

# RP 276

DESAGREGEABILITE DES MINERAIS DE FER DU NOUVEAU-QUEBEC RELATIVEMENT A DES MINERAIS-TYPE

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



*Licence*

Cette première page a été ajoutée  
au document et ne fait pas partie du  
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 

PROVINCE DE QUÉBEC. CANADA

MINISTÈRE DES MINES

SERVICE DES LABORATOIRES

---

DÉSAGRÉGEABILITÉ DES MINÉRAIS DE FER

DU NOUVEAU-QUÉBEC

RELATIVEMENT À DES MINÉRAIS-TYPES

PAR

JEAN LANÉUVILLE



QUÉBEC  
1952



## TABIE DES MATIERES

	Page
Résumé .....	1
Introduction .....	3
Minerais étudiés .....	4
Indice de désagrégation:	
Mode de calcul et définition .....	5
Méthode expérimentale .....	6
Résultats .....	7
Progrès de la désagrégation:	
Méthode expérimentale .....	8
Résultats .....	8
Désagrégabilité et porosité .....	9
Remarques .....	9
Remerciements .....	10
Bibliographie .....	10
 <u>TABLEAUX</u>	
1 - Composition chimique des minerais de fer .....	12
2 - Granulométrie du minerai Ferriman NO. 3 rouge et de son produit de désagrégation .....	13
3 - Analyse granulométrique des échantillons et de leurs produits de désagrégation .....	14
4 - Classification des minerais suivant les indices de désagrégation .....	15
5 - Pourcentages cumulatifs des fractions -10 mailles, après 2, 4 et 10 heures d'agitation .....	16
6 - Granulométrie des fractions -10 mailles. ....	17
7 - Progrès de la désagrégation du minerai Burnt Creek No. 5 .....	18
8 - Progrès de la désagrégation du minerai Ferriman No. 3 rouge .....	19
 <u>FIGURES</u>	
1 - Désagrégabilité comparative de deux minerais, en fonction du temps d'agitation. ....	20
2 - Relation entre la porosité et la désagrégabilité des minerais. ....	21



## RESUME

Minerais. On a étudié 7 échantillons d'hématite limonitique du Nouveau-Québec par comparaison avec une magnétite de Suède (Kiruna) et 6 échantillons du type hématite provenant du Mesabi (Belmont), de Marquette (Richmond), de l'Ontario (Steep Rock), du Brésil, de Terre-Neuve (Wabana) et de l'Algérie (Zaccar).

Méthode. Au moyen d'un appareil à secousses pour analyse granulométrique, on a agité les échantillons sur des tamis superposés de 5, 6, 7, 8, 9 et 10 mailles. En partant de prises de 200 grammes, calibrées à -4 +10 mailles, on a déterminé par analyses granulométriques le diamètre moyen des particules et l'étendue de la désagrégation produite après 10 heures d'agitation. Ces mesures permettent de calculer des "indices de désagrégation", exprimés par la formule:

$$I_t = 100 \left[ \frac{1 - \text{diamètre moyen, après secousses pendant le temps } t}{\text{diamètre moyen initial}} \right]$$

En outre, pour mieux suivre en fonction du temps la désagrégation des minerais Burnt Creek No. 5 et Ferriman No. 3 rouge, on a fait, au cours de la période d'agitation, des analyses granulométriques au bout de 5, 10 et 20 minutes, puis de 2, 4, 6 et 10 heures. On appelle alors "taux de désagrégation" la valeur  $\frac{dI}{dt}$ .

Résultats. On a classé les minerais en trois groupes suivant les valeurs croissantes de leurs indices de désagrégation pour 10 heures d'agitation:

**Cohérents:** Burnt Creek No. 5, 12.68; Wabana, 15.72; Steep Rock, 16.01; Ruth Lake No. 3, 16.64; Kiruna, 19.37.

**Intermédiaires:** Richmond, 21.18; Goodwood rouge, 25.82; Belmont, 28.06.

**Mous:** Ferriman No. 1, 30.93; Brésil, 33.64; Goodwood jaune, 35.20; Ferriman No. 3, rouge foncé, 36.62; Zaccar, 42.33; Ferriman No. 3 rouge, 42.49.  
Moyenne des minerais du Nouveau-Québec 28.63, autres minerais étudiés: 25.19.

Si l'on fait  $I_{10} = 100$ , les progrès de la désagrégation des minerais Burnt Creek No. 5 et Ferriman No. 3 rouge en fonction du temps d'agitation s'établissent en moyenne comme suit: 6.42% (5min.), 14.33% (10 min.), 23.50% (20 min.), 60.35% (2 h.), 71.52% (4 h.), et 82.52% (6 h.). Le taux de désagrégation, très élevé au début, décroît rapidement pour atteindre une valeur à peu près constante au bout de 2 heures d'agitation.

Le diamètre moyen des fractions -10 mailles obtenues après 10 heures d'agitation avec les minerais de fer du Nouveau-Québec varie de 0.486 mm (Burnt Creek) à 0.215 mm (Goodwood jaune) avec une moyenne de 0.286 mm, tandis que la moyenne pour les autres minerais étudiés est de 0.198 mm. Ces résultats indiquent des différences dans le mode de désagrégation et la texture des minerais.

La désagrégeabilité des minerais du Nouveau-Québec est directement proportionnelle à leur porosité. Cette relation ne convient pas pour les autres minerais et ne semble applicable que s'il existe des analogies marquées de texture et de composition minéralogique entre les minerais à comparer.

Conclusion. Cette méthode que nous avons mise au point peut être utilisée avec avantage pour classer les minerais dans le cadre des groupes conventionnels. Elle fournit des résultats quantitatifs là où, auparavant, l'on devait se contenter d'appréciations d'ordre qualitatif. En vue d'effectuer des essais courants, on rendrait cette méthode plus pratique en limitant l'agitation à la durée minimum pendant laquelle le taux de désagrégation varie nettement soit environ 2 heures.

---

DESAGREGEABILITE DES MINERAIS DE FER  
DU NOUVEAU-QUEBEC RELATIVEMENT A DES  
MINERAIS-TYPES.

par

Jean Leneuve (x)

INTRODUCTION

Par désagrégabilité, on entend l'aptitude d'un matériau à se diviser par décollement, par fracture ou par abrasion. On conçoit que, en s'entrechoquant, les particules minéralogiquement hétérogènes aient tendance à se séparer suivant leurs solutions de continuité, que les particules homogènes puissent se fragmenter et, qu'enfin, quelle que soit leur constitution, toutes les particules aient tendance à s'user par frottement mutuel en produisant des fines. Le mécanisme de la désagrégation dépend surtout de la texture du matériau, c'est-à-dire du mode d'association, de la forme et des dimensions de ses constituants minéralogiques.

L'American Society for Testing Materials a mis au point une série de méthodes pour mesurer l'abrasion, la résistance au choc et la friabilité de divers matériaux. Mentionnons les essais effectués au moyen des machines Los Angeles (1) <sup>x</sup> et Deval (2) où l'on soumet des agrégats, des laitiers et des roches à l'action abrasive de sphères d'acier dans un baril tournant; les essais de ténacité (4) qui consistent à laisser tomber un marteau sur un échantillon de roche et à déterminer la hauteur de chute nécessaire pour produire la rupture; enfin, les essais de friabilité (3) dans lesquels on laisse tomber d'une hauteur de 6 pieds des morceaux de charbon calibrés sur une plaque d'acier.

Ces méthodes auraient pu fournir d'utiles renseignements sur la désagrégabilité des minerais de fer. Cependant, mises au point en vue de servir à des essais commerciaux, ces méthodes A.S.T.M. nécessitent des échantillons volumineux variant de 5 à 50 livres et ont le désavantage de fournir bien peu de renseignements sur le mécanisme de la désagrégation.

Au cours du présent travail, on a tenté de mettre au point une méthode de laboratoire permettant d'étudier le mécanisme, le taux de progression

---

x Ancien chef des ateliers de galvanoplastie, Dominion Arsenals, Québec.  
Chimiste de recherches, Ministère des Mines, Québec.

x Les chiffres entre parenthèses se rapportent à la bibliographie.

et l'étendue de la désagrégation. On a agité, sur des tamis superposés, des échantillons calibrés de minerais de fer et on a mesuré la variation du diamètre moyen de leurs particules au cours de périodes d'agitation déterminées.

Il est permis de penser que cette méthode donne une idée satisfaisante de la désagrégation que pourraient subir les minerais du Nouveau-Québec au cours de leur manutention; elle permet ainsi de les comparer aux autres minerais étudiés dont le comportement au cours des opérations d'abattage et de transport sur une vaste échelle a été établi par une longue expérience.

#### MINERAIS ETUDIÉS

On a étudié 7 échantillons d'hématite limonitique du Nouveau-Québec par comparaison avec une magnétite de Suède (Kiruna) et 6 hématites provenant respectivement du Mesabi (Belmont), de Marquette (Richmond), de l'Ontario (Steep Rock), du Brésil, de Terre-Neuve (Wabana) et de l'Algérie (Zaccar).

Les minerais du Nouveau-Québec (5) sont constitués en majeure partie d'hématite ( $Fe_2O_3$ ), de goethite ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ) et de limonite en proportions variables selon les gisements; ils renferment également de faibles pourcentages de minerais de gangue dont le plus important est le quartz.

Tous les essais de désagrégation ont été effectués sur des portions de minerais calibrés à -4 + 10 mailles. Les échantillons Burnt Creek No. 5, Ruth Lake No. 3, Wabana, Steep Rock, Kiruna, Richmond, Belmont, Zaccar et Brésil ont été reçus à l'état de morceaux de 1 à 3 pouces. Par concassage, on a pu obtenir des fractions -4 + 10 mailles représentatives des échantillons originaux. Les échantillons Goodwood, Ferriman No. 1 et Ferriman No. 3 contiennent beaucoup de fines. En éliminant les fines -10 mailles de ces minerais, on a obtenu des fractions -4 + 10 mailles plus riches en fer que les échantillons originaux. L'enrichissement, calculé en  $Fe_2O_3$ , s'élève environ à 1% pour les minerais Ferriman No. 1, Ferriman No. 3 et Goodwood rouge et à 4% pour Goodwood jaunes.

On trouvera au tableau 1 les teneurs en fer et en eau des fractions -4 + 10 mailles. D'après les diagrammes obtenus à la thermobalance Chevenard, la majeure partie de l'eau appartiendrait à la goethite.

Il convient de mentionner que nos échantillons du Nouveau-Québec ont été prélevés au début de la période d'exploration. La composition chimique moyenne de ces gisements a été modifiée par la découverte de nouvelles réserves de minerais.

INDICE DE DESAGREGATION

Mode de calcul

On peut exprimer l'étendue de la désagrégation subie par un minéral au cours d'une période donnée de secousses en mesurant la diminution du diamètre moyen de ses particules.

Cependant, une telle détermination dépend non seulement de valeurs expérimentales, comme les poids de minéral retenus sur chaque tamis, mais aussi, dans une large mesure, du mode même de calcul employé: les valeurs fournies par différentes formules (9) ont chacune leur signification propre.

Considérons la formule:

$$d_m = \frac{\sum nd}{N}$$

dans laquelle

$d_1, d_2 \dots\dots d_n$  = diamètre moyen des particules retenues sur chaque tamis

$n_1, n_2 \dots\dots n_n$  = nombre de particules retenues sur chaque tamis

$N$  = nombre de particules retenues sur l'ensemble des tamis.

Théoriquement, cette formule fournit une expression fidèle du diamètre moyen des particules; cependant, sa signification pratique est limitée par le fait que les fines y jouent un trop grand rôle.

La formule

$$d_m = \frac{\sum w d}{W}$$

dans laquelle

$w_1, w_2 \dots\dots w_n$  = poids de minéral retenu sur chaque tamis

$d_1, d_2 \dots\dots d_n$  = diamètre des ouvertures correspondantes

$W$  = poids total de minéral retenu sur l'ensemble des tamis

présente en pratique le défaut inverse.

La méthode dite de la maille moyenne offre des avantages marqués sur les précédentes. Comme elle tient compte également de la grosseur moyenne des grains de chaque fraction, elle fournit des résultats plus significatifs particulièrement dans les cas où les dimensions des particules varient entre de larges limites.

Au cours de nos essais, on a obtenu des particules dont la grosseur s'échelonne de 4 mailles à -270 mailles; c'est pourquoi, on a jugé préférable d'adopter cette méthode.

Pour cela, on utilise une série de tamis dont les ouvertures varient de l'un à l'autre suivant une progression géométrique de raison  $\sqrt[4]{2}$  (Série Rittinger double). A chaque tamis, on assigne un numéro ou "maille" ordinales", en commençant par le tamis de plus grande ouverture, qui porte le numéro 1 et en continuant avec les numéros 2, 3, 4, etc. pour les tamis suivants (Tableau 2). De cette façon, si l'on représente les ouvertures des tamis sur une échelle logarithmique, chacune d'elles se trouve à égale distance de la suivante.

Si l'on pose:

P = pourcentage en poids des particules retenues sur un tamis.

M = maille ordinales correspondant à ce tamis.

MM = maille ordinales moyenne.

On a:

$$MMI = \frac{\sum P M}{100}$$

A toute maille ordinales moyenne correspond un diamètre moyen des particules considérées. On exprime l'indice de désagrégation I d'un minéral, après une période d'agitation t par la formule:

$$I_t = 100 \left[ 1 - \frac{\text{diamètre moyen, après agitation pendant le temps } t}{\text{diamètre moyen initial}} \right]$$

L'indice de désagrégation obtenu au moyen de cette formule exprime le pourcentage de réduction du diamètre moyen des particules.

#### Méthode expérimentale

On prélève 200 grammes d'échantillon -4 +10 mailles, au moyen de l'échantillonneur Jones. On charge ensuite cette prise sur tamis Tyler de 5 mailles; au-dessous, on dispose successivement les tamis de 6, 7, 8, 9 et 10 mailles. Ces tamis circulaires ont un diamètre de 8 pouces. L'ouverture de la maille varie d'un tamis à l'autre par un facteur  $\sqrt[4]{2}$ .

L'échantillon est ensuite agité pendant 5 minutes au moyen d'un appareil à secousses pour analyse granulométrique (Ro-Tap Tyler). Les refus des tamis sont pesés individuellement. On élimine la fraction -10 mailles, qui contient une quantité variable de fines résiduelles produites au cours du concassage et de l'échantillonnage. On prend comme stade initial de la désagrégation l'état granulométrique des fractions -4 +10 mailles alors obtenues.

On agite ensuite le minerai, dans les mêmes conditions, durant trois périodes successives, de 2,2 et 6 heures. A la fin des deux premières périodes, on pèse la fraction -10 mailles produite et on la retourne dans le tamis de 5 mailles. A la fin de la période d'agitation de 10 heures, on pèse toutes les fractions et on complète l'analyse granulométrique de la fraction -10 mailles en utilisant les tamis de 20, 35, 65, 150 et 270 mailles. Pour le calcul, on donne respectivement les valeurs de 14, 28, 48, 100, 200 et 400 mailles, aux fractions -10 +20, -20 +35, -35 +65, -65 +150, -150 +270 et - 270 mailles. De cette façon, on peut comparer la granulométrie de l'échantillon au stade initial à celle de ses produits de désagrégation après 10 heures d'agitation.

### Résultats.

Les résultats des essais ont permis de classer les minerais suivant les valeurs croissantes de l'indice de désagrégation (Tableau 4) et de les répartir en trois groupes.

Dans le premier groupe, renfermant uniquement des minerais cohérents (Burnt Creek, Wabana, Steep Rock, Ruth Lake et Kiruna), l'indice de désagrégation monte de 12 à 20; il s'élève de 20 à 30 dans le groupe de transition comprenant les minerais Richmond, Goodwood rouge et Belmont; enfin, il passe de 30 à 42 dans le dernier groupe, constitué de minerais mous (Ferriman 1, Brésil, Goodwood jaune, Ferriman 3 rouge foncé, Zaccar et Ferriman 3 rouge).

Ces résultats permettent immédiatement quelques constatations intéressantes. Le minerai de Burnt Creek, après avoir subi les opérations d'abatage et de transport, a été reçu sous forme de gros blocs cohérents et s'est révélé le plus difficile à désagréger; les minerais Goodwood et Ferriman 3, reçus sous forme d'un mélange de morceaux et de poudre, ont un indice de désagrégation élevé. Par contre, les minerais du Brésil et de Zaccar prennent place dans le dernier groupe (minerais mous): bien que cohérents en apparence, ces minerais ont eux aussi un indice de désagrégation élevé.

Outre l'avantage de fournir des données quantitatives, on voit que ces mesures permettent d'éviter les erreurs auxquelles pourrait conduire un simple examen visuel. Non seulement ces essais facilitent la classification des minerais dans les groupes conventionnels, mais ils permettent aussi de fixer leur position au sein de ces groupes.

Si l'on range maintenant (tableau 5) les minerais dans l'ordre des poids des fractions -10 mailles obtenues après 10 heures d'agitation, on obtient un arrangement quelque peu différent de celui du tableau 4. Bien que les minerais ne se présentent plus dans le même ordre, on remarquera qu'aucun d'eux n'a changé de groupe. Il semble donc que la détermination du poids des fractions -10 mailles obtenues dans ces conditions puisse donner une idée satisfaisante de la désagrégeabilité des minerais et qu'il existe une relation approchée entre le poids de ces fractions et les mesures plus rigoureuses exprimées au moyen des indices de désagrégation.

Les valeurs qui figurent dans le tableau 5 fournissent en outre quelques indications intéressantes sur le mécanisme de la désagrégation. Ainsi,

on constate qu'en moyenne, pour les 14 minerais étudiés, 55% de toutes les fractions -10 mailles sont produits au bout des deux premières heures d'agitation et 70% après les quatre premières heures, si l'on égale à 100 le poids des fractions -10 mailles obtenues après 10 heures d'agitation. On peut donc supposer que la désagrégation des minerais progresse d'abord rapidement, surtout par dislocation et fragmentation des particules, et se continue ensuite plus lentement par attrition.

### PROGRES DE LA DESAGREGATION

Pour mieux suivre les progrès de la désagrégation des minerais Burnt Creek 5 et Ferriman 3 rouge en fonction de la durée de l'agitation, on a fait, au cours de la période de 10 heures, des analyses granulométriques complètes au bout de 5, 10 et 20 minutes, puis de 2, 4, 6 et 10 heures. Pour cela, on a légèrement modifié le mode opératoire.

#### Méthode.

On charge 200 grammes d'échantillon calibré à -4 +10 mailles sur tamis Tyler superposés de 5, 6, 7, 8, 9 et 10 mailles. Les tamis sont secoués pendant 5 minutes, au moyen de l'agitateur Fo-Tap; toutes les mesures qui suivent sont comparées à l'état granulométrique de la prise d'essai à ce moment ("stade initial"). On désagrège ensuite les minerais par agitation à l'aide du Ro-Tap sur la série de tamis de 5 à 10 mailles. A chacun des stades correspondant à une période totale d'agitation de 5, 10 et 20 minutes, puis de 2, 4, 6 et 10 heures, on pèse les refus de chaque tamis. A chaque stade, on fait également une analyse granulométrique de la fraction -10 mailles, en agitant celle-ci pendant 15 minutes sur tamis de 20, 35, 65, 150 et 270 mailles. On assigne arbitrairement la valeur de 400 mailles aux fines de -270 mailles. De cette façon, quand la fraction -4 +10 mailles a été secouée pendant 10 heures, la fraction -10 mailles a été agitée pendant une période d'environ 12 heures.

#### Résultats.

Les progrès de la désagrégation des minerais Burnt Creek 5 et Ferriman 3 rouge en fonction du temps d'agitation s'établissent en moyenne comme suit: 6.42% (5 min.), 14.33% (10 min.), 23.50% (20 min.), 60.35% (2 h.), 71.52% (4 h.) et 82.52% (6 h.), si l'on fait  $I_{10}$  heures = 100.

En portant sur un graphique les valeurs des indices de désagrégation en fonction du temps d'agitation, on obtient deux courbes de même allure (planche 1) pour les minerais Burnt Creek 5 et Ferriman 3 rouge. Dans les deux cas, ces courbes montrent que les taux de désagrégation  $\frac{dI}{dt}$  décroissent rapidement au début et restent à peu près constants durant la période s'étendant de 2 à 10 heures. Cependant, à un moment quelconque, le taux de désagrégation est toujours plus élevé pour le minerai Ferriman que pour le minerai Burnt Creek.

L'examen de ces courbes confirme l'opinion, émise précédemment, suivant laquelle la désagrégation précéderait par dislocation, par fragmentation et attrition des particules durant les deux premières heures d'agitation, puis presque uniquement par attrition durant la période subséquente.

Comme les minerais Burnt Creek 5 et Ferriman 3 rouge ont respectivement les indices de désagrégation le plus faible et le plus élevé des 14 minerais étudiés, on peut supposer que les courbes décrivant les progrès de la désagrégation des autres minerais se placeraient entre les deux courbes de la planche 1 tout en ayant la même allure générale.

#### RELATION ENTRE LA DESAGREGABILITE ET LA POROSITE

Pour les minerais du Nouveau-Québec, l'expérience montre (Planche 2) que leur désagrégabilité est, de façon approchée, directement proportionnelle à leur porosité; par contre, cette relation ne se retrouve pas dans le cas des minerais Steep Rock, Belmont, Richmond et Kiruna.

Dans le cas des minerais du Nouveau-Québec, la relation est très satisfaisante; les seuls minerais qui s'en écartent appréciablement sont les Goodwood jaune et rouge, qui possèdent des textures nettement différentes.

Ces observations conduisent à penser qu'il n'existe un rapport entre la désagrégabilité des minerais et leur porosité, que si leur composition minéralogique et leur texture sont comparables.

#### REMARQUES

Il semble que la méthode employée puisse utilement servir à étudier la désagrégabilité des minerais de fer. Comme elle présente l'avantage de substituer des mesures à des appréciations d'ordre qualitatif, on remarquera davantage son caractère pratique dans l'étude des minerais qui, bien que cohérents en apparence, se révèlent facilement désagrégables. Cependant, pour des essais courants, il conviendrait de limiter à deux heures environ la durée de l'agitation puisque, après cette période, les taux de désagrégation sont demeurés à peu près constants au cours de nos essais.

Comme les minerais de fer du Nouveau-Québec ont montré des variations très considérables dans leur cohésion, quelques considérations s'imposent en marge de leur utilisation.

Les minerais cohérents seront particulièrement recherchés. Ils seront employés dans les hauts-fourneaux pour la préparation de lits de fusion plus perméables.

Les minerais du type Burnt Creek No. 5 offrent également d'intéressantes possibilités d'emploi pour la décarburation des fontes dans les fours Martin basiques. Pour cet usage, on utilise des minerais cohérents et denses, en gros morceaux de 4 à 8 pouces, et contenant plus de 60% de fer, moins de 5% de silice, 0,1% de phosphore et 0,3% de soufre.

On se rappellera que plus de 4,500,000 tonnes de ces minerais ont servi, en 1949, à la production d'acier dans les fours Martin basiques et les fours électriques américains; l'industrie sidérurgique dispose de quantités insuffisantes de tels minerais (8) et de nombreuses aciéries pourraient augmenter leur production d'acier de 10 à 15% si elles disposaient de minerais convenables.

Les minerais mous du Nouveau-Québec pourront être traités dans les hauts-fourneaux selon les techniques usuelles. Cependant, dans certains cas, il pourrait être avantageux de tamiser ces minerais et d'agglomérer leurs fines. Un programme de recherches approfondi s'imposerait en vue de déterminer comment ces fines pourraient être le plus avantageusement agglomérées (frittés, nodules "pellets", etc.).

On a fait un premier pas dans cette voie en étudiant la porosité (7) et en déterminant les points de frittage et de fusion (6) des mêmes échantillons qui font l'objet de la présente étude; selon les minerais, la différence entre ces points varie de 200°C à 400°C. De façon générale, les points de fusion augmentent avec la teneur en fer et les points de frittage augmentent avec la porosité.

On voit donc que non seulement la connaissance des propriétés chimiques des minerais, mais aussi celle de leurs propriétés physiques, comme la porosité, sont à la base de toute recherche de techniques d'agglomération appropriées.

#### REMERCIEMENTS

L'auteur désire exprimer sa reconnaissance envers le Dr A.-O. Dufresne, sous-ministre des Mines, et le Dr Maurice Archambault, directeur des laboratoires, qui, respectivement, ont autorisé et dirigé l'exécution de ce programme de recherches. A messieurs W. H. Durrell, gérant général de la Hollinger North Shore Exploration Company Limited; W.E. Bown, vice-président de la Dominion Steel and Coal Corporation Limited; L.H. Derrer, gérant général de l'Algoma Steel Corporation Limited et M.S. Fotheringham, vice-président et gérant général de la Steep Rock Iron Mines Limited, qui ont fourni les échantillons de minerais employés au cours de cette étude, l'auteur désire également exprimer ses remerciements les plus sincères.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 - American Society for Testing Materials. Abrasion of coarse aggregate by the use of the Los Angeles Machine. A.S.T.M. Designation: C 131-47.
- 2 - American Society for Testing Materials. Abrasion of graded coarse aggregate by the use of the Deval Machine. A.S.T.M. Designation: D 289-46.
- 3 - American Society for Testing Materials. Drop Shatter Test for Coal. A.S.T.M. Designation: D 440-49.
- 4 - American Society for Testing Materials. Toughness of rock. A.S.T.M. Designation: D 5-18.
- 5 - Girault, J.-P. Etude minéralogique des minerais de fer du Nouveau-Québec. Rapport non publié du Ministère des Mines, Province de Québec.

- 6 - Laneuville, Jean. Points de frittage et de fusion des minerais de fer du Nouveau-Québec. Ministère des Mines, Province de Québec, R.P. No. 265.
- 7 - Laneuville, Jean. Porosité et pouvoir d'adsorption des minerais de fer du Nouveau-Québec relativement à des minerais-types. Ministère des Mines. Province de Québec, R.P. No. 277
- 8 - McCarthy, B.D. Open Hearth Charge and Feed Oxides. Blast Furnace and Steel Plant, 36, 1475-1512 (1948).
- 9 - Richards, R.H. and Locks, C.E. Textbook of Ore Dressing. Third Edition (1940). Pages 474-476. McGraw-Hill Book Co. Inc.

TABLEAU I - COMPOSITION CHIMIQUE DES MINERAIS DE FER

Fraction -4 +10 mailles

Minerais	% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% H <sub>2</sub> O
Burnt Creek No. 5	93.97	3.14
Ferriman No. 1	95.89	4.03
Ferriman No. 3 r. (rouge)	80.50	5.59
Goodwood r. (rouge)	93.38	5.10
Goodwood j. (jaune)	88.43	5.60
Ruth Lake No. 3	90.66	6.00
Ferriman No. 3 r.f. (rouge foncé)	98.12	1.65
Richmond, Marquette	59.50	0.92
Belmont, Mesabi	75.23	7.28
Steep Rock, Ontario	92.50	5.00
Kiruna, Suède	98.74	0.27

REMARQUE : Les analyses ont été faites sur les échantillons préalablement séchés à 100°C, le fer total étant calculé en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et l'eau dégagée par chauffage jusqu'à 1100°C.

TABLEAU 2 - GRANULOMETRIE DU MINERAL FERRIMAN NO 3 ROUGE (A)

ET DE SON PRODUIT DE DESAGREGATION (B)

OBTENU APRES 10 HEURES D'AGITATION

Tamis Tyler		Refus des tamis % en poids (P)		Maille ordinale (M)	Maille ordinale moyenne $(MM = \frac{\sum P M}{100})$	
Maille standard No.	Ouverture mm	A	B	x	A	B
4	4.699	0.00	0.00	0	0.00	0.00
5	3.962	11.68	5.76	1	11.68	5.76
6	3.327	20.11	11.52	2	40.22	23.04
7	2.794	23.91	18.65	3	71.73	55.95
8	2.362	19.57	18.10	4	78.23	72.40
9	1.981	12.77	12.34	5	63.85	61.70
10	1.651	11.96	12.34	6	71.76	74.04
12	1.397			7		
14	1.163		7.02	8		56.16
16	0.991			9		
20	0.833			10		
24	0.701			11		
28	0.589		1.87	12		22.44
32	0.495			13		
35	0.417			14		
42	0.351			15		
48	0.295		2.63	16		42.08
60	0.246			17		
65	0.208			18		
80	0.175			19		
100	0.147		2.69	20		53.80
115	0.124			21		
150	0.104			22		
170	0.089			23		
200	0.074		2.63	24		63.12
250	0.061			25		
270	0.053			26		
325	0.043			27		
400	0.038		4.45	28		124.60
					337.52	655.09
					MM=3.375	MM= 6.551
Diamètre moyen des particules:					2.629 mm	1.512 mm

(x) Définition à la page 9

TABLEAU 3 - ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DES ÉCHANTILLONS (A) ET DE LEURS PRODUITS DE DÉSAGREGATION (B) APRÈS 10 HEURES D'AGITATION

MINÉRAIS		-4 + 5	-5 + 6	-6 + 7	-7 + 8	-8 + 9	-9 + 10	-10 + 20	-20 + 35	-35 + 65	-65+150	-150+270	-270
		mailles	mailles	mailles	mailles	mailles	mailles						
POURCENTAGES EN POIDS													
Burnt Creek No. 5	A	16.33	22.45	24.49	15.31	11.73	9.69						
	B	11.65	17.85	24.57	18.88	10.86	10.09	3.62	0.40	0.43	0.44	0.35	0.86
Ferriman No. 1	A	14.98	17.87	19.81	17.39	14.73	15.22						
	B	9.43	13.55	17.17	16.93	13.55	13.79	6.87	0.97	1.21	1.55	1.74	3.24
Ferriman No. 3 rouge	A	11.68	20.11	23.91	19.57	12.77	11.96						
	B	5.76	11.52	18.65	18.10	12.34	12.34	7.02	1.87	2.63	2.69	2.63	4.45
Goodwood rouge	A	11.83	22.24	24.04	17.04	13.25	11.60						
	B	5.90	13.68	23.11	19.81	14.15	12.97	3.92	0.75	1.04	1.51	0.61	2.55
Goodwood jaune	A	12.07	20.94	21.92	18.47	13.30	13.30						
	B	4.96	12.90	20.60	19.35	12.43	15.38	4.81	0.84	1.14	1.59	1.29	4.71
Ruth Lake No. 3	A	15.43	22.15	22.89	16.55	11.93	11.05						
	B	9.84	17.47	24.61	17.47	12.55	12.06	1.97	0.59	0.59	0.74	0.49	1.62
Ferriman No. 3 rouge foncé	A	13.39	17.94	21.37	19.61	13.14	14.55						
	B	4.62	12.31	16.57	20.34	13.76	17.08	5.41	1.31	1.11	1.41	1.21	4.87
Richmond (Marquette)	A	31.03	22.44	17.88	12.76	8.29	7.60						
	B	19.09	21.91	19.83	15.22	8.68	8.58	2.03	0.69	0.40	0.25	0.10	3.22
Belmont (Mesabi)	A	29.01	21.41	19.01	14.04	8.45	8.08						
	B	15.32	18.39	21.69	15.98	10.23	9.57	2.31	0.66	0.38	0.47	0.85	4.15
Steep Rock (Ontario)	A	21.10	24.57	18.97	14.78	10.68	9.90						
	B	13.51	21.32	22.00	15.53	10.71	10.87	2.54	0.67	0.23	0.50	0.25	1.87
Kiruna (Suède)	A	27.67	23.02	19.55	13.43	9.49	6.84						
	B	18.78	19.83	21.35	15.03	9.84	8.84	2.00	0.76	0.48	0.24	0.38	2.47
Brésil	A	27.03	22.25	19.46	13.60	9.55	8.11						
	B	12.56	19.74	21.46	15.36	11.02	9.40	2.58	0.18	0.19	0.09	1.77	5.65
Zaccar (Algérie)	A	25.51	19.44	20.97	15.14	10.42	8.52						
	B	9.13	18.25	19.90	15.66	10.91	11.62	2.51	0.71	0.63	0.87	4.22	5.59
Wabana (Terre-Neuve)	A	18.83	22.15	21.52	15.79	12.03	9.68						
	B	9.90	20.87	21.85	17.95	11.32	11.95	2.70	0.35	0.95	0.77	0.53	0.86

TABEAU 4 - CLASSIFICATION DES MINERAIS SELON LA DESAGREGATION

PRODUITE AU COURS D'UNE PERIODE D'AGITATION DE 10 HEURES

TYPES	MINERAIS	Maille ordinale moyenne		Diamètre moyen des particules mm		INDICE DE DESAGREGATION
		A	B	A	B	
COHERENTS	BURNT CREEK No. 5	3.127	3.933	2.737	2.390	12.68
	WABANA	3.091	4.105	2.754	2.321	15.72
	STEEP ROCK	2.991	4.034	2.798	2.350	16.01
	RUTH LAKE No. 3	3.205	4.278	2.704	2.254	16.64
	KIRUNA	2.746	4.007	2.927	2.360	19.37
INTERMEDIAIRES	RICHTMOND	2.676	4.066	2.965	2.337	21.18
	GOODWOOD r.	3.324	5.036	2.654	1.969	25.82
	BELMONT	2.758	4.681	2.922	2.102	28.06
MOUS	FERRIMAN No. 1	3.447	5.555	2.600	1.796	30.93
	BRESIL	2.807	5.177	2.895	1.921	33.64
	GOODWOOD j.	3.399	5.858	2.620	1.698	35.20
	FERRIMAN No. 3 r.f.	3.448	6.019	2.600	1.648	36.62
	ZACCAR	2.911	6.061	2.837	1.636	42.33
	FERRIMAN No. 3 r.	3.375	6.551	2.629	1.512	42.49

Remarque : A (stade initial)  
B (après 10 heures d'agitation)

TABIEAU 5 - POURCENTAGES CUMULATIFS DES FRACTIONS -10 MAILLES

MINERAIS	Après une agitation de :		
	2 heures	4 heures	10 heures
RUTH LAKE No. 3	3.69	4.23	6.00
STEEP ROCK	4.40	4.66	6.06
BURNT CREEK No. 5	2.30	3.32	6.10
WABANA	3.46	4.58	6.16
KIRUNA	2.47	3.71	6.33
RICHMOND	4.02	4.61	6.69
BELMONT	4.71	6.13	8.82
GOODWOOD rouge	5.45	7.58	10.38
BRESIL	4.42	6.46	10.46
GOODWOOD jaune	10.42	11.66	14.38
ZACCAR	7.68	9.55	14.53
FERRIMAN No. 3 rouge foncé	9.64	11.55	15.32
FERRIMAN No. 1	7.00	11.35	15.58
FERRIMAN No. 3 rouge	13.04	17.93	21.29

BASE DE CALCUL: Poids de l'échantillon au stade initial de la  
période de désagrégation = 100

TABEAU 6 - GRANULOMETRIE DES FRACTIONS -10 MAILLES

OBTENUES APRES 10 HEURES D'AGITATION

MINERAIS	10 à 20	20 à 35	35 à 65	65 à 150	150 à 270	-270	DIAMETRE MOYEN DES PARTICULES  mm
	mailles	mailles	mailles	mailles	mailles	mailles	
	POURCENTAGE EN POIDS						
BURNT CREEK No. 5	59.37	6.62	7.04	7.21	5.68	14.08	0.486
WABANA	43.94	5.62	15.44	12.51	8.55	13.94	0.359
FERRIMAN No. 1	44.10	6.21	7.76	9.94	11.18	20.81	0.294
STEEP ROCK	41.88	11.11	3.84	8.29	4.02	30.86	0.275
GOODWOOD r.	37.73	7.27	10.00	14.55	5.91	24.54	0.273
FERRIMAN No. 3 r.	32.99	8.76	12.37	12.63	12.37	20.88	0.258
RUTH LAKE No. 3	32.79	9.83	9.83	12.30	8.20	27.05	0.244
FERRIMAN 3 r.f.	35.41	8.52	7.21	9.18	7.87	31.81	0.234
GOODWOOD j.	33.45	5.86	7.93	11.03	8.97	32.76	0.215
KIRUNA	31.58	12.03	7.51	3.76	6.02	39.10	0.208
RICHMOND	30.37	10.37	5.93	3.70	1.48	48.15	0.175
BELMONT	26.20	7.49	4.28	5.35	9.62	47.06	0.137
ZACCAR	17.27	4.89	4.34	5.99	29.04	38.47	0.117
BRESIL	24.66	1.73	1.86	0.82	16.89	54.04	0.113

TABLEAU 7 - PROGRÈS DE LA DÉSAGRÉGATION DU MINÉRAI BURNT CREEK NO 5 EN FONCTION DU TEMPS D'AGITATION

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Tamis Tyler		Maille ordinaire (M)	Refus des tamis % en poids (P)								Calcul de la maille ordinaire moyenne (M) = $\frac{\sum P M}{100}$									
Maille No.	Ouverture en mm		0 min.	5 min.	10 min.	20 min.	2 h.	4 h.	6 h.	10 h.	0 min.	5 min.	10 min.	20 min.	2 h.	4 h.	6 h.	10 h.		
5	3.962	1	21.36	20.32	20.14	18.42	13.78	13.70	12.86	11.41	21.36	20.32	20.14	18.42	13.78	13.70	12.86	11.41		
6	3.327	2	21.40	22.38	21.05	21.32	21.43	18.93	18.92	18.26	42.80	44.76	42.10	42.64	42.86	37.86	37.84	36.52		
7	2.794	3	20.73	20.93	21.03	22.11	21.93	23.85	23.84	23.97	62.19	62.79	63.09	66.33	65.79	71.55	71.52	71.91		
8	2.362	4	16.36	16.21	16.68	16.41	16.99	15.89	15.62	15.60	65.44	64.84	66.72	65.64	67.96	63.56	62.48	62.40		
9	1.981	5	9.97	9.84	9.98	10.34	10.72	11.44	12.47	11.78	49.85	49.20	49.90	51.70	53.60	57.20	62.35	58.90		
10	1.651	6	9.54	9.19	8.72	8.37	9.73	9.66	8.70	9.15	57.24	55.14	52.32	50.22	58.38	57.96	52.20	54.90		
14	1.168	8	0.48	0.78	1.83	2.25	2.96	3.29	3.81	4.82	3.84	6.24	14.64	18.00	23.68	26.32	30.48	38.56		
28	0.589	12	0.02	0.05	0.12	0.14	0.28	0.39	0.53	0.59	0.24	0.60	1.44	1.68	3.36	4.68	6.36	7.08		
48	0.295	16	0.02	0.05	0.09	0.13	0.29	0.35	0.43	0.59	0.32	0.80	1.44	2.08	4.64	5.60	6.88	9.44		
100	0.147	20	0.03	0.06	0.08	0.13	0.42	0.66	0.81	0.80	0.60	1.20	1.60	2.60	8.40	13.20	16.20	16.00		
200	0.074	24	0.02	0.05	0.06	0.08	0.36	0.37	0.47	0.58	0.48	1.20	1.44	1.92	8.64	8.88	11.28	13.92		
400	0.038	28	0.07	0.14	0.22	0.31	1.11	1.47	1.54	2.45	1.96	3.92	6.16	8.68	31.08	41.16	43.12	68.60		
											306.32	311.01	320.99	329.91	382.17	401.67	413.57	449.64		
											Maille ordinaire moyenne									
											3.063	3.110	3.210	3.299	3.822	4.017	4.136	4.496		

RÉSULTATS

Durée d'agitation	Diamètre moyen des particules mm	Réduction du diamètre moyen des particules
0 min.	2.768	.....
5 min.	2.744	0.87%
10 min.	2.702	2.39%
20 min.	2.664	3.76%
2 h.	2.439	11.89%
4 h.	2.357	14.85%
6 h.	2.309	16.58%
10 h.	2.172	21.53%

TABLEAU 6 - PROGRÈS DE LA DÉSAGRÉGATION DU MINÉRAI FERRIMAN NO 3 ROUGE, EN FONCTION DU TEMPS D'AGITATION

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

Tamis Tyler		Maille ordinaire (M)	Refus des tamis % en poids (P)								Calcul de la maille ordinaire moyenne $(MM = \frac{\sum P M}{100})$							
Maille No	Ouverture en mm		0 min.	5 min.	10 min.	20 min.	2 h.	4 h.	6 h.	10 h.	0 min.	5 min.	10 min.	20 min.	2 h.	4 h.	6 h.	10 h.
5	3.962	1	15.48	13.19	12.87	10.47	6.90	6.07	5.63	4.59	15.48	13.19	12.87	10.47	6.90	6.07	5.63	4.59
6	3.327	2	19.20	20.00	19.47	19.88	14.45	13.91	12.53	11.46	38.40	40.00	38.94	39.76	28.90	27.82	25.06	22.92
7	2.794	3	22.35	21.71	21.38	20.87	20.38	18.64	18.11	18.38	67.05	65.13	64.14	62.61	61.14	55.92	54.33	55.14
8	2.362	4	18.07	18.13	17.60	17.44	19.10	17.97	18.15	16.63	72.28	72.52	70.40	69.76	76.40	71.88	72.60	66.52
9	1.981	5	12.91	12.95	13.30	13.33	12.56	13.51	13.24	12.76	64.55	64.75	66.50	66.65	62.80	67.55	66.20	63.80
10	1.661	6	10.51	11.00	10.64	11.37	13.85	13.40	13.45	13.68	63.06	66.00	63.84	68.22	83.10	80.40	80.70	82.08
14	1.168	8	0.83	1.56	2.14	2.67	3.79	4.54	5.37	6.05	6.64	12.48	17.12	21.36	30.32	36.32	42.96	48.40
28	0.589	12	0.12	0.19	0.32	0.45	1.05	1.67	1.89	2.23	1.44	2.28	3.84	5.40	12.60	20.04	22.68	26.76
48	0.295	16	0.13	0.30	0.52	0.78	1.56	2.01	2.25	2.75	2.08	4.80	8.32	12.48	24.96	32.16	36.00	44.00
100	0.147	20	0.09	0.22	0.40	0.60	1.38	1.81	2.16	1.96	1.80	4.40	8.00	12.00	27.60	36.20	43.20	39.20
200	0.074	24	0.02	0.08	0.17	0.24	1.19	1.45	2.04	3.04	0.48	1.92	4.08	5.76	28.56	34.80	48.96	72.96
400	0.038	28	0.29	0.67	1.19	1.90	3.79	5.02	5.18	6.47	8.12	18.76	33.32	53.20	106.12	140.56	145.04	181.16
											341.38	366.23	391.37	427.67	549.40	581.90	643.36	707.53
											Maille Ordinaire Moyenne							
											3.414	3.662	3.914	4.277	5.494	5.819	6.434	7.075

RÉSULTATS

Durée d'agitation	Diamètre moyen des particules mm	Réduction du diamètre moyen des particules
0 min.	2.614	....
5 min.	2.507	4.09%
10 min.	2.400	8.19%
20 min.	2.254	13.77%
2 h.	1.816	30.53%
4 h.	1.711	34.54%
6 h.	1.541	41.05%
10 h.	1.395	46.63%

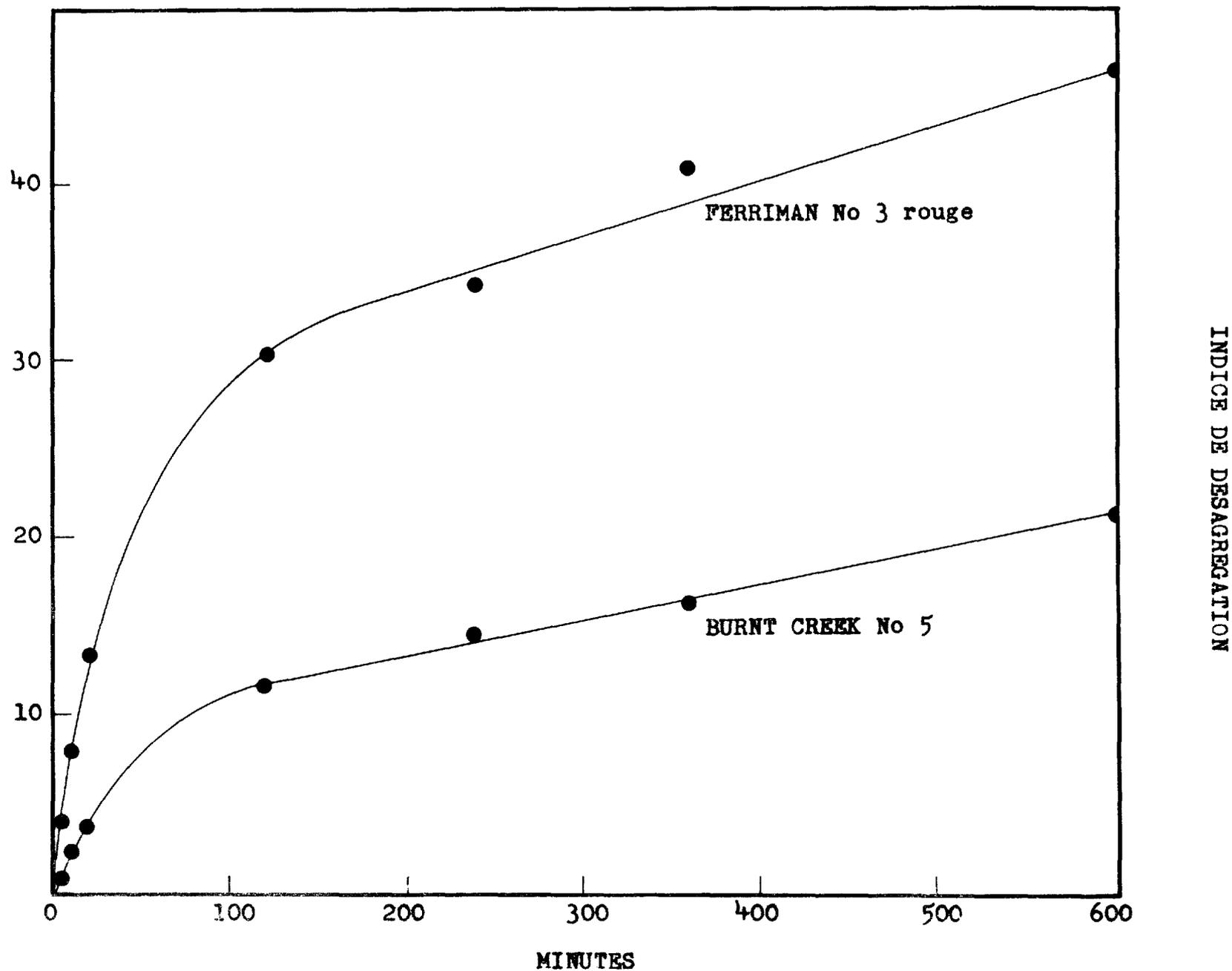


FIGURE 1 - Désagrégabilité comparative de deux minerais de fer du Nouveau-Québec, en fonction du temps d'agitation

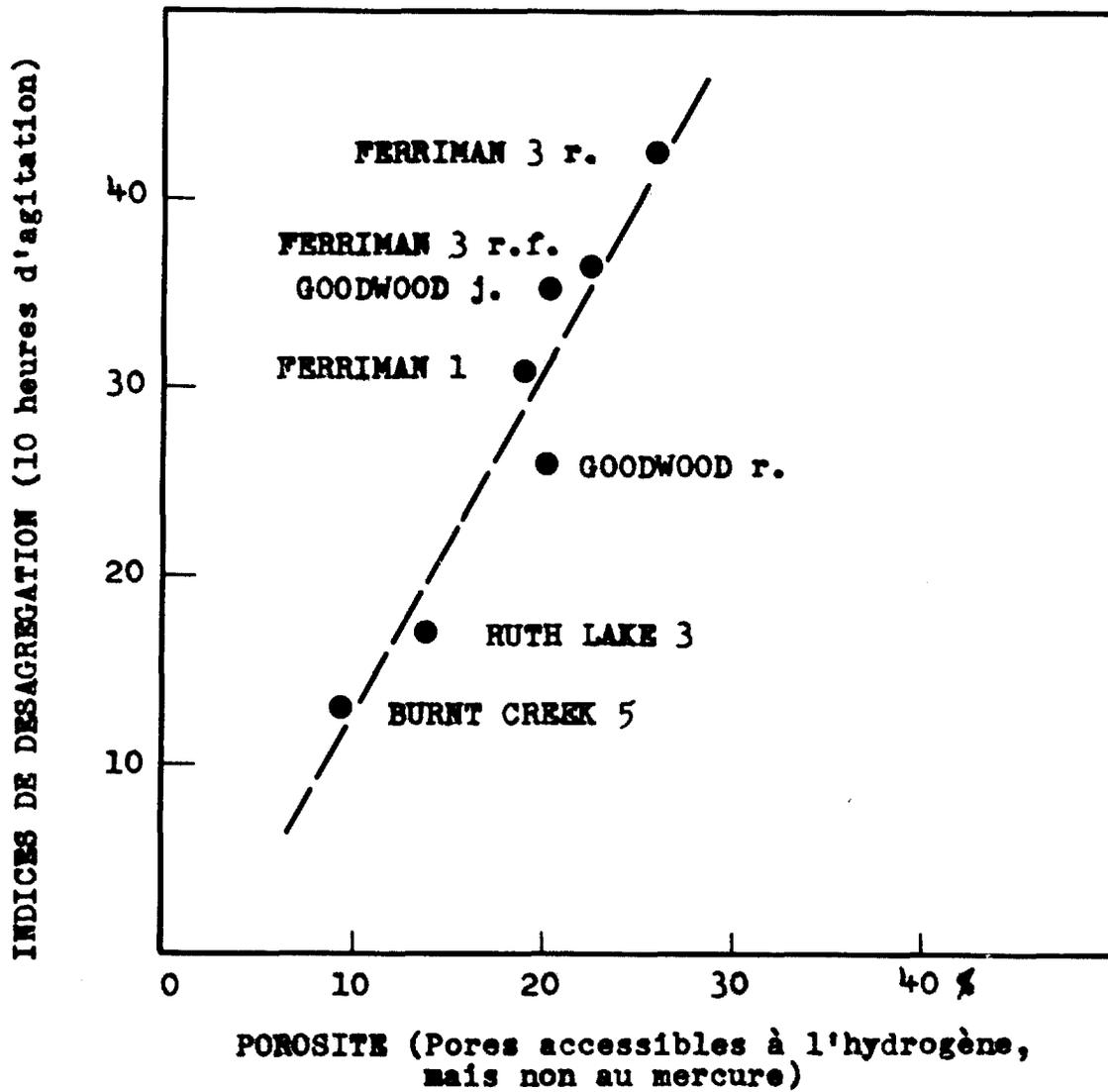


FIGURE 2 - Relation entre la porosité et la désagrégabilité des minerais de fer du Nouveau-Québec

