



COMMISSION
GÉOLOGIQUE
DU
CANADA

MINISTÈRE DES MINES ET
DES RELEVÉS TECHNIQUES

This document was produced
by scanning the original publication.

Ce document est le produit d'une
numérisation par balayage
de la publication originale.

ÉTUDE 60-11

LE FER ET LE TITANE DANS LE MASSIF
ANORTHOSITIQUE MORIN,
QUÉBEC

(Rapport et figure)

Edward R. Rose

75

Prix: 50 cents

1960



COMMISSION GÉOLOGIQUE
DU CANADA

ÉTUDE 60-11

LE FER ET LE TITANE
DANS LE MASSIF ANORTHOSITIQUE MORIN
(QUÉBEC)

par

Edward R. Rose

Traduction

MINISTÈRE DES
MINES ET DES RELEVÉS TECHNIQUES
CANADA

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Introduction.....	1
Nature du travail	1
Remerciements	1
Emplacement et topographie	2
Travaux antérieurs	2
Résumé des conclusions	4
Ouvrages de référence	4
Géologie générale	5
Pétrographie de l'anorthosite Morin	6
Géochimie	7
Interprétation des anomalies magnétiques.....	8
Géologie économique.....	10
Description des gîtes.....	11

Illustration

Carte montrant les principaux affleurements de fer et de titane Insérée

LE FER ET LE TITANE
DANS LE MASSIF ANORTHOSITIQUE MORIN
(QUÉBEC)

INTRODUCTION

Nature du travail

Le présent rapport a pour point de départ les travaux faits sur le terrain au cours d'une partie des étés de 1958 et de 1959. On a fait un levé sommaire du "massif anorthositique Morin", et recueilli des données géologiques et magnétiques à l'aide de la boussole d'inclinaison. On a dressé le plan de certaines régions choisies, à l'échelle de 200 pieds au pouce, au moyen de la planchette, la stadia et l'alidade.

Des examens microscopiques de coupes minces et de surfaces polies d'échantillons prélevés sur le terrain nous ont renseigné sur la minéralogie, la texture et la paragenèse des minéraux renfermés dans les roches et les minerais. Dans les laboratoires de la Commission géologique du Canada, on a fait des analyses chimiques et spectrographiques, des séparations mécaniques de minéraux et des déterminations de minéraux par radiodiffraction.

Remerciements

Lors de ses travaux sur le terrain, l'auteur a été assisté de M. H. L. Lovell, en 1958, et de MM. Pierre Migneault et G. F. Rose, en 1959. Il convient également de remercier plusieurs résidents de cette région, qui nous ont accordé la permission de rechercher et d'examiner des affleurements rocheux situés sur leurs propriétés. On a tiré une foule de renseignements utiles de travaux effectués antérieurement sur cette région, dont, en autres, ceux de M. F. F. Osborne et M. F. D. Adams, maintenant décédé. La société Crane a permis l'utilisation des renseignements relatifs à cette région qui ont été recueillis et consignés par M. Louis Moyd dans un rapport provisoire inédit à l'intention de cette société¹. L'auteur y a trouvé une aide inestimable. Il faut aussi remercier MM. B. C. Salmis et Guy Lavigne, respectivement président et vice-président de la Laurentian Titanium Mines Limited, qui ont contribué, grâce à leurs connaissances et à leur aide, à l'étude de la région St-Hippolyte—lac du Pin-Rouge, et à celle d'autres régions. M. Emile Latrémouille, propriétaire actuel de la mine Ivry, nous a obligeamment permis de visiter la fosse de l'ancienne mine, où les travaux ont repris en 1958-1959.

¹ Les rapports mentionnés apparaissent dans la liste des ouvrages de référence donnée à la fin de cette section.

Emplacement et topographie

Le massif anorthositique Morin occupe une superficie d'environ 1,000 milles carrés, dont le centre se trouve à environ 60 milles au nord de Montréal, dans les comtés de Terrebonne, de Joliette, d'Argenteuil et de Montcalm. Elle s'étend depuis Shawbridge, au sud, jusqu'à St-Donat, au nord, et depuis St-Théodore, à l'est, jusqu'à St-Faustin, à l'ouest (voir figure 1).

Du point de vue topographique, cette région est caractérisée par des collines rugueuses et abruptes qui s'élèvent à plus de 600 pieds au-dessus de la région environnante, les élévations dépassant de beaucoup les 2,000 pieds en certains endroits. Là, la roche en place est recouverte de matériaux de transport glaciaire, de sable et de gravier, et, dans les vallées profondes, d'argile sous-jacente à du sable stratifié. Une bonne partie de cette région est boisée de façon dense et variée. Les lacs alimentés par des sources abondent et sont entourés de collines. Les rives de la plupart de ces lacs sont abruptes et rugueuses.

Travaux antérieurs

Le massif anorthositique Morin a été cartographié et désigné par F.D. Adams, pour le compte de la Commission géologique du Canada, au cours des années 1885-1891. Ce géologue l'a ensuite décrit en détail dans son rapport de 1896.

Contrairement à l'opinion émise antérieurement par sir William Logan, ainsi que par d'autres chercheurs, à l'effet que cette anorthosite faisait partie du système laurentien de roches sédimentaires gneissiques, Adams en a conclu que l'anorthosite était une roche ignée plus récente qui aurait fait intrusion sous forme de batholite au sein des roches gneissiques qui l'entourent. Dès lors, il en est résulté une foliation marginale accentuée et, en plusieurs endroits, on reconnaît des preuves d'un écrasement et d'un cisaillement intense au sein de la zone de contact des deux systèmes. On a découvert que l'anorthosite contenait de nombreuses et importantes inclusions de roche encaissante, et aussi de l'ilménite et de la magnétite titanifère qui, selon Adams, devaient avoir une certaine importance économique. Cette anorthosite est coupée de dykes plus récents de pegmatite et de diabase.

En 1910, on a relevé un gîte d'ilménite massive à proximité d'Ivry, et l'on en a entrepris l'exploitation. Cette même année, des travaux d'extraction ont été exécutés sur un gîte de magnétite titanifère situé près de Desgroisbois. Les deux exploitations n'ont duré que peu d'années. Entre 1912 et 1918, date de la fermeture des deux mines, la mine d'Ivry aurait expédié environ 16,000 tonnes de minerai d'ilménite à la Titanium Alloy Company, de Niagara Falls (New York), pour fins de production de ferrotitane. Les résultats d'un levé vertical de la mine Ivry, fait au magnétomètre par D.A. Keys, ont été publiés en 1936 par l'American Institute of Mining and Metallurgy.

En 1936, F. F. Osborne a préparé un rapport sur la région Sainte-Agathe-Saint-Jovite, traitant de la portion ouest du massif anorthositique Morin et des roches adjacentes. Ce rapport, publié par le Bureau des mines du Québec, comprend des descriptions des gîtes d'Ivry et de Desgrosbois, ainsi qu'une étude des résultats des levés magnétiques exécutés par Keys dans cette région.

Un autre rapport, également rédigé par F. F. Osborne et publié par le Bureau des mines du Québec, traite de la région située juste au sud, y inclus la bordure sud du massif Morin. Ces travaux ont révélé que la région contenait des roches ignées de composition plus acide que l'anorthosite, variant de la monzonite au granit, en passant par la syénite. Ces roches font intrusion au sein de la série gneissique dite de la Montagne-Tremblante, mais elles ont une composition magmatique qui s'apparente à celle de l'anorthosite et forment ce qu'on appelle "la série Morin". Quelques venues d'ilménite, de magnétite titanifère et de magnétite, et des blocs roulés, constitués principalement de ces minéraux, ont été découverts près du rebord sud du massif, surtout à proximité du coin sud-ouest. Le tracé des frontières géologiques de la portion sud-ouest est en général identique à celui indiqué dans le rapport préparé par Osborne.

Des rapports préliminaires portant sur d'autres secteurs de cette région, soit l'un par Pierre-E. Côté, relativement au rebord oriental, et l'autre par M. A. Klugman, relativement à la partie centrale, ont été publiés par le ministère des Mines du Québec en 1948 et en 1957, respectivement.

A cette époque, il était généralement admis que les anorthosites étaient des roches favorables à la découverte de titane, et, après 1950, la région anorthositique de Morin a donné lieu à d'importants travaux de prospection. Entre 1951 et 1954, à la suite de la découverte de gros gîtes d'ilménite au sein de l'anorthosite du lac Allard, la société Crane, de Chicago, a mené une campagne de prospection scientifique visant la découverte d'ilménite dans cette région. Un levé aéromagnétique de la région riche en anorthosite (dont les résultats ont été obligeamment mis à la disposition de la Commission géologique du Canada) a révélé la présence de fortes anomalies aéromagnétiques au sein du massif Morin, mais sans toutefois y décélérer la présence de nouveaux gîtes étendus de titane.

En 1952, en se fondant sur le rapport d'Adams et sur une carte aéromagnétique, la Laurentian Titanium Mines Limited a découvert plusieurs venues d'ilménite au sein de l'anorthosite. Par la suite, cette société a fait de longs travaux de levés magnétiques, de sondage au diamant, d'analyse et d'échantillonnage. Les résultats de ces travaux ont été mis à la disposition de l'auteur, qui a pu également consulter en toute liberté les carottes de forage au diamant de même que les plans, rendant ainsi possible une étude complète de la nature des venues.

Les sociétés suivantes ont entrepris d'autres travaux particuliers dans cette région: Continental Iron and Titanium Mining Limited, Heavy-Rock

Mines Limited, Norvex Mining Company Limited, Pershing Amalgamated Mines Limited, Quebec Smelting and Refining Limited, Tamara Mining Limited, Drummond Copper Corporation et Titanium Development Corporation.

Résumé des conclusions

On croit que le massif anorthositique Morin tire son origine d'une intrusion complexe, qui se serait produite en plusieurs étapes. Cette intrusion aurait été accompagnée de la formation de dômes et de la déformation des roches environnantes du type Grenville. Dans le cas d'une des phases principales, il s'agit d'une anorthosite gabbroïque à grain moyen qui, ça et là, pénètre dans l'anorthosite proprement dite; ailleurs, elle s'y fond, semble-t-il, insensiblement. Des gîtes d'ilménite et de magnétite titanifère sont associés à ces deux types de formation. Les gîtes de magnétite titanifère semblent être rattachés de très près à la phase de l'anorthosite gabbroïque.

La titanomagnétique et l'ilménite sont d'importants constituants des gîtes de magnétite titanifère, et l'ilménite-hématite provient de solutions contenues dans les gîtes massifs d'ilménite. Dans le cas du massif d'anorthosite Morin, ces derniers gîtes tendent à produire des anomalies faiblement négatives, tandis que les premiers produisent des anomalies fortement positives. Les enchevêtrements d'ilménite et d'hématite, ainsi que de nombreux autres facteurs, peuvent faire baisser l'intensité des anomalies du côté positif vers le côté négatif. Ainsi, la valeur de l'anomalie magnétique n'indique pas toujours la teneur ni la quantité de minéraux de fer-oxyde de titane présents, mais ces anomalies servent d'indices dans la localisation de concentrations relatives de ces minéraux. Plusieurs des anomalies aéromagnétiques fortement positives au sein du massif d'anorthosite Morin indiquent la présence de gros gîtes diffus où la titanomagnétique et l'ilménite sont peut-être des constituants de valeur en tant que sources de fer et de titane.

OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Adams, Frank D.

- 1896: Rapport sur la géologie d'une partie du massif laurentien situé au nord de l'île de Montréal; Comm. géol., Canada, rapport annuel pour 1895, partie J.

Côté, Pierre-E.

- 1948: Région de Chertsey, comtés de Montcalm, de Joliette et de Terrebonne; min. des Mines, Québec, rapport préliminaire 214.

Keys, David A.

- 1936: A Magnetic Survey of the Ivry Ilmenite Deposit; Am. Inst. Min. Met., Contr. 102.

Klugman, M.A.

- 1957: Rapport préliminaire sur la région de Doncaster, districts électoraux de Terrebonne et de Montcalm; min. des Mines, Québec, rapport préliminaire 335.

McGerrigle, J.I.

- 1959: Rapport préliminaire sur la région de St-Hippolyte, districts électoraux de Terrebonne et de Montcalm; min. des Mines, Québec, rapport préliminaire 393.

Moyd, Louis

- 1955: Aeromagnetic and Surface Investigations on the Morin Anorthosite, Terrebonne, Montcalm and Joliette Counties; rapport préliminaire inédit préparé à l'intention de la société Crane.

Osborne, F. Fitz

- Rapports annuels du Bureau des Mines, Québec, pour les années civiles 1935, 1936 et 1938.

Robinson, A.H.A.

- 1922: Titanium; Division des mines, Ottawa, rapport n° 579.

GÉOLOGIE GÉNÉRALE

La répartition générale et les relations mutuelles entre les types de roches en place apparaissent à la figure 1, compte tenu des connaissances actuelles. Les roches les plus anciennes de cette région sont celles de la série précambrienne de Grenville, qui comprend le gneiss, le schiste, le calcaire cristallin, le quartzite et la pyroxénite-amphibolite métamorphique. Au sein de ces roches anciennes et fortement métamorphisées, on remarque des masses ignées, de dimensions variables, qui s'échelonnent depuis la pyroxénite et le gabbro jusqu'au granit et à la pegmatite.

L'anorthosite Morin et les roches de composition magmatique apparentée (anorthosite gabbroïque, monzonite, syénite et granit) font également intrusion au milieu de cet assemblage plus ancien de roches encaissantes. Des dykes de pegmatite et de diabase, d'âge plus récent, font également intrusion au sein de l'anorthosite Morin et des roches apparentées.

Des roches sédimentaires d'âge paléozoïque, y compris le grès (orthoquartzite), la dolomie et le calcaire, recouvrent les roches précambriennes de la vallée Ottawa—basses terres du St-Laurent, au sud, où elles sont envahies en certains endroits par les roches ignées alcalines des Montérégiennes.

L'anorthosite Morin et les roches paléozoïques ne sont malheureusement pas en contact, et il faut en déduire l'âge relatif en ayant recours à des preuves indirectes, dont la plupart portent à croire que cette anorthosite remonte à la fin du Précambrien. Il faut cependant noter qu'il existe une certaine similarité pétrologique entre la série de l'anorthosite Morin et certaines des intrusions montérégiennes. Ceci laisse supposer une similarité d'origine pour ces roches ignées d'âge très varié.

Sur leurs cartes, Adams et Osborne indiquent la présence de masses de granit, de syénite et de porphyre au-delà des limites du massif anorthositique Morin. On croit que ces masses sont d'âge précambrien, tout en étant cependant plus récentes que l'anorthosite.

Péetrographie de l'anorthosite Morin

La composition de l'anorthosite Morin, qui couvre une superficie de 1,000 milles carrés, varie considérablement dans toute son étendue. Il s'agit tantôt d'anorthosite caractéristique, tantôt de gabbro. La couleur va du gris clair au noir, en passant par le vert et le brun-mauve. Quant à la texture, elle varie de très grossière à fine. En certains endroits, les altérations atmosphériques lui confèrent une couleur pâle, et en certains autres, une couleur foncée et rouillée. Massif en certains endroits et folié ailleurs, il est fréquemment coupé de plusieurs séries de joints. De plus, il est fréquemment bréchiforme et coupé de plusieurs dykes et petits dykes d'âge, de composition, de couleur et de texture s'apparentant à ceux de la masse principale. En certains endroits, il contient de fortes inclusions de roche encaissante, y inclus le quartzite et le gneiss. Il est coupé de filons de quartz et de dykes pegmatitiques qui datent d'un stade postérieur, ainsi que de dykes de diabase encore plus récents.

Les contacts entre l'anorthosite et les roches environnantes ne sont pas clairement mis à jour, mais les relations entre les deux sont apparemment complexes. Un dyke d'anorthosite en forme de sill, d'une largeur de 3 pieds, pénètre le quartzite du type Grenville à proximité du contact principal, au nord de St-Donat. A l'est de la rivière Ouareau et à proximité du lac Georges, de nombreux dykes de pyroxénite noire, riches en titanomagnétite et en ilménite à grain fin, coupe le gneiss gris qui, à son tour, est recoupé de très petits dykes d'anorthosite. Tout près, la roche, de l'anorthosite probablement, est très altérée et prend la forme d'un agrégat incohérent et friable de grains kaolinisés piqué de zéolites roses. Près du contact principal avec l'anorthosite, le gneiss et le quartzite sont plissés, déformés, boudinés, et peut-être altérés en certains endroits au-delà du degré de métamorphisme régional. La foliation et le rubanement des roches au sein desquelles fait intrusion le massif d'anorthosite sont généralement parallèles à l'intrusion sur une distance de plusieurs milles à partir du point de contact. On croit que c'est là le résultat de la formation de dômes par l'intrusion forcée de l'anorthosite.

La nature bréchiforme et irrégulière de l'anorthosite, de même que l'intrusion de diverses phases d'anorthosite et d'anorthosite gabbroïque, laissent à entendre que le massif constitue une intrusion multiple mise en place au cours d'une série d'injections magmatiques. D'une façon générale, une phase d'anorthosite gabbroïque à grain fin qui contient fréquemment plus de titanomagnétite que d'ilménite a envahi une anorthosite formée antérieurement et qui contenait de l'ilménite diffuse en certains endroits. Il existe cependant des renversements de cette série, ce qui indique des périodes de différenciation et d'activité accrue de la part d'une source magmatique située en profondeur.

L'anorthosite et l'anorthosite gabbroïque se transforment graduellement par endroits. Elles se composent essentiellement de labradorite, d'hyperstène et d'augite, ainsi que de certains membres de la série ilménite-titanomagnétite en proportions variables. Les minéraux d'oxydes de fer et de

titane, tout particulièrement la titanomagnétite, sont souvent plus abondants au sein des phases gabbroïques, mais on les rencontre aussi parfois dans l'anorthosite. Ceci s'applique tout particulièrement à l'ilménite qui se présente libre de titanomagnétite dans des gîtes en forme de filons qui coupent abruptement de l'anorthosite à grain grossier par ailleurs stérile. De la titanomagnétite essentiellement dépourvue d'ilménite se présente également sous forme de filons dans l'anorthosite gabbroïque et, en certains endroits, elle remplace les zones d'anorthosite sur les bords.

Des textures du genre de celles qui découlent de solutions caractérisent à la fois les minéraux d'oxydes de fer-titane présents dans ces roches et les feldspaths, qui démontrent des enchevêtrements antiperthitiques microscopiques à l'intérieur du plagioclase. Le plagioclase est souvent maclé, d'une composition apparentée à celle de la labradorite, et, en plusieurs endroits, il contient une foule d'inclusions microscopiques trop petites pour qu'on puisse les identifier facilement. En quelques endroits, la plagioclase montre une gamme opalescente de couleurs bleues sur les surfaces de clivage. Le pyroxène est souvent à hyperstène, mais il y a aussi de l'augite. Le grenat rose est parfois abondant, et l'amphibole, le mica brun, le pyrite, la pyrrhotine, la chalcoppyrite, l'apatite, le zircon et le rutilé (?) se retrouvent aussi en petites quantités comme minéraux accessoires. On peut aussi trouver de la chlorite, de l'épidote, de la zoisite, de la goëthite, de la limonite, du leucoxène, des carbonates et des zéolites, mais généralement ils ne se présentent qu'en petites quantités, en tant que produits d'altération. Parfois, du grenat rose s'est formé aux points de contact entre le feldspath et les oxydes de fer-titane ou le pyroxène. Il s'agit apparemment là d'un produit métamorphique. A Ivry, du spinelle vert foncé est disséminé ici et là à travers l'ilménite.

Géochimie

L'association du fer et du titane aux roches anorthositiques et gabbroïques est maintenant un fait bien prouvé dans plusieurs parties du monde, à preuve avant tout le cas du massif anorthositique Morin. La teneur moyenne en fer de la croûte terrestre (5.1 p. 100) est à peu près 10 fois plus forte que celle du titane (environ 0.5 p. 100). La véritable anorthosite est généralement plus pauvre en fer et en titane que la roche ignée ordinaire, mais, en certains endroits, la teneur peut être plus élevée, surtout du fait de la teneur en ilménite et en titanomagnétite. L'anorthosite gabbroïque qui lui est associée est généralement beaucoup plus riche en fer et en titane que la roche ignée ordinaire, mais elle possède aussi des phases qui sont relativement pauvres en fer et en titane. Dans l'ensemble, la teneur de ces deux éléments au sein de l'anorthosite Morin est probablement supérieure à celle de la moyenne des anorthosites de la croûte terrestre.

Au sein de ces roches, le fer et le titane se combinent principalement à l'oxygène, formant une série de solutions solides constituée de minéraux à oxydes de fer-titane qui peuvent être dispersés ou concentrés dans la roche apparentée, ou, en certains cas, contenus dans des roches adjacentes ou dans d'autres portions du magma consolidé. Les principaux minéraux à oxydes de

fer-titane ainsi formés comprennent l'ilménite, la titanomagnétite et la magnétite, ainsi que l'ulvö-spinelle, l'hématite, le rutil, l'anatase, la brookite, la pseudobrookite, la titanite (sphène) et la pérovskite, ordinairement en quantités moindres.

Les minéraux à oxydes de fer-titane tendent à être beaucoup plus disséminés dans la phase gabbroïque (noritique) de l'anorthosite Morin que dans la véritable anorthosite, et le rapport entre le fer et le titane est généralement plus élevé dans le premier cas. Ainsi, les gîtes de magnétite titanifère se rencontrent très fréquemment au sein de roches gabbroïques, et les gîtes d'ilménite, au sein de l'anorthosite. Si le degré de différenciation est plus avancé, on trouvera probablement de la magnétite pauvre en titane dans les roches encaissantes pénétrées par l'anorthosite gabbroïque. Tel est peut-être le cas d'une venue de magnétite pauvre en titane au sein de gneiss et de monzonite à quartz, à environ 2 milles à l'ouest de St-Jérôme.

Interprétation des anomalies magnétiques

La carte aéromagnétique de la société Crane démontre la présence d'un grand cercle, partiellement interrompu, d'anomalies magnétiques fortement positives qui forment quelques solutions de continuité en bordure de l'anorthosite Morin. De plus, il existe des zones irrégulières et linéaires d'anomalies, au centre de cette masse, et quelques-unes en dehors d'elle. On a constaté que, dans le massif, une bonne partie de l'ensemble des zones d'anomalies était surjacente à de l'anorthosite gabbroïque contenant de la magnétite titanifère diffuse. L'anorthosite gabbroïque se trouve en bordure et dans les zones centrales irrégulières du massif. Elle passe souvent, insensiblement, à l'anorthosite, du fait de la diminution des pyroxènes et des minéraux opaques, mais souvent elle pénètre l'anorthosite sous forme de dykes, d'amas indistincts et de zones bréchiformes.

D'une façon précise, on a découvert que la région de l'anorthosite Morin contenait plus de 30 anomalies aéromagnétiques, la plupart d'entre elles fortement positives, sauf quelques-unes, légèrement négatives. L'intensité du champ magnétique terrestre dépasse 6,000 gammas en bien des endroits et même 10,000 en quelques-uns, mais on n'a pas relevé de valeurs de l'ordre de 3,000 gammas en dessous du niveau magnétique de la région, comme c'est le cas du gîte d'ilménite du lac Allard. Louis Moyd, géologue conseil, s'est efforcé méthodiquement de trouver la cause des anomalies, par des levés au sol, des fouilles, de l'échantillonnage, des forages au diamant et diverses études en laboratoire. Il en a conclu que, d'une façon générale, la plupart d'entre elles sont dues à la magnétite titanifère diffuse dans de petites inclusions d'anorthosite noritique à grain tantôt fin et tantôt moyen. Certaines anomalies sont associées à des disséminations de magnétite titanifère dans de l'anorthosite altérée, ou à la magnétite ou l'ilménite diffuses dans de l'anorthosite brun violacé à grain typiquement grossier. Moyd en a conclu que, même si les anomalies aéromagnétiques sont l'indice de la plupart des venues connues qui sont assez étendues, leur intensité de champ n'est pas directement proportionnelle à l'étendue ni à la concentration de la masse de minerai. Elle semble

dépendre plutôt des composants minéraux et de la texture du minéral. Certaines anomalies nettement négatives (inversions polaires) dépendent d'enchevêtrements d'ilménite-hématite, mais d'autres, d'enchevêtrements d'ilménite-magnétite. D'autres dépendent de magnétite très diffuse dans de gros amas de gneiss Grenville au sein de l'anorthosite. Dans la région du lac Quareau, une série d'anomalies magnétiques de faible intensité a été rattachée à de l'ilménite disséminée dans un granit folié à grain moyen.

Une dépression magnétique accentuée entre deux anomalies aéromagnétiques fortement positives, au lac du Pin-Rouge, dépend apparemment du gîte d'ilménite sous-jacent avec sa texture caractéristique de lames d'hématite au sein de l'ilménite, produits de la dissolution. Le gîte passe graduellement à une zone riche en titanomagnétite d'anorthosite gabbroïque à laquelle se rattachent les anomalies aéromagnétiques nettement positives précitées. Les valeurs indiquées par la boussole d'inclinaison au-dessus de la zone riche en titanomagnétite sont en général fortement positives, tandis qu'au-dessus de la portion riche en ilménite, elles sont fréquemment négatives, indice d'une anomalie nettement négative (inversion polaire).

Un échantillon orienté, prélevé dans la portion du gîte qui est riche en ilménite, a été soumis à M. A. Larochelle, en vue de la détermination du magnétisme rémanent et de la stabilité magnétique. Bien que la susceptibilité magnétique des roches environnantes soit très élevée, il semble que la polarisation rémanente provienne surtout de la dépression magnétique dans cette région. On a constaté de fait que l'échantillon précité était polarisé suivant une direction presque opposée à celle du champ actuel de la terre, c'est-à-dire presque parallèle au rubanement et à la foliation presque verticaux de la roche encaissante. D'autre part, on a trouvé que deux échantillons orientés en provenance du centre et de l'ouest du massif d'anorthosite, et un autre en provenance de la syénite à hornblende gneissique, au contact ouest du massif, étaient tous polarisés positivement de façon instable, vers le bas, suivant des angles différents de déclinaison.

Ainsi, les différents minéraux composant les roches étudiées semblent exercer un effet indirect sur la polarité des anomalies de la région, et, dans une mesure moindre, sur l'intensité de ces dernières. Ce dernier point se rattache également à la susceptibilité des roches, laquelle ne dépend qu'en partie de la composition minéralogique, à la masse, à la profondeur et à la position des masses magnétiques, ainsi qu'à l'indice de dispersion des directions de la polarisation à travers ces masses.

On a aussi découvert une forte zone d'anomalies aéromagnétiques à la bordure sud-ouest du massif d'anorthosite Morin. Elle s'étend d'un point situé près de St-Faustin, en direction sud, jusqu'aux cantons Howard et Montcalm (comté d'Argenteuil), en passant par le canton Wolfe (comté de Terrebonne). Les carottes de forage ne fournissent pas de renseignements au sujet de ces anomalies, mais l'examen fait en surface par l'auteur indique que, là aussi, nombre d'entre elles proviennent des oxydes de fer-titane diffus dans l'anorthosite gabbroïque. Les roches plus riches en titanomagnétite amènent généralement des anomalies fortement positives, tandis que

les roches plus riches en ilménite produisent ordinairement des anomalies faiblement négatives. Les relations géologiques d'ensemble ressemblent beaucoup à celles de la région St-Hippolyte—lac du Pin-Rouge, mais, à un endroit, une masse de monzonite à quartz gris, formant une partie de la bordure ouest du massif d'anorthosite, est coupée de très petits dykes microgrenus d'anorthosite gabbroïque, recoupés eux-mêmes de minuscules dykes de pegmatite. Tout comme au lac du Pin-Rouge, des dykes de diabase à grain fin, noirs et verticaux, semblent être les roches ignées les plus récentes qui aient fait intrusion dans cette région.

GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

Dans bien des parties du monde, on a découvert que le groupe particulier de roches ignées qui comprend l'anorthosite et l'anorthosite gabbroïque renfermait des gîtes d'ilménite et de magnétite titanifère. L'anorthosite Morin ne fait pas exception. Un gîte d'ilménite massive contenu dans l'anorthosite a été mis en exploitation en 1910 près d'Ivry (canton Beresford). Peu de temps après, un gîte de magnétite titanifère au sein de l'anorthosite et de l'anorthosite gabbroïque était découvert à Desgrosbois, à un mille plus au nord. D'autres gîtes ont été découverts depuis lors, et l'ancienne mine Ivry a été rouverte en 1958, mais on n'en a pas poursuivi l'exploitation, en partie du fait du marché restreint du titane et en partie du fait des problèmes que pose la fusion de la magnétite titanifère.

Les venues de minéraux métalliques de cette région comprennent la magnétite pauvre en titane, la chalcopyrite, la pyrrhotine nickélifère et la pyrite, l'ilménite et la magnétite titanifère; toutes se rattachent à la série Morin (anorthosite) de roches ignées. Les venues peuvent ordinairement être classées parmi les concentrés magmatiques, mais, quant aux conditions environnantes, elles varient de celles de la fin du stade magmatique à celles du stade hydrothermal. L'étroite parenté d'origine entre l'ilménite et l'anorthosite, d'une part, et entre la magnétite titanifère et l'anorthosite gabbroïque, d'autre part, ressort de leur répartition et leurs enchevêtrements intimes. L'ilménite associée à l'hématite découlant de la dissolution est le principal minéral d'extraction des gîtes d'ilménite, tout comme la titanomagnétite, dans les gîtes de magnétite titanifère. Chacun de ces deux minéraux peut se rencontrer seul ou associé à l'autre, à l'état disséminé ou massif, et là où les gîtes se confondent, ils le font soit abruptement, soit par transition. L'ilménite et la titanomagnétite peuvent cristalliser rapidement et se séparer par voie de gravité, ou elles peuvent cristalliser plus tard et devenir "gelées" au sein du magma en voie de solidification; elles peuvent aussi demeurer fluides et se concentrer dans un liquide résiduel qui s'écoule par la suite, ou qui est injecté dans des zones de moindre résistance au sein des roches environnantes. Ainsi, les gîtes d'imprégnation diffuse de magnétite titanifère (constitués de menus grains de titanomagnétite et d'ilménite) peuvent être considérés comme datant, la plupart, de la fin du stade magmatique, tandis que les filons d'ilménite massive (constitués principalement d'ilménite accompagnée d'hématite produite par dissolution) peuvent être considérés comme des injections de liquide ou de fluide résiduel. Il reste maintenant peu d'indices de la présence,

au milieu de la plupart de ces gîtes, de fortes quantités de constituants volatils (eau, chlore, fluor, phosphore et soufre), lesquels auraient pu faciliter la fluidisation des extraits magmatiques, mais la présence de pyrite, d'apatite et de zéolites par endroits dans ces gîtes et dans les roches encaissantes font croire que c'est ce qui s'est produit.

Description des gîtes

La plupart des gîtes connus de fer et de titane dans cette région se trouvent dans le comté de Terrebonne. On sait qu'il existe d'autres venues dans les comtés d'Argenteuil, de Montcalm et de Joliette, mais les descriptions suivantes ne s'appliquent qu'à celles qui ont été examinées par l'auteur; toutes se trouvent dans le comté de Terrebonne.

Canton Beresford

On sait qu'il y a là deux gîtes de fer-titane dans le secteur central du massif d'anorthosite, l'un près d'Ivry et l'autre près de la gare de Desgrosbois. Des disséminations de titanomagnétite et d'ilménite à grain fin se rencontrent dans l'anorthosite gabbroïque, à l'ouest du lac Brûlé.

Ivry: Sur les lots 37 et 38, se prolongeant sur les lots 36 et 39, un gîte massif d'ilménite se présente au sein d'une anorthosite grenue, de couleur foncée, à proximité d'Ivry. La fosse principale, sur le lot 38, appartient à M. Emile Latrémouille, et la Titanium Development Corporation détient le claim du lot 37. L'ilménite du gîte d'Ivry est caractérisée par un grain grossier et une texture distinctement propre aux produits de dissolution, sous forme de lames et de lentilles d'hématite bien alignées. L'ilménite est entremêlée de spinelle vert foncé, de feldspath plagioclase foncé, de pyroxène, d'amphibole, de mica, d'apatite et de sulfures (pyrite principalement); elle est coupée de filons irréguliers de pyrite contenant de petites quantités de pyrrhotine et de chalcopryrite. Un minéral carbonaté, peut-être la sidérose, est finement disséminé à travers certains des grains de feldspath.

Une lentille d'ilménite massive, d'une largeur d'environ 60 pieds, coupe nettement l'anorthosite foncée et contient de grandes enclaves ou nerfs d'anorthosite. La lentille principale, à direction nord-ouest, plonge fortement vers le sud-ouest, s'amenuise vers le nord-ouest, et se divise en deux zones ou plus à l'extrémité sud-est de la fosse. Les réserves indiquées du gîte et de son prolongement représentent un assez gros tonnage d'ilménite, plusieurs centaines de milliers de tonnes, à ce qu'on prévoit. A la suite d'une prospection au magnétomètre, Keys a pu calculer que le gîte atteignait une profondeur d'au moins 186 pieds à l'emplacement de la fosse principale. A cause de la nature erratique des lectures magnétiques, on a proposé la théorie d'un assemblage quelconque de poches de minerai. Ce gîte est assez difficile à reconnaître à la boussole d'inclinaison, car on obtient des lectures tantôt positives et tantôt négatives lorsqu'on se déplace même au-dessus de l'ilménite massive. Ceci peut être le fait d'une orientation inverse du magnétisme induit et du magnétisme rémanent.

On a repris l'exploitation du gîte d'Ivry en 1958. Plus de 36,000 tonnes d'ilménite massive auraient été expédiées par la Heavy-Rock Mines au cours de 1958-1959, pour emploi comme agrégat lourd à béton.

Desgrosbois: A environ un mille au nord de la mine d'Ivry, à la gare de Desgrosbois, le long de la voie du Pacifique-Canadien, sur les lots 38 à 41 du rang VI, il existe un gîte irrégulier de magnétite titanifère au sein d'une anorthosite gabbroïque foncée, de teinte rouille sous l'action des agents atmosphériques, à grain moyen, ainsi que d'une anorthosite grise, à grain grossier. Ce gîte est sous le contrôle de la Pershing Amalgamated Mines Limited. Une partie de ce gîte est à nu dans les fosses et affleure au sud de la route 11, à proximité de la gare de Desgrosbois. L'anorthosite gabbroïque est foliée, en partie, broyée et bréchiforme, tout comme l'anorthosite, mais, en certains endroits, elle coupe et divise en réseaux l'anorthosite à grain grossier. La titanomagnétite et l'ilménite, dont la texture s'apparente parfois à celle de produits de dissolution, au sein d'enchevêtrements à grains moyens, remplacent l'amas broyé d'anorthosite et comprend des débris non substitués d'anorthosite, des cristaux et des fragments cristallins de plagioclase, de pyroxène et d'apatite. La pyrrhotine à grain fin est disséminée à travers une bonne partie de la magnétite titanifère. Des auréoles de matériaux altérés accompagnent de nombreux grains de feldspath inclus dans la magnétite titanifère. En certains endroits, la titanomagnétite semble envahir et cimenter les grains d'ilménite-hématite. A cause de la prédominance de la titanomagnétite au regard de l'ilménite, ce gîte possède un rapport fer-titane plus élevé que le gîte d'Ivry. Les lectures à la boussole d'inclinaison sont fortement positives et irrégulières dans les fosses de l'ancienne mine. L'anomalie aéromagnétique produite par le gîte est positive, mais elle n'est que modérément forte.

Canton Wexford

St-Hippolyte: A proximité du village de St-Hippolyte, dans l'extrémité sud-est du massif d'anorthosite Morin, une zone d'anomalies aéromagnétiques fortement positives, qui contient certaines inversions, s'étend vers le nord en direction du lac Masson. Sur les lots 6 à 9, rangs II et III, au sein de cette zone, à proximité du lac du Pin-Rouge, la Laurentian Titanium Mines Limited a repéré un gîte d'ilménite et révélé qu'il contenait 15 millions de tonnes de matière riche en ilménite, d'une teneur moyenne de 19.9 p. 100 en TiO_2 et de 27.6 p. 100 en Fe, ces calculs s'appliquant jusqu'à une profondeur de 225 pieds.

Ce gîte d'ilménite fait partie d'une série de gîtes de magnétite titanifère plus étendus, de qualité inférieure, qui sont grossièrement délimités par une zone d'anomalies aéromagnétiques. Cette zone se compose d'anorthosite gabbroïque, foncée, à grain moyen et foliée, qui contient, à l'état diffus, de l'ilménite, de l'ilménite-hématite, de la titanomagnétite et des intermédiaires d'une série de solutions consolidées fréquemment caractérisées par des textures apparentées à celles des produits de dissolution. En certains endroits, ces minéraux à oxydes de fer-titane se concentrent sous forme d'amas irréguliers, de filons et de rubans massifs; ils contiennent parfois, accessoirement, de la pyrite, de la pyrrhotine et de la chalcopryrite, généralement en petites quantités. La zone d'anorthosite gabbroïque riche en fer-

titane et partiellement rubanée s'oriente vers le nord; elle se trouve encaissée dans de l'anorthosite grise, pauvre en minéraux à oxydes de fer-titane. La zone riche en fer-titane s'étend sur une longueur d'environ six milles et sur une largeur variable, de l'ordre de 1,000 pieds. La profondeur en est probablement considérable. Huit échantillons prélevés en surface par l'auteur sur les affleurements qu'on rencontre le long de cette zone ont été soumis à l'analyse dans le laboratoire de chimie de la Commission géologique. On a constaté qu'ils contenaient toujours beaucoup de fer et de titane (de 23.5 à 31.9 p. 100 en oxyde de fer, et de 5.4 à 17 p. 100 en oxyde de titane). Dans deux secteurs de cette zone, au nord et au sud du lac du Pin-Rouge, la Laurentian Titanium Mines Limited a foré deux trous jusqu'à une profondeur de 175 pieds en 1958-1959. Suivant les rapports, la teneur moyenne de la matière tirée du trou nord s'établissait à 18.62 p. 100 en fer et à 6.26 p. 100 en oxyde de titane. Dans le cas du trou sud, la teneur en fer s'établissait à 24.07 p. 100, et celle de l'oxyde de titane, à 9.08 p. 100. En 1959, d'après la teneur des échantillons recueillis en surface, la société a rapporté que, suivant une estimation modérée, la partie nord contenait, jusqu'à la profondeur de 100 pieds, plus de 28 millions de tonnes de minerai à 20.11 p. 100 en fer et 6.95 p. 100 en oxyde de titane, en moyenne, et la partie sud, plus de 17 millions de tonnes, à 23.52 p. 100 en fer et 7.59 p. 100 en oxyde de titane en moyenne. Du fait que ces deux régions ne constituent qu'une partie de la zone minéralisée en fer et en titane, qui se poursuit à de grandes profondeurs, ce tonnage estimatif ne représente qu'une faible partie du tonnage total de la magnétite titanifère de qualité inférieure présente au sein de cette zone.

De la titanomagnétite, de l'ilménite, de l'ilménite-hématite ainsi que des intermédiaires, qui ont en certains endroits des textures apparentées à celles de produits de dissolution, constituent fréquemment jusqu'à 30 p. 100 de la roche encaissante, la teneur variant de 5 à 50 p. 100 et plus. Après concassage et broyage, les minéraux de fer-titane, lourds et noirs, peuvent être facilement séparés des minéraux de gangue (feldspath, pyroxène, grenat et apatite, surtout), par voie de séparation magnétique ou de séparation en milieu dense. La titanomagnétite et l'ilménite peuvent être séparées plus à fond par voie de séparation magnétique à haute intensité, mais du fait d'inclusions de titane à l'état de solution solide au sein de la magnétite, il n'est pas possible de séparer par voie mécanique tout le titane présent dans le concentré de magnétite. Cependant, il est possible, suivant ces procédés, de séparer le fer d'une bonne partie du titane, et vice versa, ce qui donne un concentré riche en titanomagnétite, d'une part, et un concentré riche en ilménite, de l'autre.

La Tamara Mining Limited et la Drummond Copper Corporation détiennent conjointement des claims dans la partie nord de cette zone, où elles rapportent avoir délimité une forte venue de magnétite titanifère de qualité inférieure. Suivant les rapports, il y aurait un total estimatif possible de 230 millions de tonnes de minerai, d'une teneur moyenne de 20 à 23 p. 100 en fer et de 6 p. 100 en oxyde de titane.

Dans le canton Wexford, l'auteur a relevé la présence d'autres venues de magnétite titanifère diffuse, au sud du lac Castor, le long de la voie

ferrée du Pacifique-Canadien, à moins d'un mille au nord de la gare de Ste-Marguerite, ainsi qu'à proximité de la route, au sud du lac Wexford (lac des Îles).

Canton Wolfe

L'auteur a relevé la présence d'une venue d'ilménite le long de la route à environ un mille au sud de St-Faustin (canton Wolfe), dans une région à faible intensité magnétique. Une bande étroite, unique ou multiple, d'anorthosite gabbroïque foncée et contenant ici et là de l'ilménite diffuse a été suivie sur une longueur de 1,200 pieds et une largeur de 200. Il se trouve de l'anorthosite grise de chaque côté de cette bande, qui contient aussi des rubans d'anorthosite grise. En sections polies, cette ilménite contient des lames d'hématite, produits de dissolution, quelques grains de magnétite, ainsi qu'un peu de pyrite et de pyrrhotine. Les lames d'ilménite semblent pénétrer profondément le long des plans de clivage des cristaux de feldspath. On a obtenu des lectures négatives à la boussole d'inclinaison en plusieurs endroits d'une partie de cette région, qui se trouve en grande partie recouverte de morts-terrains.

Plus au sud, le long de la route qui passe à proximité du lac Larin, des blocs roulés et rouillés et des affleurements d'anorthosite gabbroïque contiennent beaucoup d'ilménite et de titanomagnétite à grain fin. Au lac Larin, l'anorthosite gabbroïque est recoupée d'étroits dykes de pegmatite à tourmaline, faiblement radioactifs. Il existe des anomalies aéromagnétiques fortement positives à proximité du lac.