les céréales non moissonnées.

**Trou d'eau temporaire :** peut atteindre jusqu'à 18 pouces de profondeur, mais ne dure que six semaines au plus, envahi de laïches, de quenouilles et de roseaux; les canards y nichent et s'y reproduisent en grand nombre si la mare se trouve à proximité d'eaux permanentes où les couvées peuvent s'établir.

**Mare, marais ou lac plus ou moins permanent :** peut avoir jusqu'à cinq pieds de profondeur et avoir plusieurs années d'existence; permet la croissance de plantes aquatiques de surface et de plantes sous-marines; constitue le lieu par excellence pour l'élevage des petits.



Mare intermittente dans le sud-ouest du Manitoba.

**Mare, marais ou lac permanent :** a plus de cinq pieds de profondeur et ne s'assèche pour ainsi dire jamais; y croissent toutes sortes de plantes aquatiques; peut ou non assurer la subsistance d'oiseaux aquatiques, selon divers facteurs; surtout utile en tant que réservoir d'eau, durant les années de sécheresse.

#### La vie autour des mares

Quelle est la raison de la prédilection que montrent les canards pour les terres palustres des grandes plaines à la saison de la couvaison? Il existe d'autres régions tout aussi humides et où les pièces d'eau sont permanentes; donc, la réponse tient à un apport de circonstances fortuites. Il ne fait pas de doute que les trous d'eau des Prairies, proches les uns des autres mais non reliés, sont favorables à la concentration de grandes colonies de canards qui se partagent les terres et les eaux disponibles selon leurs besoins. Un autre avantage important consiste en la diversité des mares en étendue et en espèces de plantes, diversité favorable à la succession des besoins des canards selon leur stade de croissance. Les mêmes conditions se retrouvent à peu de choses près autour des lacs

du bouclier pré-cambrien du Canada, et aussi dans les immenses toundras et muskegs des régions boréales et arctiques. Toutefois, ces eaux, étant acides et peu fertiles, ne produisent que bien peu des organismes nutritifs de base qui sont absolument indispensables au développement d'une écologie en pyramide. Les mares des prairies sont non seulement nombreuses et réparties de façon très dense, elles sont aussi très fertiles et font vivre une flore et une faune des plus riches. Elles sont d'ordinaire peu profondes et se réchauffent dès la fin du printemps. Les caractéristiques de la flore et de la faune des trous d'eau des Prairies varient non seulement d'un trou à l'autre, mais aussi de saison en saison et d'année en année.

Les terres palustres sont sujettes à un ordre de succession qu'on pourrait qualifier de classique, dans l'évolution des plantes qui y vivent. Les plantes aquatiques varient d'une région à l'autre et aussi selon les conditions locales du sol, la quantité et la qualité de l'eau. Grosso modo, l'évolution des pièces d'eau passe de l'eau à surface libre à son encombrement par des plantes sous-marines, puis à l'envahissement par des plantes aquatiques de surface,

pour se transformer ensuite en marécages herbeux qui se garnissent finalement d'arbustes ou d'arbres. Le stade ultime s'appelle « le climax », et les stades intermédiaires, stades de succession. Ces derniers sont ceux qui conviennent le mieux aux oiseaux aquatiques. Chacun de ces stades, et bien souvent tous à la fois, sont disposés en zones concentriques au même endroit. La succession des éléments écologiques dans les trous d'eau des Prairies n'a rien de bien ordonné, comme c'est le cas dans les régions plus humides et au climat plus égal. A cause des variations dans la pluviosité annuelle et des fluctuations qui en résultent dans la quantité et la répartition des eaux de surface, l'évolution n'atteint que rarement le climax dans un trou d'eau. En 20 ans, l'évolution peut, s'arrêter, rétrograder et reprendre à trois ou quatre reprises. C'est sans doute cette particularité qui a favorisé la formation de mares et de trous d'eau au cours des années et, partant, la répétition des stades les plus favorables à la reproduction des oiseaux aquatiques.

L'érosion du sol, tout comme le climat, influe sur l'évolution écologique. De nombreuses mares des Prairies sont entourées de champs cultivés; le vent et le ruissellement érodent le sol à un rythme assez rapide. La plus grande partie du sol ainsi enlevé des endroits élevés se dépose dans les dépressions de terrain qui sont, en fait, les trous d'eau et les mares. On

n'a jamais étudié l'allure de la sédimentation dans les mares des Prairies, mais il semble évident que cette allure est assez rapide dans certaines régions.

Tenant pour acquis qu'il n'existe pas de mare de Prairies typique, considérons dans leurs détails les plantes et les animaux qui vivent dans un trou d'eau ou une mare.

Les plantes, qu'elles soient du plancton, des espèces flottantes, poussant sous l'eau, à la surface ou en terre autour des trous d'eau, sont de toute première importance pour les oiseaux aquatiques. Les algues du type plancton sont avant tout la nourriture de base des petits invertébrés. Elles constituent le premier chaînon du cycle de la vie animale du trou d'eau, c'est-à-dire la première nourriture.

Les plantes flottantes les plus communes des mares, des landes à peupliers et des pâturages naturels sont les algues filamenteuses et les diverses espèces de lemnaées (*Lemna*). Les graines des lemnaées sont la nourriture préférée de certaines espèces de canards sauvages. Les lemnaées et les algues filamenteuses servent aussi d'abri à diverses espèces d'invertébrés. Il arrive que les lentilles d'eau recouvrent si complètement la surface de l'eau que les plantes aquatiques à racines ne peuvent pousser, faute de lumière.

Les principales plantes qui poussent sous l'eau sont les potamots (*Potamogeton* sp.). Les feuilles, les

tubercules et surtout les graines de certaines plantes aquatiques constituent la nourriture principale des canards (1). Quant aux diverses plantes qui poussent sous l'eau, leur fréquence est en rapport étroit avec la profondeur, la teneur en sel de l'eau et la composition du fond de vase. Certaines espèces de plantes tolèrent mieux ces facteurs que d'autres (2).

(1) Le potamot pectiné (*P. pectinatus*) est une plante particulièrement utile. Les myriophiles (*Myriophyllum*), le cornifle (*Ceratophyllum*), la ruppie (*Ruppia*), la valisnérie (*Valisneria*) et l'orpin blanchâtre (*Chara*) sont communes aussi.

(2) Dans des mares de faible étendue du sud-est de l'Alberta, Lloyd Keith a trouvé que le *Potamogeton pusillus* et le *P. pectinatus* croissent rarement en eau de plus de 2.5 pieds de profondeur. Le *P. richardsonii* était la plante dominante dans les eaux de 2.5 à 3.5 pieds de profondeur, et le *P. friesii* et le *Chara* dominaient en eau de 3.5 à 7.5 pieds de profondeur. Le *Myriophyllum exalbescens* et le *Ceratophyllum demersum* tolèrent beaucoup mieux les grands fonds que les potamots. La *Ruppia occidentalis* et le *P. pectinatus* sont halophytes; le *P. richardsonii* et le *Ceratophyllum demersum* tolèrent relativement mal l'eau saline. Toutes les particularités ci-dessus influent d'une façon ou d'une autre sur la quantité et la qualité de la nourriture des canards; il s'ensuit qu'elles peuvent avoir une certaine importance quant au nombre d'oiseaux aquatiques qui peuvent trouver à se nourrir dans une étendue d'eau donnée.

Mares asséchées et embroussaillées, à l'est de Rapid City, au Manitoba (mai 1961).



Réseau de drainage de mares à un mille au nord de Croll, au Manitoba (juillet 1961).



Les espèces les plus communes de plantes aquatiques de profondeur sont la grande massette (*Typha latifolia*), le scirpe vigoureux et le scirpe aigu (*Scirpus validus* et *Scirpus acutus*), la fausse-fétuque (*Scolochloa festucacea*) et les carex (*Carex* spp.).

La grande massette ou « que-nouille », si familière et si répandue, offre un bon abri de nidification au morillon à tête rouge, au morillon à dos blanc, au canard roux et aux foulques. Cette plante est sans valeur nutritive et elle fait souvent la concurrence aux plantes aquatiques utiles aux canards. C'est une plante vigoureuse et tenace, difficile à faire disparaître. Le fauchage et le broutage assidu à certaines périodes, l'immersion dans plus de quatre pieds d'eau et les herbicides peuvent toutefois en réprimer la croissance. Evidemment, les herbicides doivent être utilisés avec circonspection, par des gens au courant de leurs caractéristiques et de leurs effets. Les scirpes et les laïches fournissent à la fois nourriture et abri aux canards. Comme les autres plantes aquatiques, les diverses espèces se répartissent selon leur tolérance à l'égard des conditions du milieu.

Les plantes qui poussent en eau peu profonde, comprennent notamment les renouées (*Polygonum*), bonne source de nourriture pour les canards, surtout dans les régions de pâturages naturels. Les rubaniers (*Sparganium*), les sagittaires (*Sagittaria*), les éléocharides (*Eleocharis*), les joncs (*Juncus* sp.) et les roseaux communs (*Phragmites communis*) croissent à qui mieux mieux au bord des mares.

Les plantes à tige ligneuse, surtout les saules au bord de l'eau et les peupliers à l'écart, entourent complètement ou partiellement les mares et trous d'eau dans la zone

des landes à peupliers; il arrive que les saules croissent en peuplements espacés en bordure des prairies marécageuses.

Les alentours des trous d'eau des Prairies ont tellement subi l'influence de l'homme qu'il vaut mieux les identifier d'après l'usage que l'homme en a fait. Nous pourrions donc parler de terres ensemencées de céréales ou en jachère, ou encore de pâturages, de pâturages légèrement broutés ou de pâturages fortement broutés, de terres à fourrage et de terres boisées. Certaines espèces d'oiseaux aquatiques les plus répandus, notamment le canard malard et le canard pilet, et à un moindre degré la sarcelle à ailes bleues, le canard siffleur, le canard souchet et le canard chi-peau nichent parfois assez loin de l'eau. La présence d'abris pour les nids aux abords des trous d'eau est donc d'importance vitale. Les herbes non moissonnées, les laïches et les mauvaises herbes qui poussent au pied des clôtures et le long des chemins, les touffes de symphoricarpes (*Symphoricarpos*), de chalef (*Elaeagnus*) et les rosiers sauvages abritent souvent des nids de canards. Les peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*) offrent des cavités dans lesquelles certains canards construisent leur nid, notamment les garrots. La topographie, le climat, la nature du sol et la façon d'utiliser la terre ont tous un certain effet sur la répartition des plantes-abris.

Les invertébrés qui vivent dans les trous d'eau, constituent une grande partie de la nourriture des canards. Ils sont d'un apport précieux au printemps lorsque les plantes et les graines font défaut, et ils sont une source d'aliments riches en protéines, si nécessaires aux canetons en croissance. On a mésestimé pendant longtemps la valeur

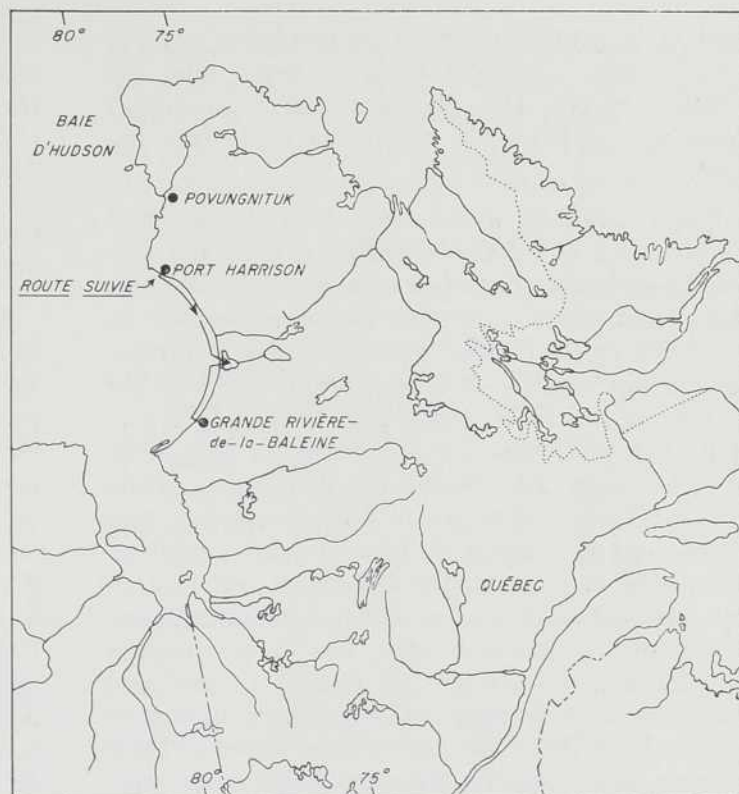
de la nourriture animale pour les canards, parce qu'on n'avait jamais trouvé que peu de matières animales dans le gésier de canards disséqués. Cette anomalie s'explique du fait que les matières animales ingérées, assez tendres, deviennent rapidement méconnaissables, ce qui n'est pas le cas pour les graines à enveloppe dure. Nolan Perret a prouvé dernièrement que grâce à des méthodes perfectionnées et à des examens minutieux du contenu du gésier de canards, on arrive à se faire une idée bien précise du régime alimentaire des canards et à accorder à l'élément animal de leur régime sa juste importance.

L'eau des mares abrite une faune invertébrée aussi variée qu'intéressante. C'est une expérience palpitante que d'examiner la prise qu'on remonte dans un filet à plancton jeté dans un trou d'eau. D'un seul coup de filet, on peut prendre des hydrachnidés aux formes bulbeuses de couleur pourpre, de délicates puces de mer rosâtres (*Daphnia*), des amphipodes gris-vert aux formes replètes et toutes sortes de larves d'insectes de taille, de forme et de couleur différentes, notamment les larves de chironomidés. On trouve des limaces en grand nombre parmi les mauvaises herbes et leurs coquillages sont souvent alignés au bord des mares. On trouve beaucoup plus d'invertébrés dans les lacs et les trous d'eau des Prairies que dans les lacs et les étangs du reste du pays. Bien qu'on ne puisse faire une comparaison précise, il ne serait pas exagéré de dire que la plupart des mares et trous d'eau des Prairies renferment, à volume égal, plus de 10 fois autant d'invertébrés que les lacs qui se trouvent au nord et à l'est des Prairies.

**NOTE :** la 2e partie de cet article paraîtra dans le prochain numéro, novembre 1964.

# Dans l'Arctique... au bout du monde

par D. E. McALLISTER



1. Itinéraire du voyage d'exploration. Des spécimens ont aussi été récoltés à Povungnituk.

L'hydravion Canso fit un cercle au-dessus des quelques bâtiments blancs qui faisaient tache sur le roc grisâtre parsemé de plaques de toundra verte près du rivage. Ayant améri à Port Harrison, sur la côte de la baie d'Hudson, dans un nuage d'écume, l'appareil ralentit, puis s'arrêta. Mes deux collègues, tous deux *malacologistes* (spécialistes des mollusques), et moi-même qui suis *ichtyologiste* (spécialiste des poissons), commençâmes immédiatement à décharger nos bagages en les lançant à des Esquimaux souriants qui les chargeaient dans des embarcations à marchandise. Nous mettions bientôt le cap vers le Sud dans une embarcation de 35 pieds de longueur munie d'une petite cabine. Notre capitaine très affairé, ainsi que les trois membres de l'équipage, étaient des Esquimaux qui ne parlaient pour ainsi dire que leur langue maternelle; toutefois, chacun sait que la bonne volonté et les gestes constituent un langage universel.

Ainsi commença donc l'expédition dont nous avait chargés le Musée national du Canada, et

qui constituait à étudier les poissons et les invertébrés des côtes ouest du Québec. Notre itinéraire de 300 milles partait de Port Harrison pour aboutir à Grande-rivière-de-la-Baleine. Les êtres vivants qui peuplent la baie d'Hudson, la mer intérieure du Canada, sont peu connus. Notre tâche consistait à découvrir les animaux marins qui y vivent, où et comment ils vivent. Nous avons rassemblé toute une collection d'organismes marins et d'organismes d'eau douce.

A l'aide de filets de toutes sortes, filets à ouïes, éperviers, sennes, chaluts, de lignes et d'hameçons, de passoirs et même de nos mains, nous commençâmes à collectionner poissons, gastéropodes « clams », crevettes, étoiles de mer des eaux froides et limpides. Tous nos spécimens ayant été mis dans la formaline ou dans l'alcool, ils pourront probablement se préserver pendant cent ans. Il fallait toutefois accorder tout autant d'importance qu'à nos spécimens aux étiquettes et aux notes signalant le lieu de capture, la profondeur, la température de l'eau, sa salinité, le type de

fond et le genre de végétation ambiante, car ces données nous renseignent sur la façon dont ces animaux vivent. Des photographies reproduisent toutes les couleurs des spécimens et de leur habitat.

Quels animaux avons-nous donc découverts ? Au filet et à la ligne, nous avons capturé des ombles mouchetés (*Salvelinus fontinalis*) dont les flancs sont ornés de taches rougeâtres cernées de bleu. Des ogacs (*Gadus ogac*) ont mordu voracement à nos cuillers et se sont empêtrés dans les mailles de nos filets. Leurs grands yeux leur permettent de voir dans la mi-obscurité du long hiver de l'Arctique. Les barbillons dont sont garnis leur mâchoire inférieure et leurs nageoires ventrales, leur permettent de trouver leur nourriture au toucher et au goût. Dans les eaux peu profondes, les chabots à quatre épines (*Myoxocephalus quadricornis*) sont communs. Les épines longues et effilées dont leur tête est munie, en font une prise peu facile à manier. Ces épines en font aussi une proie difficile à avaler par les rapaces. Dans la mer comme dans l'eau douce, nous avons trouvé deux espèces différentes de poissons blancs à reflets argentés, des corégones de lac et des harengs de lac. Ces deux espèces sont délicieuses; d'ailleurs, nous n'avons pas mis tous nos spécimens dans la formaline ! Les plages étaient parsemées de coquilles bleues de moules (*Mytilus*) qui font le délice des gourmets européens, tandis qu'en

eaux plus profondes nous avons trouvé des coques comestibles en quantité, des coques du Groenland (*Serripes groenlandicus*) et des coques d'Islande (*Clinocardium ciliatum*), qui étaient inconnues dans la baie d'Hudson. Nous avons élargi l'habitat connu de plusieurs espèces. Nous savons maintenant que l'habitat du corégone de lac et de l'omble moucheté s'étend au nord jusqu'à Povungnituk.

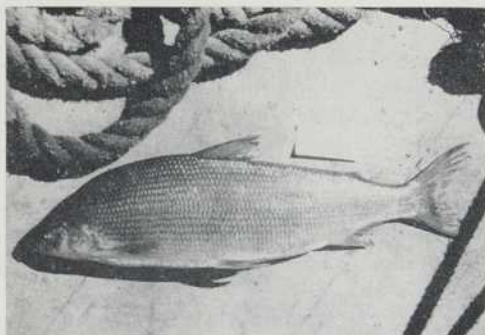
Les eaux de la baie d'Hudson atteignent au sud la même latitude que le Labrador et Terre-Neuve. Toutefois, les poissons de la baie d'Hudson n'appartiennent pas à la zone tempérée. Bien au contraire, tous les poissons de la baie d'Hudson appartiennent aux espèces de la zone glaciaire arctique, qu'on trouve dans les eaux polaires de l'URSS et du Canada. Les espèces de la zone arctique sont d'ailleurs peu nombreuses, car on en trouve moins de quarante dans les eaux de la baie d'Hudson. Dans les eaux du golfe Saint-Laurent, qui se trouve dans la zone tempérée, on trouve plus de 120 espèces de poissons, tandis que les eaux tropicales de la petite presqu'île de Floride en renferment plus de mille. L'ensoleillement réduit et le froid sont peu favorables à la production d'organismes dont se nourrissent les poissons. Nous avons vécu un moment palpitant lors de notre passage du golfe du Hasard au golfe de Richmond : le courant violent dû à la marée faillit jeter notre embarcation sur la falaise rocheuse. Les eaux froides amenées par le courant formaient une brume épaisse.

2. Le capitaine (au milieu) et l'équipage de notre bateau.



3. Le bateau (à dr.) et le canot (au milieu) à l'ancre dans la baie Tottenham, île Broughton.





4. Corégone de lac capturé à l'aide d'une araignée à l'embouchure d'une rivière.

Nos travaux d'exploration des eaux septentrionales nous ont permis d'acquérir de nouvelles con-

## L'Omble arctique chez les Esquimaux

Si l'on peut trouver le moyen de généraliser les petites opérations de pêche sur une grande partie du Grand Nord, il semble que l'avenir de l'Omble arctique (*Salvelinus alpinus*) soit prometteur. On sait que ce poisson du Nord est rapidement devenu un grand favori sur les menus des grands hôtels et des restaurants réputés, tant au Canada, aux Etats-Unis que sur les tables européennes.

C'est en 1958 que les premiers sondages se firent afin d'établir un marché possible à un mets aussi exotique. L'omble fut si bien reçu que l'on en manqua

Au temps de la montée des Ombles, pendant environ un mois, tout le monde travaille à cette pêche. Armés d'un harpon bien particulier, les Esquimaux font preuve d'une grande habileté pour capturer ce poisson rapide et vigoureux, proche parent du Saumon.



LE JEUNE SCIENTIFIQUE, OCTOBRE 1964

naissances, tant du domaine scientifique que du domaine pratique, mais il y a encore beaucoup de choses qui restent à apprendre. Nous ne savons que bien peu de choses au sujet de l'habitat et des moeurs de nombreuses espèces de poissons et d'invertébrés.

### BIBLIOGRAPHIE

- LEGENDRE, Vianney. *Les poissons d'eau douce*. Deuxième édition française. Société canadienne d'écologie, Montréal, 180 pages et 80 ill., 1954.
- LEGENDRE, Vianney. *Ogac ou morue de roche*. LE NATURALISTE CANADIEN, 1961, 88 (4) : 85-93.
- McALLISTER, D.E. *Keys to the marine fishes of Arctic Canada*. NATURAL HISTORY PAPER, Musée national du Canada, (5) : 1-21, 1960.
- MELANÇON, Claude. 1958. *Les poissons de nos eaux*. La société zoologique de Québec, Québec. 254 pp., 126 ill. 1958.

bientôt. Depuis ce temps, plusieurs coopératives se formèrent et leur production moyenne dépasse maintenant les 100,000 livres de poisson par an.

La saison de l'Omble est courte, soit au plus six semaines au milieu de l'été. Durant la montée de ces poissons argentés, les Esquimaux travaillent à une allure folle. Il faut débarquer les prises, les congeler rapidement, les emballer et les expédier vers le sud. Ce rapide et vigoureux poisson, dont le poids peut varier entre 3 et 16 livres, est maintenant une source de revenus pour l'Esquimaux qui, jusqu'à ces dernières années, ne s'était jamais adonné à la pêche commerciale.

Les scientifiques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada ont constaté la présence de l'Omble arctique presque partout dans l'archipel arctique. Ils ont effectué dans les îles canadiennes des régions arctiques, une vaste étude portant particulièrement sur les poissons et l'océanographie biologique et, lorsque la chose était possible, sur les mammifères marins. Ils ont établi une base de coordination à la baie Cambridge, sur l'île Victoria (Territoires du Nord-Ouest), et quatre camps fixes, notamment à Eureka, sur l'île Ellesmere, à la baie Assistance, sur l'île Somerset et à l'embouchure de la rivière Thomsen, sur l'île Banks.

Outre les Ombles arctiques, *landlockés* et *anadromes*, les hommes de science ont trouvé le Hareng de lac, la Truite grise et le poisson blanc (Corégone) plus au nord que la limite normale de ces espèces. L'Omble est généralement *anadrome*, c'est-à-dire que les adultes remontent les cours d'eau qui se jettent dans la mer à l'automne pour frayer. Toutefois, certaines formes de l'espèce ne quittent pas l'eau douce. L'Omble arctique qui va à la mer peut atteindre l'âge de 22 ans et un poids de 16 livres, tandis que les formes *landlockées* ou de l'intérieur n'atteignent d'ordinaire ni cet âge ni ce poids.

(D'après un Photo-reportage de l'O.N.F., Ottawa).

# Les particules fondamentales

3e article

par Serge LAPOINTE

Dans un premier article, nous avons rappelé les notions classiques concernant les particules de la physique : l'atome de Dalton, le phénomène d'ionisation et l'électron de Thomson, le proton, le neutron, l'atome nucléaire de Rutherford, l'atome planétaire de Bohr, le photon lumineux et le photon en tant que véhicule quantique de la force électrique.

Dans un deuxième article, nous avons abordé les particules moins usuelles, quoique bien connues, celles des années 30 et 40, les mésons  $\pi$  et  $\mu$ , leur découverte par Yukawa, puis dans le rayonnement cosmique, et finalement la découverte du neutrino par Pauli et Fermi.

Dans ce troisième et dernier article, nous décrivons les particules encore moins connues, les antiparticules et les particules nouvelles de ces quinze dernières années qu'on a parfois appelées particules étranges.

## Antiparticules

La liste de ces particules fondamentales, pour ainsi dire superflues du point de vue initial qu'avait adopté l'étude de la structure de la matière, allait encore continuer de s'allonger pendant longtemps; même aujourd'hui il n'est pas certain qu'elle soit close.

Le physicien américain Anderson fut le premier à trouver, en étudiant le rayonnement cosmique, une nouvelle particule fondamentale, en tous points semblable à l'électron, sauf que sa charge électrique était positive au lieu d'être négative. On lui donna le nom de *positron*. (Voir figure 9).

On observa bientôt le phénomène d'*annihilation* d'une paire de particules formée d'un électron et d'un positron. En se rencontrant, ces deux particules complémentaires annulent leurs charges et voient leur masse se transformer en énergie pure, sous forme de deux photons (Voir figure 10) :  $e^+ + e^- \rightarrow 2 \gamma$

Fig. 9. Trajectoires d'un électron et d'un positron dans la chambre à détente d'Anderson. Un champ magnétique, à l'intérieur de la chambre, fait décrire aux particules des trajectoires circulaires de courbures égales et opposées, en vertu de leurs charges électriques égales et de signe opposé.

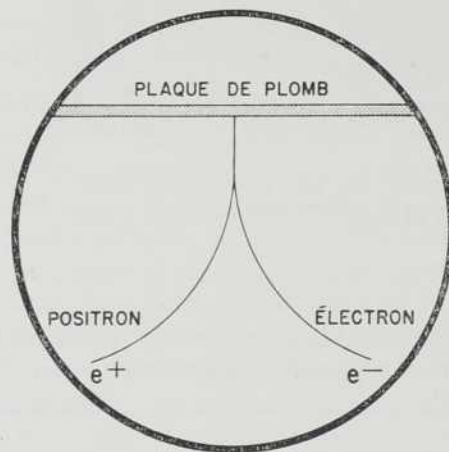


Fig. 10. Annihilation d'un électron et d'un positron.

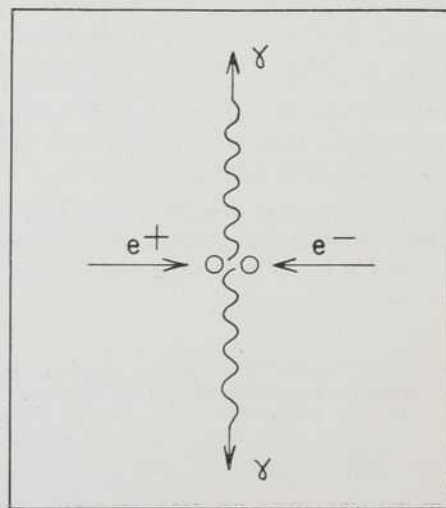
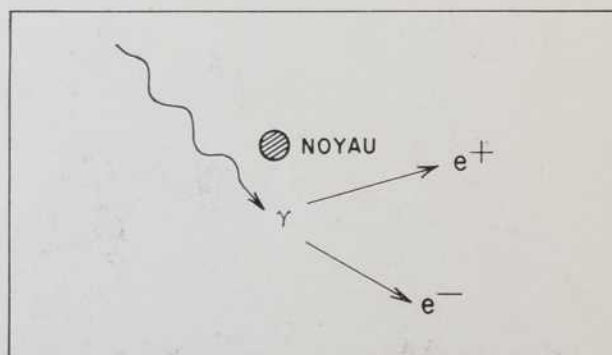


Fig. 11. Création d'une paire  $e^+, e^-$ .



On observa concurremment le phénomène inverse, appelé *création de paire*. Celui-ci se produit lorsqu'un photon, traversant le champ électrique intense qui se trouve au voisinage du noyau d'un atome, se transforme en une paire électron-positron (voir *figure 11*) :



L'électron peut continuer son chemin indéfiniment, mais le positron lui va vite s'annihiler avec le premier électron qu'il rencontrera.

Dans ces deux phénomènes, la charge électrique est conservée; elle est nulle de part et d'autre de la réaction. L'énergie aussi se trouve conservée.

La théorie se pencha sur ces nouvelles découvertes et elle fut bientôt en mesure de montrer que la situation de l'électron n'était pas unique sous ce rapport. Plusieurs particules fondamentales devaient pouvoir trouver dans la nature une particule complémentaire avec laquelle elles pourraient former une paire au sens de l'annihilation et de la création. On donna à ces particules soeurs le nom d'*antiparticule*. Ainsi le positron est l'antiparticule de l'électron, et vice-versa.

C'est ainsi qu'au proton devait correspondre l'*anti-proton*  $\bar{p}$ , une particule de même masse que le proton et de charge égale, mais de signe opposé, c'est-à-dire négatif, et capable de s'annihiler avec un proton. De même, au neutron correspond l'*antineutron*  $\bar{n}$ , de même masse que le neutron, de charge contraire, c'est-à-dire nulle comme celle du neutron, puisque le signe contraire de zéro c'est encore zéro, et capable de s'annihiler avec un neutron.

Le grand bévatron de l'université de Berkeley en Californie, aux Etats-Unis, fut construit avec l'intention de créer des paires de particules proton-antiproton et neutron-antineutron. Cet accélérateur géant fut conçu de façon à donner un faisceau de particules dont l'énergie serait de 6 GeV (gigaélectron-volts ou milliards d'électron-volts), énergie minimum requise pour créer une paire de nucléons et la plus haute qui avait jamais été atteinte jusqu'à ce jour en laboratoire.

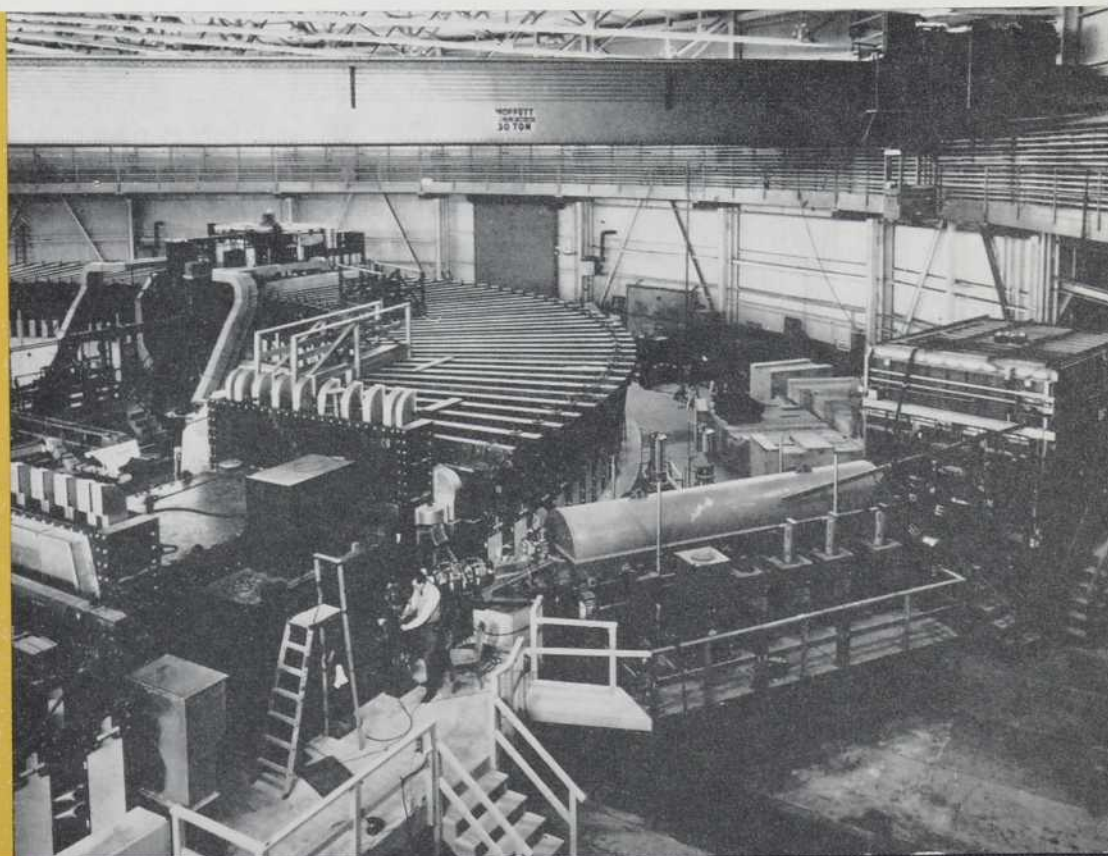
Depuis 7 ou 8 ans déjà maintenant, on a créé des antiprotons, puis, des antineutrons. On en fabrique aujourd'hui en nombres suffisants pour être capable d'effectuer des expériences portant sur les propriétés de ces particules coûteuses qui n'existent pas à l'état naturel dans notre entourage immédiat.

Au chapitre des antiparticules, on peut ajouter que le  $\mu^+$  est l'antiparticule du  $\mu^-$  et que l'expérience montre que le neutrino  $\nu$  possède aussi son antiparticule  $\bar{\nu}$ , l'*antineutrino*.

Tout compte fait, nous avons cité jusqu'ici treize particules fondamentales. On peut se demander, avant d'aller plus loin, quel est le rôle de ces antiparticules dans l'univers, du point de vue de la structure de la matière qui fut notre point de départ, par exemple. La première réponse qui nous vienne à l'esprit c'est qu'elles existent, elles sont là; elles sont intimement reliées à la matière, il faut donc apprendre à les connaître.

Cette réponse nous en suggère une autre. L'apparition des antiparticules en physique a comme dédoublé l'univers matériel d'un seul coup, à tel point qu'on se

Le grand bévatron de l'Université de Berkeley. Son nom vient de Bev qui est l'équivalent américain de Gev (gigaélectron-volts ou milliard d'électron-volts). A droite, on aperçoit le dispositif qui injecte les particules dans la machine. A gauche, on voit une partie de l'aimant, en forme de couronne, du bévatron même.



demande s'il n'existe pas dans l'univers une contrepartie de la matière que nous connaissons et qui serait formée elle uniquement d'antimatière, c'est-à-dire d'antiparticules.

C'est en somme à une extension et à une complexification de notre conception de la matière que nous assistons au cours de l'étude des particules fondamentales.

On admet aujourd'hui qu'à chaque particule correspond une antiparticule, mais la correspondance n'est pas toujours celle que nous venons de décrire. Ainsi le photon est sa propre antiparticule et il ne saurait être question là d'annihilation. Le  $\pi^+$  est l'antiparticule du  $\pi^-$  : mêmes masses et charges de signe opposé.

Ajoutons une quatorzième particule à notre liste : on trouve avec les autres mésons  $\pi$ , un méson  $\pi$  neutre, le  $\pi^0$ . Lui aussi est sa propre antiparticule.

### Particule et énergie

Comme nous l'avons vu, c'est dans le rayonnement cosmique que le physicien a découvert les  $\mu$ , les  $\pi$  et le positron. Il n'y a rien là d'étonnant quand on pense à ce qui se passe lors de l'arrivée d'un proton du rayonnement cosmique primaire dans l'atmosphère. Son énergie est souvent plus grande que toutes celles qu'on a pu produire jusqu'à maintenant en laboratoire et même que celles qu'on produira vraisemblablement d'ici encore longtemps.

Par conséquent, le proton du rayonnement primaire a toutes les ressources nécessaires pour décomposer et créer tout ce qui peut l'être. Les produits qu'il engendre dans l'atmosphère constituent ce qu'on appelle le rayonnement cosmique *secondaire*. Ce rayonnement secondaire est riche en particules de toutes sortes et il représente vraiment le résultat d'une analyse complète de la matière que le proton primaire effectue pour nous sur le vif.

Il est à remarquer qu'une certaine grandeur d'énergie est toujours associée à chaque particule fondamentale. Cette association n'est pas l'effet du hasard, elle a au contraire une signification réelle très importante.

Ainsi, il a suffi de la faible énergie disponible dans le tube à décharge de Thomson pour ioniser l'atome et produire l'électron. Quelques dizaines d'électron-volts suffisent ici. (Voir *tableau II*). Déjà pour rejoindre les électrons orbitaux les plus profondément enracinés dans les atomes lourds, et produire ainsi des rayons X durs, il faut mettre en jeu une énergie allant jusqu'à l'ordre de dix mille électron-volts. C'est là la fin du domaine d'énergie de la *physique atomique*.

Tableau II. — Energie associée à divers phénomènes.

| Energie<br>en électron-volts (eV) |        | Phénomènes         |                     |
|-----------------------------------|--------|--------------------|---------------------|
| 100 GeV                           |        |                    | } Hautes énergies   |
| 10 GeV                            |        |                    |                     |
| 1 GeV ou 1,000 MeV                |        | Paire $p, \bar{p}$ |                     |
| 100 MeV                           |        | Méson $\pi$        | } Domaine nucléaire |
| 10 MeV ou 10,000,000 eV           |        |                    |                     |
| 1 MeV ou 1,000,000 eV             |        | Paire $e^+, e^-$   |                     |
| 100 KeV ou 100,000 eV             |        |                    | } Domaine atomique  |
| 10 KeV ou 10,000 eV               |        | Rayons X durs      |                     |
| 1 KeV ou 1,000 eV                 |        |                    |                     |
|                                   | 100 eV |                    |                     |
|                                   | 10 eV  | Ionisation         |                     |
|                                   | 0      |                    |                     |

Pour pénétrer expérimentalement à l'intérieur du noyau atomique, domaine du proton et du neutron, il faut disposer d'au moins quelques millions d'électron-volts. A ce niveau d'énergie, nous sommes encore à l'intérieur de ce qu'on appelle quelquefois la *physique nucléaire* classique.

A ces énergies, on peut rencontrer le positron. Il suffit en effet d'environ un million d'électron-volts pour créer une paire électron-positron.

Le  $\mu$  et le méson  $\pi$  n'apparaissent qu'à une énergie de l'ordre de quelques centaines de millions d'électron-volts.

On a déjà vu plus haut qu'il faut plusieurs milliards d'électron-volts pour produire une paire de nucléons, soit proton-antiproton ou neutron-antineutron.

Ces quelques considérations nous suggèrent une autre façon d'envisager l'ensemble des particules fondamentales. En effet, les particules apparaissent en nombres de plus en plus grands à mesure que nous utilisons des énergies de plus en plus grandes pour faire l'analyse de la matière. C'est comme si plusieurs d'entre elles formaient les sous-structures de la matière stable ordinaire et qu'on ne les voyait apparaître que lorsqu'on déplie, avec des moyens de plus en plus puissants, l'éventail des éléments qui constituent la matière.

### Particules étranges

On devait continuer à trouver d'autres particules fondamentales dans le rayonnement cosmique secondaire, de même que dans les détecteurs qu'on place à la sortie des accélérateurs les plus puissants.

Depuis une quinzaine d'années, on a découvert dix-huit autres particules fondamentales, ce qui porte le nombre total à trente-deux. Au début, les propriétés de ces particules et leur rôle dans la structure de la matière paraissaient si mystérieux qu'on les affubla du nom de *particules étranges*.

On les connaît à peu près bien maintenant et on réussit à les classer toutes d'une façon satisfaisante.

Il y a d'abord le groupe des mésons K ou *mésons lourds*; cette seconde appellation vient du fait que leurs propriétés sont essentiellement celles des autres mésons, les  $\pi$ , sauf que leur masse est plus grande, étant de l'ordre de 1,000 m. Ce sont, pour ainsi dire, des mésons excités, doués d'un surplus de masse et donc d'énergie. Ils sont instables et redonnent éventuellement les autres particules que nous avons déjà mentionnées plus haut.

Puis, il y a le groupe des *hypérons*, qu'on pourrait appeler des nucléons lourds; ce sont les diverses par-

ticules et antiparticules  $\Lambda$ ,  $\Sigma$  et  $\Xi$ . Les hypérons forment avec les nucléons le groupe des particules qu'on appelle les *baryons*, ou particules lourdes.

Leur masse est de l'ordre de 2,000 m. Elles sont également instables et se désintègrent rapidement en donnant les autres particules plus légères.

Pour reprendre l'idée que nous avons énoncée plus haut, les mésons lourds et les hypérons seraient non pas des sous-structures des particules qui expliquent la structure de la matière, mais plutôt cette fois des super-structures. Elles sont produites lorsqu'on dispose de grandes quantités d'énergie, mais leur existence n'est que passagère; après un temps très court, elles se désintègrent et cèdent ainsi de nouveau la place aux autres particules plus légères.

Voici maintenant un tableau qui énumère toutes les particules fondamentales qui ont droit de cité à l'heure actuelle dans l'univers physique.

Tableau III. — Liste des particules fondamentales.

N.B. a) La trente-deuxième et dernière particule, attendue, l'anti-xi-zéro,  $\bar{\Xi}^0$ , vient tout juste d'être découverte et annoncée au monde au milieu d'août 1963, par un groupe de physiciens américains de l'université de Yale et du Brookhaven National Laboratory.

b) La notation en ce qui concerne les antiparticules peut porter à confusion. Ainsi, on rencontre, pour l'antiparticule du  $K^+$ , la notation  $K^-$ , ou  $\bar{K}^+$  ou encore  $\bar{K}^-$  comme nous avons choisi de l'écrire. La première est acceptable puisqu'il n'y a qu'un K négatif, mais il y manque tout de même la barre qui indique explicitement l'antiparticule. La seconde notation indique par sa barre l'antiparticule du  $K^+$ ; mais cette antiparticule ayant une charge négative, le signe + prête à confusion. Nous avons préféré adopter  $\bar{K}^-$  comme plusieurs auteurs. Cette convention est particulièrement importante dans le cas des  $\Sigma$ .

| Particules |   | Masse  |       |
|------------|---|--|-------|
| Photon     | $\gamma$  | 0 (stable)   |       |
| Leptons    | Neutrino $\nu_e, \bar{\nu}_e$   | 0 (stable)   |       |
|            | Neutrino $\nu_\mu, \bar{\nu}_\mu$   |  |       |
|            | Electron $e^-, e^+$   | 1 (stable)   |       |
|            | Muon $\mu^-, \mu^+$   | 207  |       |
| Mésons     | Pion $\pi^0$  | 269  |       |
|            | Pion $\pi^+, \pi^-$   |  |       |
|            | Méson K $\left\{ \begin{array}{l} K^0, \bar{K}^0 \\ K^+, \bar{K}^- \end{array} \right.$   | 970  |       |
| Baryons    | Nucléons $\left\{ \begin{array}{l} \text{Proton } p^+, \bar{p}^- \\ \text{Neutron } n^0, \bar{n}^0 \end{array} \right.$   | 1,836 (stable)   |       |
|            |   | 1,839  |       |
|            | Hypérons $\left\{ \begin{array}{l} \text{Lambda } \Lambda^0, \bar{\Lambda}^0 \\ \text{Sigma } \Sigma^+, \bar{\Sigma}^- \\ \text{Sigma } \Sigma^0, \bar{\Sigma}^0 \\ \text{Sigma } \Sigma^-, \bar{\Sigma}^+ \end{array} \right.$ | 2,182  |       |
|            |   | 2,330  |       |
|            |   | Xi $\left\{ \begin{array}{l} \Xi^0, \bar{\Xi}^0 \\ \Xi^-, \bar{\Xi}^+ \end{array} \right.$ | 2,578 |
|            |   |  |       |

Il y a quatre grandes classes de particules.

Le photon, seul dans sa classe, est sa propre antiparticule; il est stable et neutre; c'est la lumière.

Les *leptons* ou particules légères comprennent les neutrinos, les électrons et les muons. Il y a deux sortes de neutrinos: le  $\nu_e$  et son antiparticule le  $\bar{\nu}_e$  qui se rattachent à l'électron; le  $\nu_\mu$  et son antiparticule le  $\bar{\nu}_\mu$  qui se rattachent au muon. Finalement, il y a les muons qui ne sont plus considérés comme des mésons et qui appartiennent aux leptons en vertu de leurs propriétés.

Les mésons  $\pi$  légers et K lourds avec leurs diverses antiparticules; le  $\pi^0$  est sa propre antiparticule.

Finalement, les baryons ou particules lourdes qui se subdivisent en nucléons et en hyperons. Il est intéressant de noter que les seules particules stables sont le proton, l'électron, le neutrino et le photon.

### Particules résonantes

Les particules dont nous venons de terminer la description sont stables ou ont une vie *relativement* longue, de l'ordre de  $10^{-10}$  seconde. C'est cette propriété qui leur vaut leur statut de particule véritable.

Pour être complet, il convient de mentionner ici un autre groupe d'une trentaine de particules qu'on vient de découvrir récemment et auxquelles on donne le nom de *particules résonantes*.

Dans un sens, il ne s'agit pas là de véritables particules, mais bien d'associations relativement stables de particules fondamentales. C'est cette stabilité qui est à l'origine du qualificatif: résonantes. Ces associations sont favorisées un peu comme le phénomène

de résonance favorise les grandes amplitudes dans les mouvements vibratoires.

Cette stabilité est d'ailleurs toute relative: elle est de l'ordre de  $10^{-23}$  seconde seulement. On parle, dans ce contexte, de particules  $Y$  et  $\Omega$ : la nomenclature toutefois n'est pas encore arrêtée. Certains physiciens s'objectent à voir ces associations qualifiées de particules, fussent-elles seulement résonantes.

Où sera-t-il utile et souhaitable de trancher et d'arrêter la liste des particules, c'est l'avenir qui le dira.

### Conclusion

Il reste bien encore une particule que nous n'avons pas encore mentionnée; c'est le *graviton*. Nous l'avons gardée pour la conclusion parce que son existence n'est pas encore fermement établie théoriquement et qu'elle n'a pas été détectée expérimentalement.

Le graviton serait tout simplement le véhicule de la force gravitationnelle ou la particule fondamentale du champ de la pesanteur. Elle s'apparenterait au photon qui est la particule du champ électrique et au méson  $\pi$  qui est celle du champ nucléaire.

On peut dire que le tableau des particules fondamentales forme un ensemble cohérent que l'on comprend à peu près complètement dans ses grandes lignes.

Il reste bien sûr un grand nombre de propriétés à mesurer et plusieurs énigmes à résoudre mais, en général, tout semble bien en place.

On ne saurait toutefois, sans imprudence, exclure toute possibilité de transformations même majeures dans ce domaine aussi complexe et malgré tout encore si peu exploré.

## Faites connaître LE JEUNE SCIENTIFIQUE

Vous êtes abonné au JEUNE SCIENTIFIQUE et nous vous remercions de votre encouragement. Mais nous vous demandons de collaborer au maintien et au progrès de votre revue en recrutant d'autres abonnements.

Rien n'est plus excitant que les découvertes de la science moderne. La plupart des jeunes, aujourd'hui, parlent couramment d'énergie nucléaire, de voyages interplanétaires, de satellites artificiels et de bien d'autres sujets techniques. LE JEUNE SCIENTIFIQUE se propose d'éveiller leur curiosité et leur désir juvénile, de combler leur désir d'en savoir davantage et de susciter des vocations à la vie passionnante de chercheurs scientifiques.

Pourquoi ne pas en faire profiter vos amis, en les invitant à s'y abonner.

## Tarif des abonnements

|                       | Canada | Autres pays |
|-----------------------|--------|-------------|
| individuel            | \$3.00 | \$3.50      |
| groupe <sup>(1)</sup> | \$2.00 | \$2.25      |

<sup>(1)</sup> Un abonnement de groupe-étudiants, comprend 15 abonnements ou plus à une même adresse ; le responsable de ces abonnements bénéficie d'un escompte de 5% sur chaque abonnement.

Les chèques ou mandats doivent être faits en argent canadien, au nom du Jeune Scientifique, C. P. 6060, Montréal 3, Qué., Canada.

## Le Jeune Scientifique

a besoin de la collaboration active de tous ses abonnés actuels pour atteindre son objectif. Son avenir repose en grande partie sur le succès de la campagne d'abonnements.

## Le Jeune Scientifique

doit obtenir 30,000 abonnements pour maintenir son programme actuel, pour continuer à servir tous les étudiants intéressés aux sciences. L'an dernier, le nombre d'abonnements atteignait 8,000. Il faut donc intensifier les efforts, faire connaître la revue dans toutes les écoles, dans les collèges et aussi dans un plus grand nombre de foyers du Québec.

## Les auteurs de ce numéro

### Rédacteurs :

#### page

- 1 Minéralogie pratique et ressources minérales par Jean-Paul DROLET, ing. p., sous-ministre adjoint (mines), ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.
- 7 Timmins revit la fièvre du Klondike par Gaston LAPOINTE, photo-reportage de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.
- 8 La cigarette nuit-elle à la santé ? par Roger GHYS, M.D., laboratoire de Radiobiologie, département de Biochimie, faculté de Médecine, Université Laval, Québec.
- 12 Terres marécageuses des grandes plaines de l'Ouest, habitat par excellence des canards sauvages par David A. MUNRO, chef du Service canadien de la Faune, Ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Ottawa.  
Avec la permission spéciale de l'éditeur, reproduit du *Canadian Audubon*, édité par la *Canadian Audubon Society*, 46 St. Clair Avenue East, Toronto.
- 17 Dans l'Arctique... au bout du monde par D.E. McALLISTER, conservateur des poissons, Musée national du Canada, Ottawa.
- 19 L'Omble arctique chez les Esquimaux par Gaston LAPOINTE, photo-reportage de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.
- 20 Les particules fondamentales, 3e article par Serge LAPOINTE, Ph. D., professeur de Physique, Université de Montréal.

### Photographes, dessinateurs :

- 1-7 Minéralogie pratique et ressources minérales :  
photos gracieusement fournies par Jean-Paul DROLET, ing. p., sous-ministre adjoint des Mines et des Relevés techniques, Ottawa.  
p. 2, une fresque de mineurs, extrait de *Der Bergbau in der Kunst*; p. 3, le Parthénon, extrait de *Les Merveilles de l'Art Antique*, par Georges Daux; p. 4 et 6, exploitation des minéraux, extrait de *De Re Metallica*, de Georgius Agricola; p. 6, portrait d'Agricola, extrait de *Kaiser Builder*, juin 1960; p. 7, oxyde de zinc, extrait de *Réalités*, juin 1962.
- 9-11 Graphiques fournis par Roger GHYS, Université Laval, Québec, dessinés par Rosaire GOULET, Montréal.
- 12-15 Terres marécageuses des grandes plaines de l'Ouest, photos du Service américain de la faune.
- 13 Le triangle de Palliser, carte fournie par la Division des Parcs nationaux, Ministère du Nord canadien et des Ressources nationales.
- 17-19 Dans l'Arctique... au bout du monde, photos de D.E. McALLISTER, Musée national du Canada, Ottawa.
- 19 L'Omble arctique, photo de l'Office national du Film, O.N.F., Ottawa.
- 20 Les particules fondamentales, dessins de Rosaire GOULET, Montréal.
- 21 Le grand bévatron de Berkeley, photo de l'Université de Californie.

## LE GAZ NATUREL

### richesse canadienne

Le gaz naturel est presque aussi ancien que le monde lui-même, s'étant formé sous les couches terrestres il y a des millions d'années.

Depuis la dernière guerre, en raison des besoins croissants d'énergie, les hommes de sciences se sont intéressés de plus en plus au gaz naturel.

Aujourd'hui, en Amérique du Nord, le gaz naturel fournit plus de 35% de l'énergie requise, comparativement à moins de 3% au début du siècle. Il est de plus une matière première essentielle dans l'industrie, se prêtant à plus de 26,000 usages différents.

Le Canada est très riche en gisements de gaz naturel. La région de Montréal en est alimentée de l'Alberta par le gazoduc de la Trans-Canada Pipe Lines Limited, le plus long réseau de transmission au monde. Les surplus canadiens de gaz naturel sont exportés aux Etats-Unis et l'industrie collabore aussi à la stabilisation de nos échanges commerciaux.

Pour continuer à assurer le progrès de l'économie canadienne et le développement de notre confort domestique, l'industrie du gaz naturel aura de plus en plus besoin d'hommes de sciences et d'hommes d'affaires.

Vous pouvez obtenir des renseignements sur l'industrie du gaz naturel et sur les carrières prometteuses qu'elle offre à nos jeunes en vous adressant au :



Service des relations extérieures  
La Corporation de Gaz Naturel du Québec  
C. P. 6111, Montréal 3.