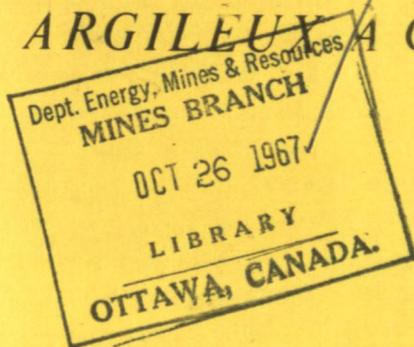




CANADA

MINISTÈRE DE
L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES
DIRECTION DES MINES
OTTAWA

*COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS
DES ARGILES ET DES SCHISTES
ARGILEUX À CÉRAMIQUE DU QUÉBEC*



J.G. BRADY ET R.S. DEAN

DIVISION DU TRAITEMENT DES MINÉRAUX

JUIN 1967



© Crown Copyrights reserved

Available by mail from the Queen's Printer, Ottawa,
and at the following Canadian Government bookshops:

OTTAWA

Daly Building, Corner Mackenzie and Rideau

TORONTO

221 Yonge Street

MONTREAL

Æterna-Vie Building, 1182 St. Catherine St. West

WINNIPEG

Mall Center Building, 499 Portage Avenue

VANCOUVER

657 Granville Avenue

HALIFAX

1737 Barrington Street

or through your bookseller

A deposit copy of this publication is also available
for reference in public libraries across Canada

Price \$1.25

Catalogue No. M38-1/188 F

Price subject to change without notice

ROGER DUHAMEL, F.R.S.C.

Queen's Printer and Controller of Stationery

Ottawa, Canada

1967

Direction des mines

Rapport de recherches R 187

COMPOSITION ET PROPRIÉTÉS DES ARGILES ET DES SCHISTES

ARGILEUX À CÉRAMIQUE DU QUÉBEC

J. G. Brady* et R. S. Dean**

RÉSUMÉ

Les auteurs ont étudié quarante et un échantillons représentatifs d'argiles et de schistes à l'aide de diverses méthodes de cuisson, de la diffraction des rayons X, de l'analyse thermique différentielle et de l'analyse chimique. En outre, treize de ces échantillons ont été étudiés par analyse thermogravimétrique et soumis à des mesures d'expansion thermique et de plasticité afin de déterminer les difficultés de traitement que ces matériaux peuvent présenter.

Les résultats indiquent que, sauf certains matériaux réfractaires à forte teneur en kaolin qu'on retrouve dans le Bouclier canadien et qui prennent à la cuisson une couleur blanche à brune, les argiles et schistes à céramique du Québec sont des matériaux ordinaires, hétérogènes qui prennent habituellement à la cuisson une couleur rouge. La majeure partie des argiles ne conviennent qu'à la fabrication de tuyaux de drainage et de brique ordinaire, à cause de leurs courtes gammes de cuisson et de forts retraits aux températures nécessaires pour les amener à un état dense et dur. De façon générale, les schistes conviennent mieux que les argiles à la fabrication de brique de parement dense parce que leurs gammes de cuisson sont plus étendues. Les schistes du groupe de Québec sont plus réfractaires et ordinairement plus plastiques et présentent moins de difficultés lors du traitement que ceux des schistes Utica, Lorraine, Rockcliffe et Queenston des basses terres du Saint-Laurent. Quelques schistes du groupe de Québec pourraient probablement convenir à la fabrication de tuyaux d'égout.

La plupart des échantillons à forte teneur en kaolin ne peuvent servir seuls à la fabrication de produits céramiques. Plusieurs d'entre eux renferment des impuretés ferrifères.

Les principaux minéraux argileux dans les argiles et schistes ordinaires sont l'illite et la chlorite. La plupart de ces échantillons contiennent des systèmes à couches mixtes où l'on rencontre des combinaisons d'illite et (ou) de chlorite avec phase expansible. Le kaolin ne prédomine que dans les échantillons à forte teneur en kaolin. Les principaux minéraux non argileux sont le quartz, le feldspath, la calcite, la dolomie et la pyrite. Les principaux composants des treize échantillons soumis à la cuisson sont le quartz et le feldspath, avec des quantités moindres de cristobalite, de mullite, d'hématite et de rutile.

*Chef, Section de la céramique et **Chargé de recherches, Division du traitement des minéraux, Direction des mines, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, Canada.

Mines Branch Research Report R 187

THE COMPOSITION AND PROPERTIES OF
CERAMIC CLAYS AND SHALES OF QUEBEC

by

J.G. Brady* and R.S. Dean**

ABSTRACT

Forty-one representative samples of clays and shales were investigated by various firing methods and by X-ray diffraction, differential thermal analysis and chemical analysis. In addition, thirteen of the samples were studied by thermogravimetric analysis, thermal expansion and plasticity measurements, to determine their processing problems.

The results show that, with the exception of some refractory kaolin-rich samples occurring on the Canadian Shield which have a white to brown fired colour, the ceramic clays and shales of Quebec are common, heterogeneous, mainly red-firing materials. Most of the clays are suitable only for making common brick and tile because they have short firing ranges and high fired shrinkages at temperatures where they become dense and very hard. As a rule the shales are more suitable than the clays for making dense facing brick, because they usually have longer firing ranges. The Quebec Group shales are more refractory and usually have more plasticity and fewer processing problems than the Utica, Lorraine, Rockcliffe and Queenston shales of the St. Lawrence Lowlands. Some of the Quebec Group shales are probably suitable for the manufacture of sewer pipe.

The majority of the kaolin-rich samples, as they occur, are not suitable for ceramic products; many are contaminated with minerals containing iron.

The principal clay minerals in the common clays and shales are illite and/or chlorite. The majority of these samples contain mixed layer systems involving combinations of illite, and/or chlorite, with an expandable phase. Kaolin is a principal component of the kaolin-rich samples only. The principal non-clay minerals are quartz, feldspar, calcite, dolomite and pyrite. The principal constituents in thirteen fired specimens are quartz and feldspar, with lesser amounts of cristobalite, mullite, hematite and rutile.

*Head, Ceramic Section and **Research Scientist, Mineral Processing Division, Mines Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada.

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
Résumé.....	i
Abstract.....	ii
Introduction.....	1
Matériaux Étudiés.....	5
Schistes de la région de Québec et de Mont-Joli.....	6
Schistes du sud du Québec.....	6
Argiles de la Gaspésie et de l'est du Québec.....	7
Argiles du sud-est du Québec et de la région de Montréal.....	8
Argiles de la Côte Nord, du nord-ouest et de l'ouest du Québec.....	8
Argiles à kaolin.....	9
Méthodes Expérimentales.....	10
Étude courante des propriétés physiques qui intéressent l'industrie de la céramique.....	10
Gradient de température de cuisson.....	11
Analyse chimique.....	12
Analyse thermique différentielle (ATD).....	12
Mesures de plasticité.....	13
Expansion thermique.....	14
Analyse thermogravimétrique (ATG).....	17
Analyse par diffraction des rayons X (DRX).....	18
Résultats et Leur Examen.....	20
Propriétés céramiques d'après les recherches courantes.....	20
Analyses chimiques.....	22
analyse thermique différentielle.....	23
Analyse par diffraction des rayons X.....	39
Problèmes de Traitement Associés aux Argiles et Schistes Typiques du Québec.....	44
Plasticité.....	44
Analyse thermogravimétrique.....	47
Comportement à la cuisson.....	50
Expansion thermique.....	64

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	<u>Page</u>
Examen des Échantillons Sélectionnés.....	66
Lauzon (Q.G.).....	66
Boischatel (U-L).....	70
Mont-Joli (Q.G.).....	73
Delson (U).....	76
Saint-Apollinaire (Q.G.).....	78
Lotbinière (U).....	79
Sainte-Monique (Q).....	81
Laprairie (L).....	82
Scott Jonction.....	84
East Angus.....	85
Laprairie (Argile).....	87
Mistassini.....	88
Brébeuf.....	89
Effet de la Méthode de Moulage sur l'Expansion Thermique des Échantillons Non Soumis à la Cuisson.....	90
Sommaire des Effets de la Composition Minéralogique sur les Propriétés des Argiles et Schistes à Céramique du Québec.....	94
Conclusions.....	100
Remerciements.....	106
Bibliographie.....	107-114

TABLEAUX

<u>No</u>		<u>Page</u>
1.	Propriétés des schistes des régions de Québec et de Mont-Joli.....	24
2.	Propriétés des schistes du sud du Québec.....	25
3.	Propriétés des argiles de la Gaspésie et de l'est du Québec.....	26
4.	Propriétés des argiles du sud-est du Québec et de la région de Montréal.....	27
5.	Propriétés des argiles de la Côte Nord, du nord-ouest et de l'ouest du Québec.....	28
6.	Propriétés des argiles kaoliniques.....	29
7.	Analyses chimiques.....	30,31
8.	Analyses de schistes et d'argiles du Québec par diffraction des rayons X.....	40
9.	Composition minéralogique des échantillons sélectionnés.	45
10.	Exposé des teneurs en quartz des échantillons sélectionnés.....	67

FIGURES

<u>No</u>	<u>Page</u>
1. Analyse thermique différentielle: courbes des schistes de la région de Québec et de Mont-Joli.....	32
2. Analyse thermique différentielle: courbes des schistes du sud du Québec.....	33
3. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles de la Gaspésie et de l'est du Québec.....	34
4. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles de la région de Montréal et du sud-est du Québec.....	35
5. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles de la Côte Nord, du nord-ouest et de l'ouest du Québec..	35
6. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles kaoliniques.....	36
7. Plasticité de certaines argiles et schistes.....	46
8. Plasticité de certains schistes.....	46
9. Pourcentage de la perte de poids par certains schistes...	48
10. Pourcentage de la perte de poids par certaines argiles...	49
11. Comportement à la cuisson des matériaux de Lauzon (Q.G.).	51
12. Comportement à la cuisson des matériaux de Boischatel (U-L).....	52
13. Comportement à la cuisson des matériaux de Mont-Joli (Q.G.).....	53
14. Comportement à la cuisson des matériaux de Delson (U)....	54
15. Comportement à la cuisson des matériaux de St-Apollinaire (Q.G.).....	55
16. Comportement à la cuisson des matériaux de Lotbinière (U)	56
17. Comportement à la cuisson des matériaux de Ste-Monique (Q).....	57
18. Comportement à la cuisson des matériaux de Laprairie (L).	58
19. Comportement à la cuisson des matériaux de Scott Jonction	59
20. Comportement à la cuisson des matériaux d'East Angus.....	60

FIGURES (suite)

<u>No</u>		<u>Page</u>
21.	Comportement à la cuisson des matériaux de Laprairie (Argile).....	61
22.	Comportement à la cuisson des matériaux de Mistassini....	62
23.	Comportement à la cuisson des matériaux de Brébeuf.....	63
24.	Effet de la méthode de façonnage sur l'expansion thermique de Lauzon (Q.G.) en (1) atmosphère réductrice, (2) atmosphère oxydante.....	92

==

INTRODUCTION

Le Québec ne possède pas d'argiles réfractaires de haute qualité comme les argiles à figulines et les grès argileux. Quelques gisements de kaolin ont été étudiés mais on ne les exploite pas encore. Les argiles et les schistes ordinaires qui deviennent rouges à la cuisson sont abondants et on les utilise pour la fabrication de briques, de tuyaux de drainage, de blocs de charpente, et de tuiles.

En 1915, Keele (1,2) a rédigé un rapport important sur les propriétés céramiques des argiles et des schistes de la province. Avant lui, les études sont assez rares et l'on distingue surtout celle de M. Christian Hoffman, qui était chimiste à la Commission géologique du Canada de 1872, environ, à 1907. Dans un rapport non publié de 1907, intitulé "The Clays and Clay Manufactures of Canada", M. Robert Chalmers étudie les argiles du Québec utilisées pour la fabrication de briques mais il ne mentionne pas les schistes. Il énumère quatre-vingts usines qui étaient alors en fonctionnement, dont plusieurs moulaient les briques, probablement à la main, à partir d'argiles de surface et n'étaient actives que durant les mois d'été.

Après l'importante étude de Keele en 1915, quelques rapports de moindre envergure ont été publiés par Keele (3,4,5,6) et Keele et Cole (7,8). Wilson (9,10), le ministère des Mines du Québec (11,12), Carnochan (13), Carnochan et Rogers (14) et Goodwin (15) ont publié des rapports sur le kaolin de Saint Rémi d'Amherst. McMahon (16) s'intéresse à l'emploi de certains schistes du Québec dans la fabrication de tuiles. Phillips (17)

entreprend des recherches sur les propriétés de séchage d'une argile de Lakeside à l'aide d'électrolytes et fait une brève étude des argiles et des schistes du Québec (18). Wilson (19,20, 21,22) présente un rapport sur l'emploi des argiles et des schistes du Québec dans les agrégats légers. Brady (23) étudie quelques propriétés de certaines argiles du Québec.

Dean (24), Allan et Johns (25), Brydon et Patry (26) et d'autres s'intéressent à la minéralogie d'un certain nombre d'argiles et de schistes de la province. Brady et Dean (27) étudient la minéralogie et les propriétés d'argiles et de schistes de l'Ontario qui correspondent à certains matériaux du Québec.

Le présent rapport se propose d'indiquer les propriétés céramiques et la composition minéralogique de 13 schistes et de 28 argiles provenant surtout des régions habitées du Québec. Treize de ces échantillons ont été soumis à une étude spéciale. Plusieurs des échantillons sont représentatifs des matériaux qu'utilise l'industrie de la céramique ou de matières premières typiques de régions données. Bien que de brèves données géologiques accompagnent l'étude de chaque échantillon, il est nécessaire pour l'exploration de connaître la géologie de l'ensemble du Québec. Une excellente description générale a été préparée par les fonctionnaires de la Commission géologique du Canada (28,29), ainsi que par Dresser et Denis (59,60). Des cinq grandes régions géologiques du Canada, seuls le Bouclier canadien, les Plaines (basses terres du Saint-Laurent) et la région des Appalaches intéressent directement le Québec. Le Bouclier canadien couvre la majeure partie de la province et occupe presque entièrement la région située au nord-ouest

du Saint-Laurent et au nord de la rivière Outaouais. Les basses terres du Saint-Laurent longent le fleuve jusqu'à Québec et elles sont circonscrites au nord-ouest par le Bouclier et au sud-est par la région des Appalaches. Elles longent aussi, en bande étroite, la rivière Outaouais sur une distance d'environ 100 milles au nord-ouest de Hull. L'île Anticosti, les îles Mingan et une étroite bande de terre sur la côte nord opposée à ces îles font également partie des basses terres du Saint-Laurent. La région des Appalaches au Québec se trouve au sud-est de la ligne de Logan, une zone faillée qui s'étend du lac Champlain en direction nord-est jusqu'à Québec, pour longer ensuite le fleuve et le golfe Saint-Laurent.

La province a été soumise à une glaciation intense qui a influencé la nature des gisements non consolidés du Pléistocène recouvrant la roche du substratum. Ces gisements se composent de sables, de gravier, d'argile à blocs et parfois d'argile sans cailloux. Ce sont les argiles du dernier groupe qui intéressent l'industrie de la céramique. La majeure partie d'entre elles, tant marines que continentales, consiste en matériaux communs à température de fusion peu élevée qui, de façon générale, se prêtent mal à la fabrication de produits céramiques et qui, pour la plupart, ne conviennent qu'à la fabrication de tuyaux de drainage, de blocs de charpente et de briques ordinaires. Quelques-uns servent à la fabrication de briques de parement mais, habituellement, il est difficile de les vitrifier ou de les porter par la cuisson à un état dense et dur.

Les argiles déposées par la mer de Champlain qui a recouvert les basses terres du Saint-Laurent et qui a envahi certains

tributaires de l'Outaouais et du Saint-Laurent présentent un intérêt particulier. Ces gisements sont d'ordinaire composés d'argile stratifiée, de sable et de vase. Plusieurs des couches consistent en sédiments très fins qui peuvent présenter certaines qualités recherchées par le céramiste mais qui, souvent, créent aussi de grandes difficultés lors du traitement.

La géologie de surface, surtout dans les régions fortement peuplées du sud-est, a été étudiée par Lasalle (30,31), Lasalle et Elson (32,33), Gadd (34,35,36,37,38), Gadd et Karrow (39), Karrow (40,41), et MacClintock et Stewart (42).

Les seuls gisements connus d'argiles réfractaires et d'argiles à kaolin se trouvent sur le Bouclier canadien. Il s'agit surtout de venues isolées et, jusqu'à ce jour, aucune n'a été mise en valeur à cause surtout de leur faible étendue ou des difficultés d'enrichissement. On trouve des gisements de roche kaolinisée à Saint-Rémi d'Amherst (comté de Papineau), à Brébeuf (comté de Terrebonne), à Point Comfort sur le lac Trente-et-un-mille (comté de Gatineau), et à Château-Richer (comté de Montmorency). Il existe aussi des argiles réfractaires à Schefferville au Nouveau Québec.

A l'heure actuelle, les schistes ordoviciens des basses terres du Saint-Laurent sont les matériaux bruts les plus importants utilisés au Québec. Ce sont des matériaux ordinaires à point de fusion peu élevé qui conviennent surtout à la fabrication de briques de parement. Foerste (43), Clark (44,45), Houde et Clark (56), Osborne (57), Wilson (58) et d'autres ont étudié la géologie de la roche en place des basses terres du Saint-Laurent.

Les matériaux les plus communément utilisés sont les schistes ordoviciens des groupes Utica et Lorraine. D'autres matériaux provenant des basses terres du Saint-Laurent pourraient être utilisés, tels les schistes de la formation Queenston (rivière Bécancour) et ceux de la formation Rockcliffe.

Les schistes ordoviciens et cambriens du groupe de Québec, provenant de la région des Appalaches, sont une autre source importante de matériaux bruts qui pourraient servir à la fabrication de briques, de tuyaux de drainage, de blocs de charpente et, peut-être, de tuyaux d'égout. Osborne (57) en a étudié la géologie dans la région de Québec.

Dresser et Denis (59,60) fournissent d'autres renseignements sur la géologie générale du Québec, y compris des données sur les schistes du groupe de Québec.

MATÉRIAUX ÉTUDIÉS

La liste suivante donne le nom de l'échantillon (souligné), le numéro, le comté d'origine et, quand il est connu, le groupe géologique auquel il appartient. Les échantillons sont numérotés de 1 à 41 et sont groupés d'après la région et leur nature. Les numéros entre parenthèses sont les numéros de laboratoire relatifs à l'analyse thermique différentielle.

Les échantillons ont été arbitrairement repartis en six divisions dont cinq représentent les régions et une la nature d'argile. Les treize schistes ont été placés dans les deux premières divisions, l'une représentant la région de Québec et le nord (échantillons 1 à 5), et l'autre représentant le sud du Québec

(échantillons 6 à 13). La ligne de division pour les schistes a été arbitrairement placée à Québec. Tous les kaolins et les argiles réfractaires ont été rangés dans la 6e division (échantillons 36 à 41). Les vingt-deux autres échantillons (tous des argiles) ont été répartis en divisions désignées sous le nom de Gaspésie et de l'est du Québec (échantillons 14 à 21), sud-est du Québec et région de Montréal (échantillons 22 à 28) et Côte Nord, nord-ouest et ouest du Québec (échantillons 29 à 35).

Schistes de la région de Québec et de Mont-Joli

1. (U946), Lauzon (Q.G.), comté de Lévis; schiste du groupe de Québec, provenant d'une carrière à Lauzon.
2. (U947), Ile d'Orléans (Q.G.), comté de Montmorency; schiste du groupe de Québec, provenant de l'île d'Orléans.
3. (U980), Beauport (U-L), comté de Québec; schiste du groupe Utica-Lorraine, provenant de Beauport.
4. (U979), Boischatel (U-L), comté de Montmorency; schiste du groupe Utica-Lorraine, provenant de Boischatel.
5. (U1135), Mont-Joli (Q.G.), comté de Matane; schiste du groupe de Québec, provenant du nord-est de Mont-Joli, à Saint-Octave-de-Métis.

Schistes du sud du Québec

6. (U957), Delson (U), comté de Laprairie; schiste du groupe Utica, provenant d'une manufacture de briques de Delson.
7. (U1169), Saint-Apollinaire (Q.G.), comté de Lotbinière; schiste du groupe de Québec, recueilli à 2 milles au sud-ouest de Saint-Apollinaire, sur le côté sud-est de la route no 9 et de la voie ferrée.
8. (U1093), Lotbinière (U), comté de Lotbinière; schiste du groupe Utica, prélevé au nord-est de Lotbinière, sur le côté sud-est de la route no 3.
9. (U1048), Sainte-Monique (Q), comté de Nicolet; schiste de la formation Queenston (rivière Bécancour), recueilli près du pont qui enjambe la rivière Carmel près de son confluent avec l'embranchement sud-ouest de la rivière Nicolet, et près de Sainte-Monique.

10. (U1193), Boucherville (U-L), comté de Chambly; schiste du groupe Utica ou de la partie inférieure du groupe Lorraine, affleurant sur la rive d'un cours d'eau à 3 milles à l'est de Boucherville.
11. (U616), Saint-Grégoire (Q), comté de Nicolet; schiste altéré de la formation Queenston (rivière Bécancour), affleurant en un point élevé du terrain à 1 1/2 mille à l'est de Saint-Grégoire.
12. (U83), Laprairie (L), comté de Laprairie; schiste du groupe Lorraine, provenant d'une manufacture de briques de Laprairie.
13. (U1126), Breckenridge (R), comté de Gatineau; schiste de la formation Rockcliffe, affleurant au sud de la grande route et à un mille au sud-est de Breckenridge.

Argiles de la Gaspésie et de l'est du Québec

14. (U1132), Douglstown, comté de Gaspé-Est, argile ordinaire de surface prélevée près de Douglstown.
15. (U1133), Saint-Alphonse, comté de Bonaventure; argile ordinaire de surface prélevée près de Saint-Alphonse.
16. (U1139), Estcourt, comté de Témiscouata; argile ordinaire de surface prélevée près d'Estcourt.
17. (U693), Scott Jonction, comté de Dorchester; argile ordinaire de surface, probablement déposée dans un lac glaciaire, et provenant de la manufacture de briques de Scott Jonction.
18. (U1137), Ville Saint-Georges, comté de Beauce (canton Jersey); argile ordinaire de surface, probablement déposée dans un lac glaciaire.
19. (U1136), Disraëli, comté de Wolfe; argile ordinaire de surface, probablement déposée dans un lac glaciaire et que l'on trouve sur la rive d'un cours d'eau à l'ouest de la route no 1 et à environ 2 milles au nord de Disraëli, près de la manufacture de briques.
20. (U685), Victoriaville, comté d'Arthabaska; argile ordinaire de surface, probablement d'origine marine, qui se trouve juste au sud de Victoriaville à la manufacture de tuyaux de drainage et de blocs de charpente.
21. (U60), Deschaillons, comté de Lotbinière; argile ordinaire d'origine glaciaire affleurant juste au sud de Deschaillons sur la rive du Saint-Laurent, à la manufacture de briques, tuyaux de drainage et blocs de charpente.

Argiles du sud-est du Québec et de la région de Montréal

22. (U212), East Angus, comté de Compton; argile ordinaire de surface déposée dans un lac glaciaire et que l'on trouve à la manufacture de briques d'East Angus.
23. (U1129), Cowansville, comté de Missisquoi; argile ordinaire de surface des environs de Cowansville.
24. (U108), Saint-Jean, comté de Saint-Jean; argile ordinaire de surface, probablement d'origine marine, recueillie à la manufacture de tuyaux d'égout de Saint-Jean.
25. (U741), Laprairie (Argile), comté de Laprairie; argile ordinaire de surface, probablement d'origine marine, affleurant à 4 milles à l'est de Laprairie.
26. (U56), Lakeside, comté de Jacques Cartier; argile de surface provenant de la manufacture de tuyaux de drainage et de blocs de charpente de Lakeside; probablement d'origine marine.
27. (U1130), Soulanges, comté de Soulanges; argile ordinaire de surface des environs de Soulanges.
28. (U630), Varenes, comté de Verchères; argile ordinaire de surface que l'on trouve à 1/4 de mille de Varenes.

Argiles de la Côte Nord, du nord-ouest et de l'ouest du Québec

29. (U1134), Sept-Iles, comté de Saguenay; argile ordinaire de surface que l'on trouve aux abords de Sept-Iles.
30. (U504), Mistassini, comté du Lac Saint-Jean Ouest; argile ordinaire de surface, probablement d'origine marine, que l'on trouve à la manufacture de briques de Mistassini.
31. (U1125), L'Assomption, comté de l'Assomption; argile de surface recueillie à 4 milles à l'est de l'Assomption.
32. (U1219), Sainte-Scholastique, comté de Deux-Montagnes; argile ordinaire de surface que l'on trouve à Sainte-Scholastique.
33. (U1128), Buckingham, comté de Papineau; argile de surface, probablement d'origine marine, déposée aux abords de la rivière à Buckingham.
34. (U1127), Clerval, comté d'Abitibi; argile ordinaire de surface, déposée dans un lac glaciaire près de Clerval.
35. (U1223), Rouyn, comté de Témiscamingue, canton Laverlochère; argile ordinaire de surface, déposée dans un lac glaciaire au voisinage de Rouyn.

Argiles à kaolin

36. (U542), Schefferville, Nouveau Québec; argile réfractaire non consolidée provenant du gisement ferrifère de Redmond, à Schefferville, section 251+00, 483' S.O.
37. (U1131), Château-Richer, comté de Montmorency; roche kaolinisée formée d'environ 80 p. 100 de plagioclase et de 20 p. 100 de kaolinite.
38. (U852), Saint-Rémi, comté de Papineau; roche kaolinisée décolorée qui ressemble à de l'argile sablonneuse faiblement réfractaire, recueillie à 2.5 milles de Saint-Rémi d'Amherst, sur la route d'Huberdeau.
39. (U1138), Brébeuf, comté d'Argenteuil; roche kaolinique, qui consiste surtout en quartz et en minéral kaolinique, recueillie à 2.3 milles au sud de Brébeuf et à 3/4 mille à l'ouest de la route no 57.
40. (U772), Labelle, comté de Labelle; argile molle de la rive est du lac Labelle, à environ 7 milles de Labelle.
41. (U853), Point Comfort, comté de Gatineau; roche kaolinisée de la rive est du lac Trente-et-un-mille, recueillie à Point Comfort, près de la limite des lots 21 et 22.

Les treize échantillons suivants ont été choisis pour être soumis à des études spéciales: l'établissement du gradient de température de cuisson, l'analyse thermogravimétrique et la dilatométrie. Ce sont: 1. Lauzon (Q.G.), 4. Boischatel (U-L), 5. Mont-Joli(Q.G.), 6. Delson (U), 7. Saint-Apollinaire (Q.G.) 8. Lotbinière (U), 9. Sainte-Monique (Q), 12. Laprairie (L), 17. Scott Jonction, 22. East Angus, 25. Laprairie (Argile), 30. Mistassini, 39. Brébeuf.

MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

Étude courante des propriétés physiques qui intéressent l'industrie de la céramique

Tous les échantillons ont été broyés de façon à traverser le tamis de laboratoire Tyler de 16 mailles. On a pris note de toute effervescence à l'acide chlorhydrique dilué. Les propriétés avant et après cuisson ont été déterminées pour tous les échantillons sauf ceux de Sainte-Monique (Q) et de Disraëli, en moulant à la main des briquettes de 4 pouces sur 1 1/2 sur 1 1/4, à cause de la petite quantité de matériaux requise et de la simplicité des appareils utilisés. Des échantillons sous vide de Disraëli, de Sainte-Monique (Q) et de Mont-Joli (Q.G.) (ces derniers moulés à la main également), destinés aux examens ordinaires, ont été soumis à l'extrusion au moyen d'une étireuse de laboratoire International munie d'une chambre à vide. On a établi pour l'échantillon de Mont-Joli (Q.G.) les propriétés après cuisson des produits moulés à la main et des produits soumis à l'extrusion.

On a mesuré la quantité d'eau ajoutée aux échantillons séchés pour les amener à l'état plastique nécessaire au moulage (eau de plasticité). La plasticité des échantillons a été déterminée empiriquement au toucher lors de la préparation des éprouvettes. Une éprouvette de chaque échantillon a été soumise au séchage rapide dans un séchoir de laboratoire à 85°C, et toutes les fissures que l'on a relevées ont été annotées 15 à 25 minutes environ après l'insertion de l'éprouvette dans le séchoir. Les autres éprouvettes ont été séchées à l'air et on a terminé le séchage en les plaçant dans un séchoir électrique de laboratoire

porté à 110°C durant une nuit. On a ensuite calculé le retrait au séchage en se basant sur la longueur originale de l'éprouvette.

Toutes les éprouvettes destinées aux examens ordinaires ont été cuites dans des fours électriques de laboratoire à diverses températures. On a pris note du retrait à la cuisson en se basant sur la longueur originale, du degré d'absorption par l'immersion dans de l'eau froide durant 24 heures, de la couleur et de la dureté. On a ensuite calculé le retrait total, par rapport aux dimensions originales, en additionnant le retrait au séchage à celui dû à la cuisson. La résistance pyroscopique (R.P.), qui est à peu près l'équivalent du point de ramollissement à la chaleur, a été ensuite déterminée.

Gradient de température de cuisson

Les propriétés après cuisson de 13 argiles types ont été déterminées à l'aide du gradient de température de cuisson. Toutes les éprouvettes ont été moulées à la main sauf le matériau provenant de Sainte-Monique (Q), qui a été soumis à l'extrusion sous vide. On a aussi établi les courbes du gradient de température d'un schiste de Queenston provenant de Georgetown (Ont.), traité sous vide et soumis à l'extrusion, pour les comparer à celles de l'échantillon de Queenston (rivière Bécancour) provenant de Sainte-Monique.

La méthode utilisée pour établir le gradient de température a été décrite par Stone (61). Les échantillons ont été séchés de la façon décrite ci-dessus. Les barres d'essai, de 7 1/2 pouces de longueur, ont été marquées à intervalles d'un

demi-pouce et des doubles ont été placés dans un four à gradient de température Stone. La température de cuisson dans la partie centrale du four a été élevée, au taux de 90° centigrades à l'heure, jusqu'à 820°C et cette température a été maintenue pendant 6 heures. Elle a ensuite été élevée au taux de 110° centigrades à l'heure jusqu'à la température de finition que l'on a maintenue pendant une heure. Le contrôle a été automatisé par l'emploi d'un appareil à came. Le gradient a été d'environ 450 à 550 degrés centigrades de l'extrémité chaude à l'extrémité froide des barres selon la température de contrôle. On a calculé la température et le retrait à chacune des marques sur la barre. Des tranches découpées des barres d'essai ont été immergées durant 24 heures dans de l'eau froide pour en déterminer l'absorption. A chacune des marques sur la barre, on a relevé la couleur et la dureté. Les courbes du gradient de température pour l'absorption et le retrait ont été tracées à partir de ces résultats.

Analyse chimique

Charette et collaborateurs (62) donnent une brève explication des méthodes utilisées pour l'analyse chimique et Hole (63) rapporte quelques modifications. Toutes les analyses sont fondées sur des matériaux séchés à 105°C et le total des constituants a été dérivé de la somme des pourcentages d'oxyde et du pourcentage de la perte au feu (P.F.).

Analyse thermique différentielle (ATD)

Brady (23) et Brady et collaborateurs (64) ont discuté quelques analyses thermiques différentielles d'argiles de référence, ainsi que d'autres matériaux. Les échantillons ont

été déposés dans un creuset de nickel et chauffés dans une atmosphère normale à l'aide d'un four à éléments de nichrome, en utilisant de l'alundum comme matériau témoin inerte. La température du four et les températures différentielles ont été enregistrées sur appareil Speedomax Leeds-Northrup X₁-X₂ muni d'un amplificateur de gamme pour l'échelle différentielle. On a utilisé un amplificateur Leeds-Northrup à courant continu pour amplifier le milli-voltage des températures différentielles. La température du four était réglée par un appareil Leeds-Northrup qui élevait la température de 12 degrés centigrades à la minute. L'amplificateur a été réglé à 10 dans l'échelle de sensibilité pour tous les échantillons sauf les argiles réfractaires ou kaoliniques de Schefferville, de Château-Richer, de Saint-Rémi, de Brébeuf, de Labelle et de Point Comfort, pour lesquels l'amplificateur a été réglé à 40. Les amplitudes maximales au réglage 40 ont été réduites d'un facteur de 4 afin de maintenir dans les limites du graphique les courbes résultant des réactions intenses des matériaux kaoliniques.

Mesures de plasticité

La plasticité relative des 13 échantillons spécialement choisis a été mesurée au plastographe Brabender. Cette méthode de la détermination de la plasticité relative (consistance) est plus précise que le procédé empirique utilisé lors de la préparation des échantillons ordinaires, qui dépend toujours du jugement et de l'expérience du technicien. Marshall (65) a décrit l'application du plastographe Brabender aux argiles. Deux cents grammes de matériau séché ont été placés dans l'appareil et l'on a fait

tourner le malaxeur le plus lentement possible. On a ainsi obtenu une courbe continue de la consistance alors qu'on ajoutait de l'eau au taux de 5 cc à la minute. Un schiste de la formation Dundas-Meaford près de Cooksville (Ont.), récemment re-définie par Liberty (66) comme la formation Georgian Bay, a servi comme matériau de référence. Ce schiste, classifié sous le nom de Cooksville (D-M), était juste assez plastique pour être soumis à l'extrusion. Les pointes et les dimensions des courbes obtenues au plastographe ont servi à comparer la plasticité des échantillons; plus la pointe est élevée et plus la surface est grande, meilleure est la plasticité.

Expansion thermique

L'expansion thermique des éprouvettes non cuites des 13 échantillons spécialement choisis a été déterminée à l'aide d'un dilatomètre vertical à tube et, dans certains cas, d'un dilatomètre horizontal genre Seger. Les parties composantes principales du dilatomètre vertical sont: un four à éléments nichrome, un assemblage de quartz fondu, et un cadran Ames. Des éprouvettes de 1/2 sur 1/2 pouce et d'environ 2 pouces de longueur ont été moulées à la main pour éviter les effets d'orientation des particules. Les côtés parallèles à l'axe longitudinal ont été cannelés à l'aide d'une lime d'un quart de pouce afin d'obtenir une coupe finale sensiblement en forme de X avec fortes gorges sur la colonne centrale. En réduisant et uniformisant ainsi l'épaisseur, on accroît la sensibilité de l'appareil aux variations soudaines de dimension. Les extrémités des échantillons séchés

au four ont été sablés pour les rendre lisses et parallèles, et les longueurs ont été mesurées au dix-millième de pouce près. Le four du dilatomètre a été réglé manuellement à un taux de chauffage variant de 9 à 11 degrés centigrades à la minute. Les lectures de longueur et de température ont été prises à des intervalles de deux minutes sauf lorsque l'on prévoyait ou que l'on observait des changements de dimension rapides ou prononcés (comme à la température d'inversion du quartz, 573°C); alors, les lectures étaient prises à chaque minute. Les températures maximales ont été limitées à 980°C environ à cause de la nature de l'assemblage de quartz fondu. Se basant sur ces résultats, on a calculé les pourcentages des changements de longueur, se rapportant à la longueur initiale, en fonction de la température. Aucune correction n'a été faite pour l'expansion du quartz fondu puisqu'elle est infime et régulière (0.585×10^{-6} pouce par pouce de longueur et par degré centigrade de 0 à 1200).

Le four vertical a été fermé à son extrémité inférieure et, par conséquent, l'atmosphère était réductrice dans les cas où des quantités importantes de H_2O , de CO_2 ou de SO_2 se dégagent de l'échantillon non cuit. Dans le cas des schistes, surtout, cette atmosphère réductrice influençait la couleur et a pu modifier les caractéristiques d'expansion. Pour vérifier cet effet, on a déterminé l'expansion des échantillons de schiste et d'un échantillon d'argile dans un dilatomètre Seger avec un four horizontal à élément de platine dans une atmosphère oxydante. La température du four était automatiquement réglée à un taux de chauffage d'environ 3.3 degrés centigrades à la minute. La température et

l'expansion thermique ont été automatiquement enregistrées. Les échantillons moulés à la main, présentant une section transversale de 25 mm avec un trou central de 7 mm, ont été limés pour leur donner la même forme que les éprouvettes placées au four vertical. Leurs longueurs étaient exactement de 100 mm, ce qui permettait d'enregistrer directement les pourcentages d'expansion. Les courbes obtenues ont été tracées à la même échelle que celles obtenues pour les échantillons traités en atmosphère réductrice et ont été ramenées à la vraie expansion en soustrayant les dimensions calibrées de l'appareil de leurs valeurs d'expansion enregistrées.

Divers essais ont été faits sur les effets de façonnage (moulage à la main, extrusion sous vide et pressage isostatique) et l'influence que ceux-ci exercent sur l'expansion thermique des échantillons non cuits de Lauzon (Q.G.), tant en atmosphère réductrice qu'oxydante. La plus longue dimension des échantillons sous vide soumis à l'extrusion était parallèle à la direction de l'extrusion. On a supposé que les particules étaient orientées dans la direction de l'extrusion et qu'il n'y avait pas d'orientation des particules dans les échantillons moulés à la main ou pressés isostatiquement. La pression isostatique utilisée était de 10,000 livres au pouce carré.

On a obtenu des éprouvettes cuites pour chacun des treize échantillons choisis. Chaque éprouvette a été cuite en atmosphère oxydante jusqu'à la température qui serait normalement utilisée dans la production industrielle. Après avoir rendu les extrémités lisses et parallèles, on a mesuré dans le dilatomètre

vertical, de la même façon que pour les éprouvettes non cuites, l'expansion thermique allant jusqu'à 700°C. On a supposé que, la température maximale d'essai étant bien inférieure à la température initiale de cuisson, aucune autre réaction ne se produirait et que la courbe de refroidissement de l'éprouvette cuite serait identique à la courbe de cuisson. On a ainsi tracé les courbes d'expansion thermique des éprouvettes cuites qui représentent les changements de dimension des matériaux cuits durant la période de refroidissement. L'atmosphère lors de ces essais a semblé être d'oxydante à neutre. La discontinuité prononcée des courbes entre 570 et 590 degrés centigrades a servi à déterminer le pourcentage de quartz dans les échantillons cuits soumis à l'expansion thermique. Une ligne a été tirée sur la courbe en direction de la discontinuité et le pourcentage d'expansion a été relevé entre les points de tangence supérieurs et inférieurs (d'ordinaire entre 570 et 590°C). L'expansion d'un échantillon de quartz (100 p. 100 quartz) a été obtenue de façon semblable et on a utilisé sa valeur comme référence.

Analyse thermogravimétrique (ATG)

L'enregistrement continu des courbes de la perte de poids en fonction de la température pour les 13 échantillons choisis a été effectué à l'aide d'une thermobalance Stanton à haute température réglée automatiquement. Deux grammes de matériau traversant le tamis Tyler de 100 mailles ont été séchés à 110°C à un poids constant et ont été placés dans le creuset de la thermobalance. On s'est servi d'un taux de chauffage de 6 degrés centigrades à la minute. Cette combinaison du poids de l'échantillon

et de l'augmentation de la température a donné des courbes comparables à celles de l'ATD.

Les courbes de la perte de poids ont été retracées de façon différentielle pour indiquer cette perte à toutes les 2.5 minutes (cet intervalle représente 15 degrés centigrades). De plus, l'échelle verticale est une échelle logarithmique, de sorte que l'effet des réactions accompagnées de changements de poids minimes, lorsqu'ils se produisent individuellement ou se surimposent à une réaction comportant un changement de poids plus important, s'observe plus facilement.

Analyse par diffraction des rayons X (DRX)

Des quantités représentatives des divers échantillons ont été finement broyées dans un mortier d'agate et ont été analysées par groupes de quatre à l'aide de la caméra Guinier-deWolff par diffraction des rayons X, afin de déterminer leurs éléments non argileux. On a utilisé un procédé semblable sur la fraction refusée au tamis d'ouverture de 200 mailles pour la majorité des argiles et quelques-uns des schistes tendres.

Pour concentrer ces parties de minéraux argileux, environ 2 grammes de chaque échantillon d'argile ou de schiste, broyé de façon à traverser le tamis de 100 mailles, ont été dispersés dans 100 ml d'eau distillée. Tous les matériaux de grosseur supérieure à 5 microns (diamètre équivalent de déposition) ont été centrifugés et enlevés. Les matériaux inférieurs à 5 microns ont ensuite été recueillis par centrifugeage dans un appareil à haute vitesse Sorvall SS-3 fonctionnant à 10,000 tours à la minute.

Les oxydes de fer libre, dont les particules dans les suspensions étaient inférieures à 5 microns, autant que la couleur rouge ou brune indiquait leur présence, ont été éliminés par la méthode de Mehra et Jackson (67).

Des plaques de minéraux orientés argileux ont été préparées en faisant sécher de petites quantités de la suspension à -5 microns sur des lames de verre borosilicaté. Les lames ont été ensuite successivement balayées par un diffractomètre à rayons X North American Philips à grand angle, dans des atmosphères à 0 et 100 p. 100 d'humidité relative environ. On a obtenu ces conditions en couvrant l'ouverture de la chambre des échantillons d'un film de polyéthylène et en faisant circuler un courant d'azote gazeux que l'on avait auparavant fait passer par tuyau de séchage ou fait passer dans de l'eau distillée chaude (60°C). Avant d'être examinées, les plaques avaient été équilibrées par un séjour de plusieurs heures dans l'air sec ou au-dessus de l'eau tiède. On a aussi soumis les plaques au balayage du diffractomètre après les avoir saturées de glycol éthylnique et chauffées à 580°C pendant une demi-heure. Enfin, les plaques préparées à partir des suspensions à -5 microns, et qui avaient été bouillies dans un excès d'acide chlorhydrique concentré, ont également été soumises aux mêmes examens.

Les éprouvettes cuites des 13 échantillons choisis ont ensuite été étudiées. Les conditions de cuisson ont été les mêmes que pour les éprouvettes qui ont servi à mesurer l'expansion thermique et chaque échantillon a été cuit à la température qui

serait normalement utilisée pour la production industrielle. On s'est servi de la caméra Guinier des rayons X pour identifier les phases cristallines à l'intérieur des échantillons cuits.

RÉSULTATS ET LEUR EXAMEN

Propriétés céramiques d'après les recherches courantes

Les tableaux 1 et 2 énumèrent les propriétés avant et après cuisson des schistes représentatifs du Québec. Ce sont tous des schistes ordinaires et, à l'exception du Boischatel (U-L) qui prend à la cuisson des teintes crème et chamois, tous les échantillons ont une tendance à prendre une couleur saumon ou brun clair aux températures de cuisson les moins élevées, et rouge foncé ou brun rougeâtre aux températures plus élevées. Les schistes des basses terres du Saint-Laurent (Lorraine, Utica, Queenston et Rockcliffe) possèdent un RP très bas, d'environ 01 à 6, tandis que ceux du groupe de Québec en possèdent un de 14 à 16. Leurs gammes de cuisson peuvent convenir à la fabrication de briques de parement sauf dans le cas du matériau très calcaire de Boischatel qui exige un contrôle très rigoureux par suite de difficultés que l'on rencontre lors de la cuisson. La plasticité des schistes est ordinairement faible à modérée et en conséquence il est souvent nécessaire de leur ajouter des matières plastiques comme l'argile ou la bentonite, ou encore un additif chimique, avant de les soumettre à l'extrusion. Les échantillons de l'île d'Orléans, de Saint-Apollinaire, de Mont-Joli et de Saint-Grégoire sont suffisamment plastiques pour permettre la fabrication de tuyaux de drainage, de blocs de charpente et de briques de parement.

Les échantillons du groupe de Québec, étant plus réfractaires et généralement plus plastiques que ceux des basses terres du Saint-Laurent, pourraient, dans certains cas, convenir aussi à la fabrication de tuyaux d'égout.

Le tableau 1 illustre les effets de la désaération en comparant les propriétés des échantillons de Mont-Joli (Q.G.) moulés à la main et étirés sous vide. Lorsqu'ils sont cuits à la même température, les échantillons sous vide sont habituellement plus durs et plus denses que les mêmes matériaux moulés à la main. En conséquence, les propriétés après cuisson des échantillons de Sainte-Monique et de Disraëli auraient été légèrement différentes s'ils avaient été moulés à la main.

Les tableaux 3, 4 et 5 indiquent les propriétés d'échantillons représentatifs d'argile. Ce sont des matériaux ordinaires à faible point de fusion qui possèdent un RP de 01 à 8. Comme les schistes, ces argiles prennent une couleur saumon ou brun clair aux températures de cuisson les moins élevées et deviennent rouges aux températures plus élevées. Plusieurs échantillons sont très plastiques et difficiles à sécher rapidement. La plupart d'entre eux ont une gamme de cuisson très courte (une petite augmentation de la température produit une importante modification dans les domaines du retrait et de l'absorption) aux températures auxquelles le matériau devient suffisamment dense et dur pour convenir à la fabrication de briques de parement et de tuyaux d'égout (l'absorption étant habituellement de 6 à 8 p. 100). En conséquence, à cause des difficultés de traitement déjà mentionnées, plusieurs des échantillons ne conviennent qu'à la fabrication de la brique ordinaire, de tuyaux

de drainage et de blocs de charpente, à condition que le matériau puisse être soumis à l'extrusion et ensuite bien séché.

Le tableau 6 énumère les propriétés des argiles à kaolin. Au Québec, ce type d'argile ne se trouve que sur le Bouclier canadien. À l'exception de ceux de Schefferville, les échantillons peuvent être considérés comme des roches kaolinisées qui ne peuvent servir en céramique à l'état naturel. L'échantillon de Schefferville est une argile réfractaire ne convenant qu'à la fabrication de produits modérément réfractaires, à moins qu'on ne lui ajoute d'autres matériaux plus réfractaires.

Analyses chimiques

Le tableau 7 résume les analyses chimiques des échantillons. La somme du carbone élémentaire et organique, d'environ un tiers du soufre (S), du bioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau ($+105^\circ\text{C}$) devrait correspondre à la perte au feu (P.F.). Cette perte pour les argiles à forte teneur en FeO a une tendance à être faible. L'eau (-105°C) représente l'humidité dans les échantillons séchés à l'air. Le carbone élémentaire et organique et le soufre indiquent approximativement la quantité de matériaux oxydables présents. La majeure partie du soufre se trouve probablement dans la pyrite (FeS_2).

Sauf pour les argiles à kaolin et les schistes du groupe de Québec, les analyses sont typiques d'argiles et de schistes hétérogènes ordinaires à point de fusion peu élevé. À cet égard, elles ressemblent aux échantillons de l'Ontario déjà étudiés (27), sauf que les argiles à forte teneur en CaO et en MgO (de fortes teneurs indiquent ordinairement la présence de la calcite et (ou)

de la dolomie) sont moins communes au Québec qu'en Ontario. La teneur en Al_2O_3 des argiles (d'ordinaire une indication grossière de la teneur en argile) de toutes les régions et des schistes des basses terres du Saint-Laurent varie environ de 14 à 17 p. 100. La teneur en alumine (Al_2O_3) des schistes du groupe de Québec varie de 20 à 24 p. 100, alors que les échantillons des argiles kaoliniques présentent une teneur qui peut atteindre 35 p. 100. La teneur en silice de la majorité des argiles et schistes ordinaires varie de 50 à 65 p. 100 environ, y compris 12 à 35 p. 100 de quartz libre (sable siliceux). De façon générale, ces matériaux ordinaires renferment aussi des quantités appréciables de FeO , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O et K_2O . La teneur en CaO et en MgO des schistes du groupe de Québec est généralement plus faible que dans les autres schistes et cette particularité, jointe à leur plus forte teneur en alumine, les rend plus réfractaires que les schistes des basses terres du Saint-Laurent ou de l'Ontario.

Analyse thermique différentielle

Les figures 1 à 6 présentent les courbes de l'analyse thermique différentielle des échantillons. Les pointes exothermiques se dirigent vers le haut et les endothermiques vers le bas. Généralement, les réactions des minéraux argileux occasionnent des pointes endothermiques aux environs de $150^\circ C$ et de $590^\circ C$, ainsi que les doublets endothermiques et exothermiques qu'on observe au-dessus de $900^\circ C$ quand il n'existe peu ou point de carbonate. Une double pointe endothermique entre 750 et $850^\circ C$ indique la présence de la dolomie et peut-être aussi de la calcite, alors qu'une pointe endothermique unique et intense entre 765 et $900^\circ C$ indique la présence de la calcite. Quand la teneur en carbonates est d'environ

TABLEAU I
Propriétés des schistes des régions de Québec et de Mont-Joli

Échantillon	Caractéristiques avant la cuisson	R. P.	Caractéristiques après la cuisson					Remarques
			Cône**	Retrait de cuisson % *	Absorption %	Coloration	Dureté	
Lauzon (Q.G.) (moulé à la main)	Schiste brun, non calcaireux, d'une carrière à Lauzon. Faible plasticité. Eau de plasticité: 15%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 4.2%.	14 (1388°C)	08	0.0	9.6	Saumon	Assez dur	Ce matériau aurait besoin d'un agent qui augmenterait sa plasticité pour l'extrusion de produits à parois minces. Devrait convenir à la fabrication de briques. Gamme de cuisson étendue.
			06	0.7	9.5	Rouge pâle	Assez dur	
			02	2.5	5.7	Rouge	Dur	
			2	2.7	4.6	Rouge foncé	Très dur	
Ile d'Orléans (moulé à la main)	Schiste brun clair, non calcaireux de l'île d'Orléans. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 16.7%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 5%	15 (1424°C)	08	0.2	12.1	Saumon	Assez tendre	Schiste de bonne qualité, rouge après cuisson. Ses propriétés sont semblables à celles de l'échantillon de Mont-Joli. Convient à la fabrication de briques et de tuiles et peut-être de tuyaux d'égoût.
			06	2.0	9.3	Rouge pâle	Assez dur	
			04	3.0	7.0	Rouge moyen	Dur	
			02	4.6	5.0	Rouge	Très dur	
			1	5.3	3.0	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Beauport (U-L)	Schiste gris, calcaireux, d'une carrière de Beauport près de Québec. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 14%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 3.3%.	3 (1152°C)	06	0.0	11.0	Saumon brun	Assez dur	Ce matériau pourrait être soumis à l'extrusion. Devrait convenir à la fabrication de la brique, pourvu que l'on prenne des précautions au cours du traitement.
			04	0.3	11.0	Saumon brun	Assez dur	
			02	0.1	9.8	Saumon brun foncé	Dur	
			1	1.5	6.0	Brun rouge	Très dur	
Boischatel (U-L) (moulé à la main)	Schiste gris, très calcaireux, d'une carrière de Boischatel près de Québec. Assez bonne plasticité. Eau de plasticité: 15%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 4.1%.	4- (1165°C)	06	-0.3	16.1	Rose crème	Assez tendre	Convient à la fabrication de la brique si l'on prend beaucoup de précautions au cours du traitement.
			04	-0.3	16.0	Rose crème	Assez tendre	
			02	0.7	14.8	Rose crème	Assez dur	
			1	1.0	11.2	Chamois vert	Dur	
			3	3.1	4.8	Chamois brun	Très dur	
Mont-Joli (Q.G.) (moulé à la main)	Schiste rouge, non calcaireux, de la région de Mont-Joli. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 20%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 3.9%.	16 (1455°C)	08	0.3	12.7	Saumon	Assez tendre	Schiste de bonne qualité rouge après cuisson. Peut être soumis à l'extrusion et devrait convenir à la fabrication de briques et de tuiles. Gamme de cuisson étendue. Pourrait servir à la fabrication de tuyaux d'égoût.
			06	1.7	10.7	Saumon foncé	Assez dur	
			04	3.7	7.0	Rouge	Dur	
			02	4.3	5.4	Rouge foncé	Très dur	
			2	5.1	4.6	Rouge foncé	Très dur	
Mont-Joli (Q.G.) (étiré sous vide)	Eau de plasticité: 18.5%. Assez faible avant la désaération mais bonne colonne forte après la désaération. Retrait au séchage: 4%.	16	06	2.5	8.6	Rouge clair	Dur	Cuites aux mêmes températures, les briquettes désaérées et soumises à l'extrusion sont plus denses et plus dures que celles qui sont moulées à la main.
			04	4.8	3.8	Rouge	Dur comme l'acier	
			02	6.3	0.1	Rouge foncé	Presque vitrifié	

** 08-945°C (1743°F); 06-991°C (1816°F); 04-1050°C (1922°F); 02-1101°C (2014°F); 1-1136°C (2077°F); 2-1142°C (2088°F); 3-1152°C (2106°F).

* Le signe moins (-) indique une expansion.

TABLEAU 2

Propriétés des schistes du sud du Québec

Échantillon	Caractéristiques avant la cuisson	R. P.	Caractéristiques après la cuisson					Remarques
			Cône**	Retrait de cuisson % *	Absorption %	Coloration	Dureté	
Delson (U) (moulé à la main)	Schiste commun gris, légèrement calcaireux, d'une carrière de Delson. Dur. Faible plasticité. Eau de plasticité: 14%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 3.7%.	01 (1117°C)	08	0.7	8.5	Chamois brun	Assez dur	Aurait besoin d'un agent qui augmente sa plasticité pour l'extrusion. Gamme de cuisson satisfaisante pour la brique de parement. Tendance à s'encrasser.
			06	0.7	7.9	Chamois brun	Assez dur	
			04	1.7	6.1	Saumon brun	Dur	
			02	2.0	3.9	Brun clair	Très dur	
Saint-Apollinaire (Q.G.) (moulé à la main)	Schiste ordinaire rouge, non calcaireux, de Saint-Apollinaire. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 15%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 3.4%.	14 1/2 (1400°C)	08	0.7	9.3	Saumon foncé	Dur	Schiste plastique qui devrait se bien prêter à l'extrusion. Gamme de cuisson étendue. Devrait convenir à la fabrication de la brique, des tuiles et peut-être des tuyaux d'égoût.
			06	1.8	6.8	Rouge clair	Dur	
			04	2.5	6.6	Rouge	Très dur	
			02	3.5	5.1	Rouge	Très dur	
			1	3.0	4.0	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Lotbinière (U) (moulé à la main)	Schiste ordinaire gris, calcaireux, d'une carrière de Lotbinière. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 15.5%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 4.3%.	4+ (1170°C)	08	0.7	10.7	Saumon brun clair	Assez dur	Devrait se prêter à l'extrusion mais pourrait exiger l'addition d'un agent qui augmenterait sa plasticité pour les formes difficiles à obtenir. Devrait convenir à la brique de parement et aux tuiles.
			06	2.0	9.0	Saumon brun	Dur	
			04	2.0	7.9	Saumon brun foncé	Dur	
			02	3.8	4.2	Rouge brun	Très dur	
			1	2.2	1.1	Rouge brun foncé	Dur comme l'acier	
Ste-Monique (Q) (moulé à la main)	Schiste ordinaire rouge, calcaireux, de la région de Ste-Monique. Faible plasticité. Eau de plasticité: 15%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage 3.3%.	4- (1165°C)	Moins de 08 (Voir les résultats du gradient de température)					Probablement difficile à soumettre à l'extrusion. Convient à la brique de parement. État très dense après cuisson à une température relativement basse.
			08	3.3	4.9	Rouge clair	Dur	
			06	3.7	3.6	Rouge	Très dur	
			04	4.7	0.5	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Boucherville (U.L.) (moulé à la main)	Schiste ordinaire chamois, non calcaireux, de la région de Boucherville. Faible plasticité mais assez bonne malléabilité. Eau de plasticité: 21.7%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 3.6%.	4+ (1170°C)	06	2.8	12.4	Saumon	Assez dur	Devrait se prêter à l'extrusion mais pourrait exiger un agent qui augmenterait sa plasticité pour la fabrication de la brique. Gamme de cuisson écourtée aux environs du cône 05.
			04	6.1	6.4	Rouge moyen	Très dur	
			02	6.5	2.7	Rouge	Dur comme l'acier	
Saint-Grégoire (Q) (moulé à la main)	Schiste ordinaire rouge, non calcaireux, et altéré par les intempéries de la région de St-Grégoire. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 19.8%. Très légère tendance à se fissurer au séchage rapide. Retrait au séchage: 6.5%.	6- (1198°C)	08	1.3	11.0	Rouge clair	Assez dur	Convient à la fabrication de briques et de tuiles.
			06	2.7	7.5	Rouge moyen	Dur	
			04	4.1	4.6	Rouge	Très dur	
			02	6.3	1.1	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Laprairie (L) (moulé à la main)	Schiste ordinaire gris, légèrement calcaireux, d'une carrière de Laprairie. Très faible plasticité. Eau de plasticité: 14.5%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 2.8%.	1 (1136°C)	08	-0.7	11.2	Brun pâle	Tendre	Ce matériau exige l'addition d'un agent qui augmente sa plasticité pour qu'il puisse être soumis à l'extrusion. Convient à la fabrication de briques de parement
			06	0	9.5	Brun clair	Dur	
			03	-1.1	7.3	Brun	Dur	
			01	-0.7	5.7	Brun rouge foncé	Très dur	
Breckenridge (R) (moulé à la main)	Schiste ordinaire gris-vert, légèrement calcaireux. Faible plasticité. Eau de plasticité: 13%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 3%.	6 (1201°C)	06	-0.4	--	Brun jaune	Très tendre	Ce matériau exige probablement l'addition d'un agent qui augmenterait sa plasticité pour être soumis à l'extrusion. Exige une température assez élevée pour en fabriquer de la brique.
			04	-0.3	13.0	Brun jaune	Tendre	
			02	2.3	11.8	Brun rouge clair	Assez dur	
			1	4.1	7.2	Brun	Dur	

** 08-945°C (1743°F); 06-991°C (1816°F); 04-1050°C (1922°F); 03-1086°C (1987°F); 02-1101°C (2014°F);
01-1117°C (2043°F); 1-1136°C (2077°F).

* Le signe moins (-) indique une expansion.

TABLEAU 3

Propriétés des argiles de la Gaspésie et de l'est du Québec

Échantillon	Caractéristiques avant la cuisson	R. P.	Caractéristiques après la cuisson					Remarques
			Cône**	Retrait de cuisson % *	Absorption %	Coloration	Dureté	
Douglastown (moulé à la main)	Argile brune, non calcareuse, de la région de Douglastown. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 25%. Tendance à se fissurer au séchage rapide. Retrait au séchage: 5.1%. Renferme un peu de cailloux.	6	06	1.3	12.6	Saumon foncé	Assez dur	Argile ordinaire. Précautions à prendre au cours du séchage. Gamme de cuisson satisfaisante. La présence de cailloux pourrait rendre difficile la fabrication de produits comme la brique et les tuiles.
			04	3.8	8.5	Rouge moyen	Dur	
			02	6.0	3.0	Vrai rouge	Dur comme l'acier	
St-Alphonse (moulé à la main)	Argile ordinaire rouge, non calcareuse, de la région de St-Alphonse. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 27.8%. Légère tendance à se fissurer au séchage rapide. Retrait au séchage: 6.6%.	7 (1215°C)	06	3.3	11.1	Saumon	Dur	Retrait au séchage et à la cuisson est prononcé pour des produits denses. Courte gamme de cuisson pour produits denses. Convient à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			04	6.3	7.0	Rouge clair	Très dur	
			02	9.0	0.7	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Estcourt (moulé à la main)	Argile vaseuse non calcareuse, de couleur chamois, des environs de la rivière Saint-François dans la région d'Estcourt. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 30.5%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 6.7%.	8+	06	2.5	13.9	Saumon foncé	Assez dur	Argile ordinaire. Le retrait au séchage et à la cuisson est prononcé pour des produits denses. Courte gamme de cuisson. Convient probablement à la fabrication de tuyaux de drainage et de brique ordinaire.
			04	6.1	8.8	Rouge moyen	Dur	
			02	10.1	2.3	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Scott Jonction (moulé à la main)	Argile ordinaire grise, calcareuse, d'une carrière de Scott Jonction. Plasticité moyenne (peu de consistance). Eau de plasticité: 26%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 6.8%.	5 (1177°C)	06	1.5	14.0	Saumon	Assez dur	Tendance à s'encrasser. Courte gamme de cuisson pour produits denses. Convient à la fabrication de la brique et de tuiles. Précautions à prendre lors de la cuisson des briques.
			05	2.5	10.7	Saumon	Dur	
			03	9.0	0.9	Rouge	Dur comme l'acier	
			02	9.8	0.6	Rouge	Vitrifié	
Ville St-Georges (moulé à la main)	Argile grise, vaseuse, non calcareuse, de la région de Ville St-Georges. Plasticité moyenne (peu de consistance). Eau de plasticité: 23.1%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 4.7%.	5+ (1180°C)	08	-0.3	17.0	Rouge clair	Assez dur	Courte gamme de cuisson pour produits denses. Convient à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			06	2.1	12.4	Rouge clair	Assez dur	
			04	3.1	10.5	Rouge clair	Dur	
			02	7.5	1.2	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Disraëli (étiré sous vide)	Argile grise, non calcareuse, d'une carrière à Disraëli. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 21.2%. Bon comportement au séchage. Retrait au séchage: 7.2%.	3 (1152°C)	05	2.0	12.2	Saumon foncé	Assez dur	Tendance à s'encrasser. Très courte gamme de cuisson pour produits denses. Convient à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			03	6.1	4.5	Rouge	Très dur	
			01	9.7	0.1	Rouge foncé	Vitrifié	
Victoriaville (moulé à la main)	Argile ordinaire, brune, légèrement calcareuse, d'une carrière de Victoriaville. Haute plasticité et très adhérente. Eau de plasticité: 29%. Se fissure au séchage. Retrait au séchage: 7.2%.	3- (1150°C)	08	0.7	15.2	Saumon clair	Assez dur	Tendance à s'encrasser. Très courte gamme de cuisson pour produits denses. Difficile à sécher. Convient à la fabrication de tuyaux de drainage si l'on parvient à le sécher.
			06	3.1	10.1	Saumon brun	Dur	
			04	7.7	1.6	Brun rouge	Très dur	
			02	8.0	0	Rouge	Vitrifié	
Deschailions (moulé à la main)	Argile grise, non calcareuse, d'une carrière de matériaux à brique et à tuiles à Deschailions. Plasticité moyenne (peu de consistance). Eau de plasticité: 29%. Sèche bien. Retrait au séchage: 6.9%.	2 1/2 (1147°C)	06	2.0	15.6	Saumon	Assez dur	Très courte gamme de cuisson. Très difficile à cuire pour l'amener à une condition dense et lui donner des propriétés uniformes.
			05	3.8	9.9	Rouge clair	Dur	
			04	9.0	1.8	Rouge clair	Très dur	
			02	10.0	0	Rouge foncé	Vitrifié	

** 08-945°C (1743°F); 06-991°C (1816°F); 05-1031°C (1888°F); 04-1050°C (1922°F); 03-1086°C (1987°F); 02-1101°C (2014°F); 01-1117°C (2043°F).

* Le signe moins (-) indique une expansion.

TABLEAU 4

Propriétés des argiles du sud-est du Québec et de la région de Montréal

Échantillon	Caractéristiques avant la cuisson	R. P.	Caractéristiques après la cuisson					Remarques
			Cône**	Retrait de cuisson % *	Absorption %	Coloration	Dureté	
East Angus (moulé à la main)	Argile ordinaire, brune, peu calcareuse, d'une carrière d'East Angus. Assez bonne plasticité (manque un peu de consistance). Eau de plasticité: 31,8%. Sèche bien. Retrait au séchage: 5,4%.	5 1/2 (1190°C)	08	3,3	17,0	Saumon clair	Assez dur	Courte gamme de cuisson pour produits denses. Fort retrait à la cuisson.
			06	7,0	7,1	Rouge clair	Très dur	
			04	9,2	3,0	Rouge clair	Dur comme l'acier	
Cowansville (moulé à la main)	Argile ordinaire grise, vaseuse et très calcareuse, de Cowansville. Faible plasticité (peu de consistance). Eau de plasticité 27,2%. Sèche bien. Retrait au séchage: 3,3%.	2 1/2 (1147°C)	06	0	29,6	Saumon	Tendre	Rapidement surcuite au-dessus du cône 02 et possède donc une courte gamme de cuisson pour des produits denses. Difficile à soumettre à l'extrusion. S'encrasse.
			04	0,8	18,7	Saumon	Assez tendre	
			02	4,5	10,5	Rouge clair	Dur	
St-Jean (moulé à la main)	Argile grise, non calcareuse, d'une carrière de Saint-Jean. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 28,7%. Tendance à se fissurer au séchage. Retrait au séchage: 6,5%.	2- (1140°C)	08	1,3	16,4	Saumon	Assez dur	Retrait prononcé au séchage et à la cuisson pour la fabrication de produits denses. Difficile à sécher. Convient probablement à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			06	4,1	10,2	Rouge clair	Dur	
			04	7,1	5,8	Rouge clair	Très dur	
Laprairie (Argile) (moulé à la main)	Argile ordinaire bleue, légèrement calcareuse, de la région de Laprairie. Excellente plasticité. Eau de plasticité: 40%. Se fissure fortement au séchage. Retrait au séchage: 9,7%.	1 1/2 (1139°C)	06	0,3	19,3	Rouge clair	Tendre	Très difficile à sécher. Très courte gamme de cuisson. Difficile à traiter pour la fabrication de produits d'argile.
			05	2,7	13,9	Rouge brun	Dur	
			03	9,0	0,3	Rouge brun	Dur comme l'acier	
Lakeside (moulé à la main)	Argile grise, calcareuse, d'une carrière de Lakeside. Excellente plasticité. Eau de plasticité: 32,8%. Tendance à se fissurer au séchage. Retrait au séchage: 7,7%.	01 (1117°C)	06	0,8	20,8	Saumon clair	Assez tendre	Tendance à s'encrasser. Difficile à sécher. Courte gamme de cuisson pour produits denses. Difficile à traiter pour la fabrication de produits d'argile.
			04	2,8	14,7	Saumon	Assez dur	
			02	11,6	0	Rouge	Vitrifié	
Soulanges (moulé à la main)	Argile brune, calcareuse, de la région de Soulanges. Plasticité moyenne (manque un peu de consistance). Eau de plasticité: 22,5%. Sèche bien. Retrait au séchage: 4%.	5 (1177°C)	04	-0,1	18,3	Saumon foncé	Assez tendre	Courte gamme de cuisson pour la fabrication de produits denses. Convient probablement à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			02	1,0	14,8	Rouge clair	Assez dur	
			1	5,3	5,0	Rouge brun	Très dur	
Varennes (moulé à la main)	Argile ordinaire brune, non calcareuse, provenant d'une excavation de 6 pieds de profondeur dans la région de Varennes. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 32%. Se fissure au séchage. Retrait au séchage: 9%.	2 (1142°C)	08	2,7	13,9	Saumon	Dur	Très fort retrait au séchage et difficile à sécher. Courte gamme de cuisson pour produits denses. Si l'on parvient à le sécher, le matériau peut convenir à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			06	4,1	10,4	Rouge clair	Très dur	
			04	9,1	1,0	Rouge	Dur comme l'acier	

** 08-945°C (1743°F); 06-991°C (1816°F); 05-1031°C (1888°F); 04-1050°C (1922°F); 03-1086°C (1987°F); 02-1101°C (2014°F); 1-1136°C (2077°F).

* Le signe moins (-) indique une expansion.

TABLEAU 5

Propriétés des argiles de la Côte nord, du nord-ouest et de l'ouest du Québec

Échantillon	Caractéristiques avant la cuisson	R. P.	Caractéristiques après la cuisson					Remarques
			Cône**	Retrait de cuisson % *	Absorption %	Coloration	Dureté	
Sept-Iles (moulé à la main)	Argile ordinaire grise, non calcareuse, de la région de Sept-Iles. Plasticité moyenne (vaseuse). Eau de plasticité: 23%. Sèche bien. Retrait au séchage: 4.6%.	2 (1142°C)	08	0.5	15.0	Saumon brun clair	Tendre	Tendance à s'encrasser. Courte gamme de cuisson pour des produits denses. Convient à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire pourvu que le matériau puisse être soumis à l'extrusion.
			06	0.5	14.8	Saumon brun clair	Tendre	
			04	1.0	12.9	Saumon	Assez dur	
			02	6.7	2.2	Rouge foncé	Dur comme l'acier	
Mistassini (moulé à la main)	Argile ordinaire grise, non calcareuse, d'une carrière de Mistassini. Plasticité moyenne (manque de consistance). Eau de plasticité: 29.5%. Se fissure au séchage rapide. Retrait au séchage: 6.6%.	2	06	1.3	17.4	Saumon	Assez dur	Plasticité moyenne seulement. Difficile à sécher et possède une courte gamme de cuisson pour des produits denses. Convient à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire si ces difficultés peuvent être surmontées.
			04	3.1	14.2	Saumon foncé	Dur	
			02	10.5	0	Rouge foncé	Surcuit	
L'Assomption (moulé à la main)	Argile grise vaseuse, légèrement calcareuse, provenant de 4 milles à l'est de l'Assomption. Haute plasticité. Eau de plasticité: 27.2%. Se fissure au séchage rapide. Retrait au séchage: 7.4%.	2	06	-0.3	15.0	Saumon clair	Assez dur	Tendance à s'encrasser. Difficile à sécher. Pourrait convenir à la fabrication de brique ordinaire et de tuiles.
			04	0.5	12.8	Saumon	Dur	
			02	4.7	4.8	Rouge	Très dur	
Ste-Scholastique (moulé à la main)	Argile ordinaire grise, très calcareuse, de Sainte-Scholastique. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 34.1%. Sèche bien. Retrait au séchage: 6%.	2	08	1.0	23.3	Saumon clair	Tendre	Tendance à s'encrasser. Très courte gamme de cuisson pour des produits denses. Peut convenir à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			06	1.2	23.0	Saumon	Tendre	
			04	3.0	18.9	Saumon	Assez dur	
			02	11.0	2.1	Rouge	Très dur	
Buckingham (moulé à la main)	Argile grise, non calcareuse, des environs de la rivière à Buckingham. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 32.2%. Sèche bien. Retrait au séchage: 7.1%.	1 (1136°C)	06	2.0	16.1	Saumon foncé	Assez dur	Retrait prononcé et courte gamme de cuisson pour des produits denses. Pourrait convenir à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			04	2.3	13.5	Saumon foncé	Dur	
			03	8.3	2.7	Rouge	Dur comme l'acier	
Clerval (moulé à la main)	Argile grise, très calcareuse, de la région de Clerval. Excellente plasticité. Eau de plasticité: 34.5%. Se fissure au séchage rapide. Retrait au séchage: 9.9%.	01 (1117°C)	06	-0.3	26.6	Saumon clair	Assez tendre	Tendance à s'encrasser. Difficile à sécher. Courte gamme de cuisson pour des produits denses. Ne convient pas à la fabrication de produits d'argile.
			04	3.5	15.6	Saumon	Assez dur	
			03	10.0	1.9	Saumon	Dur comme l'acier	
Rouyn (moulé à la main)	Argile grise, non calcareuse, de la région de Rouyn. Bonne plasticité. Eau de plasticité: 27.7%. Sèche bien. Retrait au séchage: 7.2%.	2	08	0.6	15.6	Chamois	Assez tendre	Retrait élevé au séchage. Courte gamme de cuisson pour des produits denses comme la brique de parement. Convient probablement à la fabrication de tuiles et de brique ordinaire.
			06	0.9	15.4	Saumon foncé	Assez dur	
			04	2.3	12.3	Saumon	Dur	
			02	7.4	0.4	Rouge moyen	Dur comme l'acier	

** 08-945°C (1743°F); 06-991°C (1816°F); 04-1050°C (1922°F); 03-1086°C (1987°F); 02-1101°C (2014°F).

* Le signe moins (-) indique une expansion.

TABLEAU 6

Propriétés des argiles kaoliniques

Échantillon	Caractéristiques avant la cuisson	R. P.	Caractéristiques après la cuisson					Remarques
			C6ne**	Retrait de cuisson % *	Absorption %	Coloration	Durété	
Schefferville (moulé à la main)	Argile brune foncée du gisement Redmont près de Schefferville. Très plastique et adhérente. Eau de plasticité: 37.5%. Légère tendance à se fissurer au séchage. Retrait au séchage: 6%.	31- (1458°C)	02	4.5	25.5	Saumon clair	Tendre	Convient à la fabrication de produits réfractaires de résistance moyenne. Si mêlée à de l'argile réfractaire, peut convenir à la fabrication de produits réfractaires très résistants.
			3	9.3	16.8	Brun rose	Assez dur	
			6	14.3	7.7	Chamois brun	Très dur	
Château Richer (moulé à la main)	Matériau blanc, gréseux, qui renferme environ 80% d'anorthite et 20% de kaolinite, provenant des environs de Château-Richer. Très faible plasticité (texture sableuse). Eau de plasticité: 22%. Sèche bien. Retrait au séchage: 1%.	19 (1520°C)	8	1.8	17.4	Gris blanc	Très tendre	L'argile peut être séparée de l'anorthite. Quelques taches dues au fer. Les échantillons cuits, non lavés, sont tachetés. Difficile à vitrifier.
			10	2.8	14.4	Blanc rose	Tendre	
			12	4.1	12.7	Blanc rose	Assez tendre	
Saint-Rémi (moulé à la main)	Mélange d'argile et de quartz brun rouge clair de la région de Saint-Rémi d'Amherst. Assez bonne plasticité, légèrement gréseux. Eau de plasticité: 22.3%. Sèche bien. Retrait au séchage: 3.7%.	28 (1614°C)	10	2.5	15.6	Gris clair	Tendre	Difficile à vitrifier à cause de la présence de quartz et de kaolinite. Les échantillons cuits sont tachetés. Peut convenir à la fabrication de produits réfractaires peu résistants si l'on ajoute de l'argile qui devient dense à la cuisson.
			12	2.8	14.5	Chamois gris	Tendre	
			15	4.8	9.5	Brun rouge	Dur	
Brébeuf (moulé à la main)	Mélange de quartz et d'argile de couleur chamois (texture sableuse) de la région de Brébeuf. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 16.2%. Sèche bien. Retrait au séchage: 3.3%.	31 1/2 (1683°C)	10	0.7	14.9	Ivoire	Très tendre	Les échantillons cuits sont tachetés. Le quartz peut être séparé de l'argile mais elle prend à la cuisson la couleur d'ivoire. Difficile à vitrifier à cause de la forte teneur en quartz. Convient pour la fabrication de produits réfractaires si on la mêle à d'autres argiles.
			12	0.9	14.1	Ivoire	Très tendre	
			15	1.2	13.2	Ivoire	Très tendre	
Labelle (moulé à la main)	Argile brune sableuse, non calcareuse, provenant de la rive est du lac Labelle. Plasticité moyenne. Eau de plasticité: 34.4%. Sèche bien. Retrait au séchage: 6%.	14+ (1395°C)	02	4.0	20.2	Rouge brun clair	Tendre	Les échantillons cuits aux hautes températures sont tachetés. Difficile à vitrifier à cause de sa forte teneur en quartz. Ne convient pas seule à la fabrication de produits d'argile.
			2	4.5	19.0	Rouge brun clair	Tendre	
			5	5.0	18.1	Rouge brun	Assez tendre	
			10	7.2	9.5	Rouge brun foncé	Dur	
Point Comfort (moulé à la main)	Mélange de quartz et d'argile de couleur chamois de Point Comfort. Plasticité moyenne (gréseux). Manque de consistance. Eau de plasticité: 20.3%. Sèche bien. Retrait au séchage: 3%.	30 1/2 (1648°C)	10	1.8	14.7	Crème	Tendre	Les échantillons cuits sont tachetés. L'argile séparée du quartz prend à la cuisson une couleur coquille d'oeuf. Très difficile à vitrifier. Convient peut-être à la fabrication de produits réfractaires à faible ou moyenne résistance.
			12	2.8	14.2	Crème	Assez tendre	
			15	3.3	11.8	Crème	Assez dur	

** 02-1101°C (2014°F); 2-1142°C (2088°F); 3-1152°C (2156°F); 5-1177°C (2151°F); 6-1201°C (2194°F); 8-1236°C (2257°F); 10-1285°C (2345°F); 12-1306°C (2383°F); 15-1424°C (2595°F).

Le signe moins (-) indique une expansion.

TABLEAU 7
Analyses chimiques*

Échantillon	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P.F. **	Total	C Total	C-org. & élem. ***	S	H ₂ O	H ₂ O	CO ₂	Quartz %
															+105 °C	-105 °C		
1. Lauson (Q.G.)	59.18	4.15	2.97	1.14	19.85	0.53	1.94	1.47	3.56	4.61	99.40	0.13	0.11	0.063	4.77	1.27	0.09	25.20
2. Ile d'Orléans (Q.G.)	57.29	3.86	3.52	1.13	21.03	0.45	1.91	1.27	3.70	5.66	99.82	0.39	0.36	0.028	5.60	1.29	0.10	22.49
3. Beauport (U-L)	55.15	3.45	1.72	0.67	13.39	6.84	3.53	1.03	3.08	11.12	99.98	2.21	0.58	0.73	3.81	1.14	5.98	28.30
4. Boischatel (U-L)	51.53	3.05	1.72	0.59	8.75	11.05	3.55	0.86	2.71	15.76	99.57	3.39	0.45	0.81	3.56	1.02	10.77	25.82
5. Mont-Joli (Q.G.)	54.20	1.81	6.15	1.05	24.55	0.49	1.82	1.20	3.40	5.43	100.10	0.14	0.13	0.028	5.62	1.35	0.55	20.30
6. Delson (U)	59.57	3.84	2.34	0.77	16.36	1.62	3.93	0.82	3.69	6.75	99.69	0.88	0.50	1.09	5.08	0.89	1.33	23.73
7. St-Apollinaire (Q.G.)	58.74	1.72	6.05	0.85	20.77	0.31	2.26	1.14	3.18	4.67	99.69	0.02	0.02	0.02	4.82	1.65	0.01	25.32
8. Lotbinière (U)	59.02	3.10	2.39	0.63	15.03	3.39	3.62	0.90	3.40	7.89	99.37	1.40	0.62	1.05	4.82	0.85	2.86	28.26
9. Ste-Monique (Q)	59.91	2.61	3.68	0.67	15.42	3.10	3.65	0.99	3.60	6.77	100.40	0.67	0.044	0.018	4.25	0.79	2.28	27.67
10. Boucherville (U-L)	61.83	1.37	6.38	0.73	16.41	0.26	3.54	0.90	3.69	5.10	100.21	0.36	0.34	0.034	4.93	1.50	0.06	27.83
11. St-Grégoire (Q)	64.50	1.67	4.77	0.75	15.12	0.48	3.10	1.37	3.17	4.41	99.34	0.29	0.09	0.009	3.88	0.95	0.74	36.87
12. Laprairie (L)	59.14	4.23	2.10	0.64	16.37	2.54	3.72	0.96	3.80	6.14	99.64	0.79	0.15	0.484	4.78	0.64	2.34	24.80
13. Breckenridge (R)	64.91	2.48	1.10	0.63	14.21	3.29	2.27	0.93	5.48	4.73	100.03	0.73	0.18	0.142	3.13	0.23	2.01	39.67
14. Douglstown	66.99	2.00	3.70	0.83	14.41	0.49	2.31	1.73	2.61	4.78	99.85	0.50	0.47	0.017	4.44	0.64	0.11	37.02
15. St-Alphonse	64.03	0.94	5.53	0.77	15.47	0.33	3.75	0.11	3.40	5.81	100.14	0.45	0.44	0.022	5.46	1.19	0.04	35.86
16. Estcourt	64.46	2.72	5.20	0.92	15.07	0.30	2.50	1.71	2.69	4.25	99.82	0.30	0.29	0.022	4.27	0.62	0.03	34.34
17. Scott Junction	60.37	3.69	3.30	0.87	16.86	1.81	3.14	1.84	3.51	4.34	99.73	0.37	0.16	0.120	4.02	0.55	0.78	22.20
18. Ville St-George	69.40	2.13	3.15	0.79	13.71	1.19	2.08	2.01	2.77	2.79	100.02	0.13	0.07	0.02	2.75	0.49	0.22	38.69
19. Disraëli	57.10	4.10	3.75	0.92	20.34	0.72	3.62	1.62	3.93	4.13	100.23	0.16	0.15	0.02	4.15	0.63	0.05	21.07
20. Victoriaville	59.08	2.97	3.90	0.98	17.21	2.29	3.16	2.14	3.44	4.20	99.37	0.47	0.35	0.063	4.22	1.09	0.43	23.19
21. Deschailons	58.41	3.76	3.84	0.94	17.37	2.02	2.85	2.30	3.42	4.71	99.62	0.43	0.32	0.051	4.30	0.95	0.40	18.40

- suite

TABLEAU 7 (suite)

Échantillon	SiO ₂	Fe	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P.F. **	Total	C Total	C-org. & élem. ***	S	H ₂ O +105 °C	H ₂ O -105 °C	CO ₂	Quartz %
22. East Angus	55.19	3.46	4.44	0.88	20.48	0.72	3.74	1.43	4.22	5.11	99.67	0.19	0.10	0.035	5.40	0.65	0.34	17.90
23. Cowansville	62.89	3.11	2.95	1.04	15.25	2.50	2.89	2.26	3.04	4.07	100.00	0.51	0.17	0.063	2.68	0.14	1.26	29.63
24. St-Jean	58.16	2.09	6.75	0.68	17.01	1.62	3.33	2.52	3.13	4.81	100.10	0.41	0.15	0.024	4.03	1.64	0.95	19.63
25. Laprairie (Argile)	54.19	2.83	4.82	0.67	17.20	3.88	4.21	2.46	3.32	6.85	100.43	0.66	0.23	0.023	4.36	-	1.57	-
26. Lakeside	53.95	3.78	3.67	0.72	16.29	4.63	4.81	2.84	3.06	5.84	99.59	0.77	0.11	0.065	3.99	1.11	2.42	11.30
27. Soulanges	62.49	1.64	3.42	0.69	14.16	5.17	2.76	3.05	2.64	4.32	100.34	0.77	0.12	0.020	2.07	0.34	2.38	24.51
28. Varennes	56.12	1.29	6.81	-	16.50	2.10	2.93	2.49	2.75	8.61	-	-	0.21	0.012	-	-	0.29	-
29. Sept-Iles	58.76	3.88	2.89	0.89	16.84	4.04	3.73	3.45	3.56	1.66	99.70	0.13	0.10	0.108	1.78	0.28	0.11	20.38
30. Mistassini	62.23	2.42	3.97	0.69	15.95	3.22	2.68	3.24	3.03	2.52	99.95	0.10	0.06	0.039	2.75	0.68	0.12	16.40
31. L'Assomption	59.55	2.87	3.07	0.66	15.57	3.85	3.71	2.84	2.90	5.18	100.20	0.80	0.41	0.213	3.49	0.73	1.39	25.10
32. Ste-Scholastique	55.91	3.26	3.83	0.72	15.91	4.76	4.53	2.69	2.72	5.47	99.80	0.69	0.11	0.039	3.34	1.16	2.14	9.60
33. Buckingham	56.35	2.27	5.76	1.08	16.40	3.08	4.27	2.49	3.80	5.03	100.53	0.53	0.50	0.033	4.09	1.49	0.13	30.41
34. Clerval	53.48	3.00	2.82	0.58	15.70	6.17	4.39	2.68	3.15	8.13	100.10	1.51	0.47	0.036	3.87	0.76	3.81	12.62
35. Rouyn	62.14	3.40	2.76	0.66	15.37	3.04	3.57	3.19	2.55	2.89	99.57	0.26	0.16	0.038	3.00	0.79	0.36	16.40
36. Schefferville	39.09	0.46	8.19	2.50	33.09	0.37	0.44	0.01	0.09	15.90	100.14	1.62	1.60	0.028	14.68	1.38	0.10	7.38
37. Château Richer	54.83	0.28	0.46	0.29	28.72	6.14	0.34	4.50	1.11	3.46	100.11	0.03	0.02	0.01	3.44	0.58	0.04	1.40
38. St-Rémi	67.20	0.14	5.09	0.80	19.19	0.36	0.08	0.09	0.27	7.25	100.47	0.08	0.06	0.01	7.15	0.30	0.09	41.80
39. Brébeuf	73.93	0.09	0.05	0.10	18.57	n.d.	0.03	0.03	0.33	6.53	99.66	0.08	0.07	0.02	6.60	0.09	0.02	50.47
40. Labelle	43.93	0.82	14.68	1.98	22.95	1.13	1.79	0.30	0.48	11.58	99.64	0.94	0.92	0.028	10.73	1.89	0.07	14.75
41. Point Comfort	72.16	0.36	0.76	1.35	18.03	0.50	0.12	0.16	0.63	6.25	100.32	0.10	0.09	0.01	6.03	0.28	0.05	45.70

* Analyses chimique par D. Charette, J. Hole, R. Craig, L. McCorriston, F. W. Brethour et E. Mark, Division des sciences minérales, Direction des mines.

** Perte au feu (P.F.).

*** Carbone organique et élémentaire.

- Non précisé.

n.d. Non détecté.

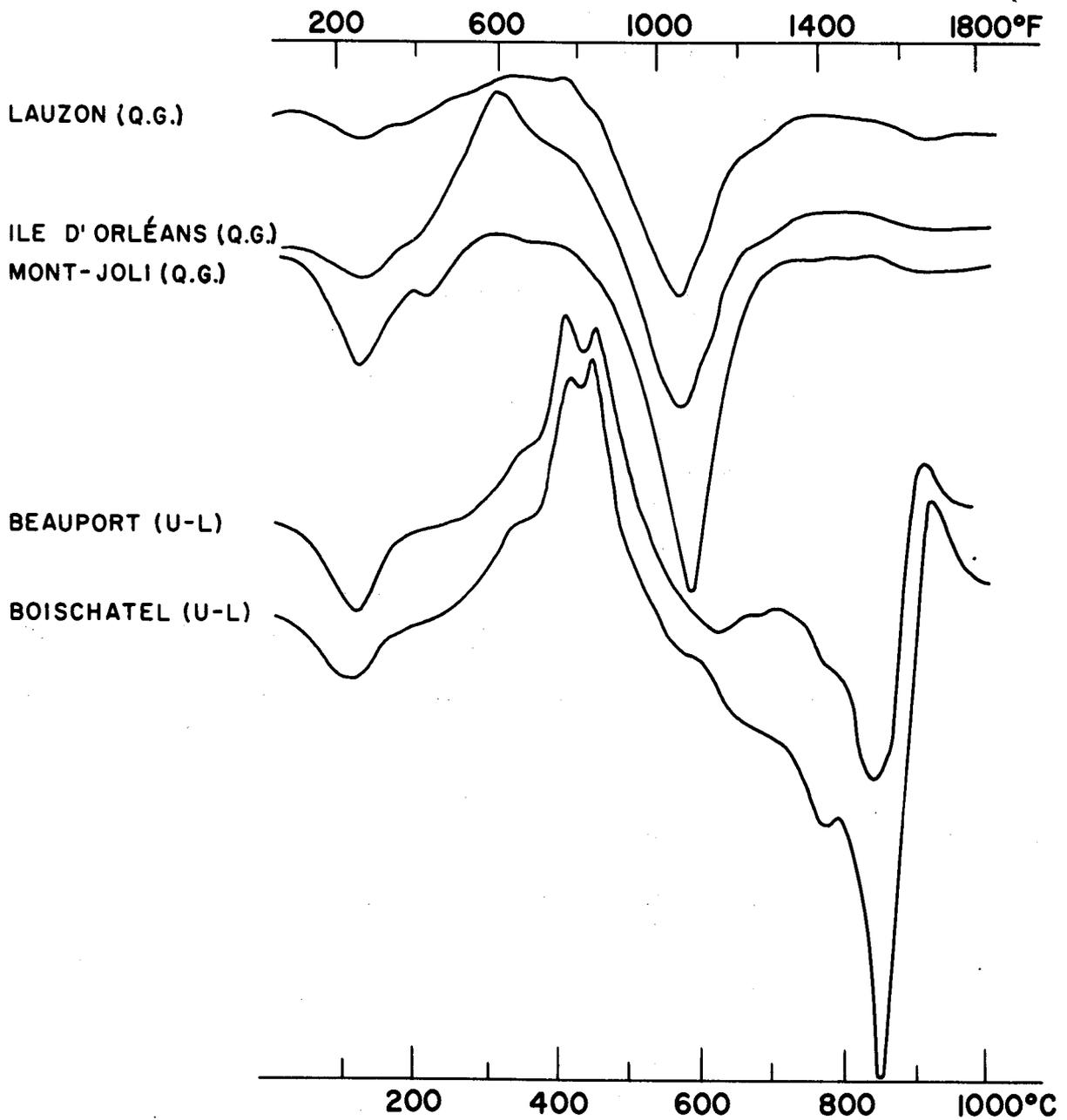


Figure 1. Analyse thermique différentielle: courbes des schistes de la région de Québec et de Mont-Joli.

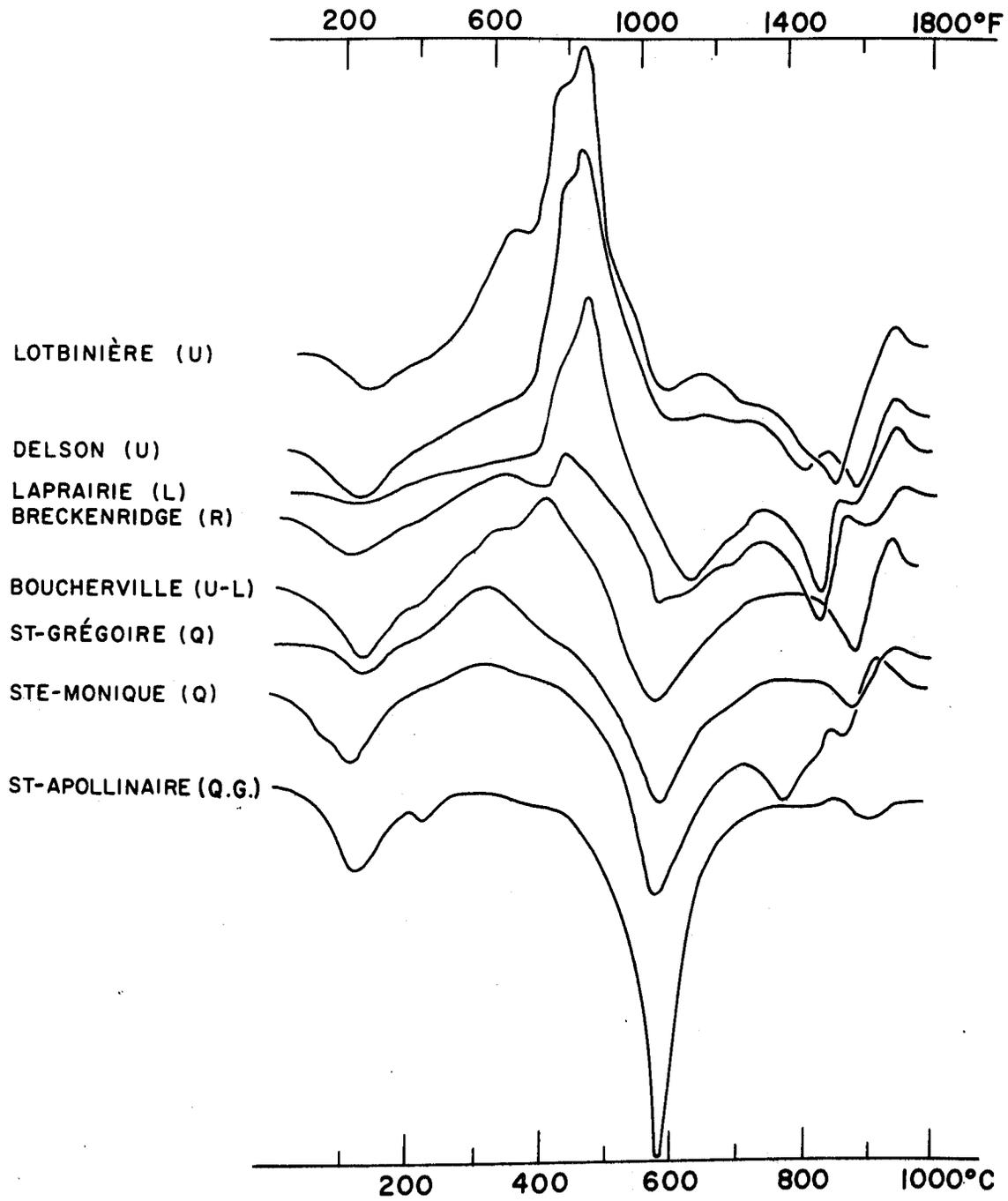


Figure 2. Analyse thermique différentielle: courbes des schistes du sud du Québec.

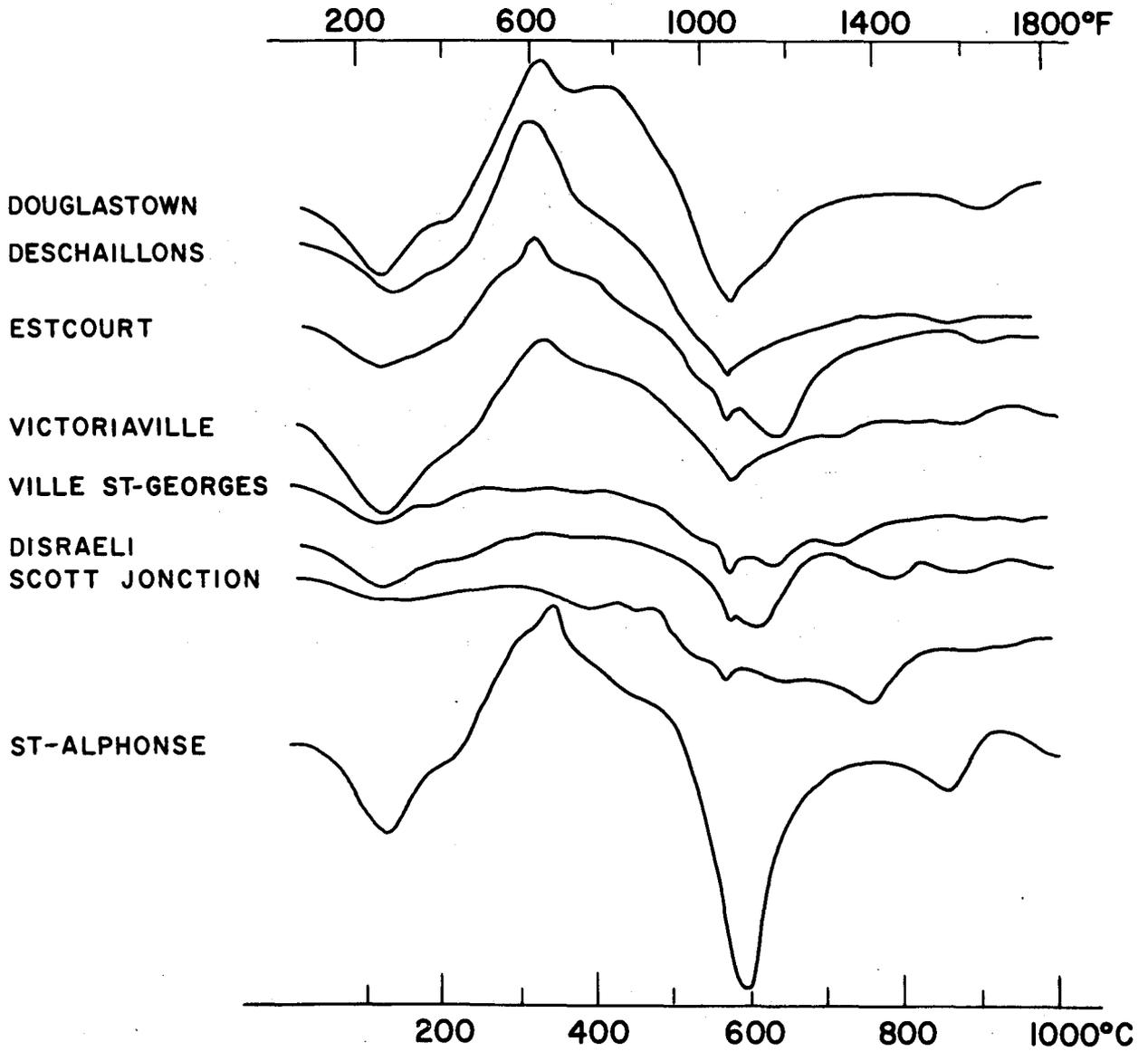


Figure 3. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles de la Gaspésie et de l'est du Québec.

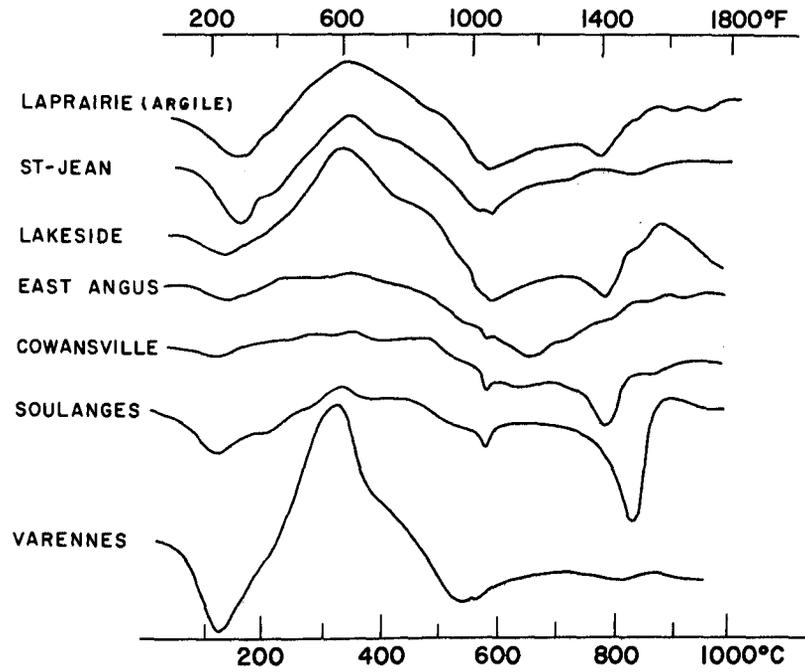


Figure 4. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles de la région de Montréal et du sud-est du Québec.

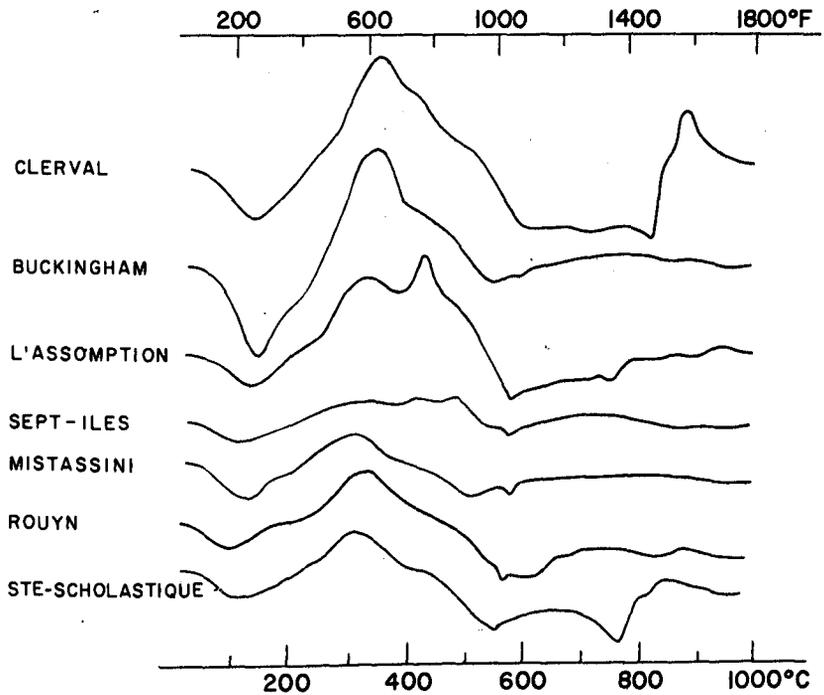


Figure 5. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles de la Côte Nord, du nord-ouest et de l'ouest du Québec.

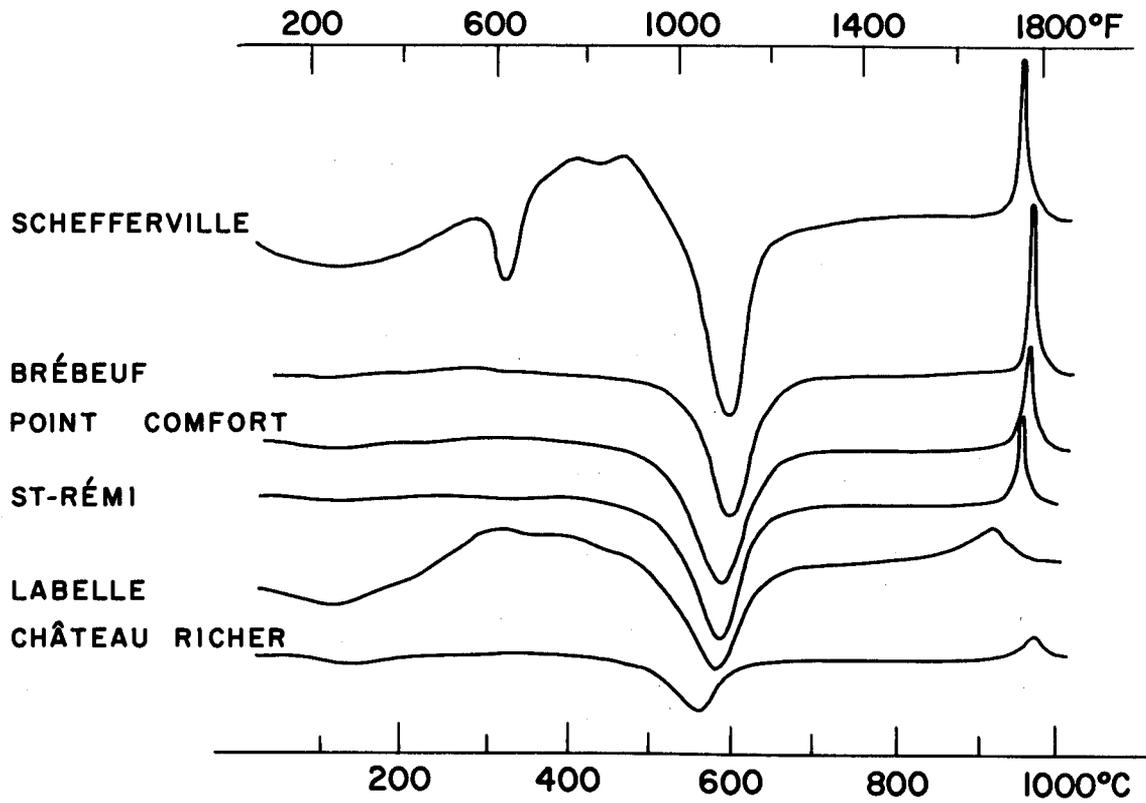


Figure 6. Analyse thermique différentielle: courbes des argiles kaoliniques.

5 p. 100 ou moins et que la pointe entre 720 et 780°C est large et émoussée, les échantillons peuvent contenir soit de la dolomie et de la calcite, soit de la calcite seulement. Plusieurs courbes d'argiles et de schistes présentent de larges pointes exothermiques aux environs de 320°C, ce qui indique la présence de matières organiques qui à ce moment brûlent facilement. La combinaison de deux pointes exothermiques avec intercalation d'une pointe endothermique à des températures de 400 à 500°C indique la présence de matières organiques et probablement de la pyrite. Une petite pointe aiguë à 575°C provient de l'inversion du quartz d'une forme à basse température en celle à haute température.

Les courbes des figures 1 et 2 sont typiques de celles que produisent les schistes ordinaires renfermant de l'illite et de la chlorite comme principaux minéraux argileux. Dans certains cas, ces courbes sont fortement influencées par les réactions causées par les carbonates et les matériaux oxydables. Les courbes des schistes du groupe de Québec indiquent qu'ils ne contiennent ni calcite ni dolomie, avec très peu de pyrite et des quantités moyennes de matières organiques. De larges pointes endothermiques paraissent aux environs de 590°C, indiquant que les échantillons contiennent une proportion substantielle de minéraux argileux. La courbe de l'échantillon de la formation Queenston (rivière Bécancour) de Sainte-Monique indique qu'il est calcaireux, ce qui est une caractéristique commune des schistes de la formation Queenston de l'Ontario. Le schiste altéré de Saint-Grégoire renferme très peu de carbonate, ce qui est inhabituel pour un schiste de Queenston. Sauf pour l'échantillon de Boucherville (U), les courbes de l'ATD aux figures 1 et 2 indiquent que les schistes

des groupes Utica et Lorraine renferment de la calcite et (ou) de la dolomie, parfois en grandes quantités (Boischatel (U-L) et Beauport (U-L)). Ces figures indiquent aussi que les schistes des groupes Utica et Lorraine de façon générale renferment des matières organiques et de la pyrite, parfois en quantités excessives. L'échantillon de la formation Rockcliffe de Breckenridge renferme des quantités modérées de carbonates, de pyrite et de matériaux carbonacés.

Les courbes de l'ATD des argiles ordinaires aux figures 3, 4 et 5 sont typiques d'argiles hétérogènes, à point de fusion peu élevé, du type illitique et chloritique. La majeure partie de ces courbes présentent des pointes mal définies aux environs de 580°C et de 850 à 950°C, qui sont le résultat de la réaction ou de la deshydratation des minéraux argileux. L'échantillon de Saint-Alphonse constitue une exception et les pointes relatives aux minéraux argileux sont bien définies. On retrouve sur plusieurs courbes une petite pointe aiguë à 575°C causée par l'inversion du quartz. La majorité des courbes présentent une large pointe exothermique aux environs de 320°C, indiquant que l'échantillon renferme une certaine quantité de matières organiques brûlant facilement. Ces pointes, pour les échantillons de Douglastown, Saint-Alphonse, Clerval et Buckingham, indiquent que la teneur en matières organiques est élevée, et les doubles pointes à 325°C et à 415°C laissent croire que l'échantillon de l'Assomption renferme des quantités excessives de matière organique et de pyrite. Les pointes endothermiques entre 765 et 830°C indiquent que quelques argiles renferment des quantités moyennes de calcite tandis que

d'autres, comme l'échantillon de Clerval, pourraient aussi renfermer de la dolomie. Ces courbes indiquent que la teneur en calcite et en dolomie est bien inférieure à celle de plusieurs argiles de l'Ontario, prenant à la cuisson une couleur chamois.

Les pointes relatives aux minéraux argileux (échelle 40) à 580 et à 950°C dans la figure 6 indiquent que le principal minéral dans ces échantillons est un du groupe de kaolin. La pointe endothermique à 325°C sur la courbe de l'échantillon de Schefferville indique qu'il renferme de la gibbsite. Les échantillons de Schefferville et de Labelle renferment une grande quantité de matière organique, comme l'indiquent les larges pointes exothermiques aux environs de 425°C ainsi que les analyses chimiques.

Analyse par diffraction des rayons X

Dans l'exposé des données minéralogiques au tableau 8, les teneurs relatives ne sont qu'approximatives à cause de la variation fréquente de la cristallinité des phyllosilicates.

Les schistes des basses terres du Saint-Laurent consistent essentiellement en illite, en quartz, en chlorite, en plagioclase et en des systèmes à couches mixtes interstratifiés plus ou moins au hasard d'illite et d'une phase expansible. On a aussi identifié des quantités variables mais souvent assez importantes de minéraux carbonacés. Bien qu'on ait déjà reconnu dans ces roches (24) l'existence de phases expansibles associées aux micas hydratés, la seule façon sûre de les déceler est de constituer une humidité variable et contrôlée, et en faire une étude par diffraction des rayons X.

TABLEAU 8

Analyses de schistes et d'argiles du Québec par diffraction des rayons X*

Échantillon et pourcentage + 200 mailles**	Illite	Chlorite	Kaolin	Montmoril- lonide	Vermicu- lite	Argiles à couches mixtes et autres minéraux	Quartz			Plagioclase			K-Feldspath			Calcite			Dolomie			Amphibole			
							E.E.	F.F.	F.G.	E.E.	F.F.	F.G.	E.E.	F.F.	F.G.	E.E.	F.F.	F.G.	E.E.	F.F.	F.G.	E.E.	F.F.	F.G.	E.E.
Lauson (Q.G.)	B	B	D(?)			Illite-Verm. (C) Illite-Verm. (C); Anatase (G)	B	D	B	C	E	C													
Ile d'Orléans(Q.G.)	B	B	D(?)			Illite-Verm. (C); Pyrite (F); Anatase (G)	B	D	B	C	F	C													
Beauport (U-L)	B	C				Illite-Mont. (C); Pyrite (F); Anatase (G)	B	C		C	G		G			D	D		F						
Boischaies (U-L)	B	C				Illite-Mont. (A); Anatase (G); Hématite (E)	B	C		C	G		G			C	C		D						
Mont-Joli (Q.G.)	C	C				Illite-Verm. (D); Pyrite (E); Anatase (G)	C	G	C																
Delson (U)	B	C				Illite-Mont. (B); Anatase (G); Hématite (E)	B	C	B	C	F	C			G	F	G	F	F		F				
St-Apollinaire (Q.G.)	C	C	D(?)			Illite-Verm. (A); Pyrite (E)	B	B		D	D														
Lotbinière (U)	D	C				Illite-Mont. (D); Hématite (G)	B	C		C	G		G			E	F		E						
Ste-Monique (Q)	B	B				Anatase (G)	B	C		C	E					E	G								
Boucherville (U)	A					Illite-Verm. (B) Hématite (G)	B	C	B	C	G	B	G			D									
St-Grégoire (Q)	B	C			D	Illite-Verm. (D); Pyrite (F); Anatase (G)	B	C	B	C	E	C	G			E	F	D	F		E				
Laprairie (L)	B	B					B	D							B	C		E	E						
Breckenridge (R)	A	B					B	C	B	B	F	C	F			E									
Douglstown 9.2	B	B	D(?)		D	Chlorite-Verm. (C)	B	C	B	B	F	C	F			E									
St-Alphonse 0.9	B	B			D	Illite-Verm. (D); Hématite (G)	B	C	A	G															
Estcourt 6.8	B	B				Chlorite-Verm. (D); Illite-Verm. (D)	B	D	A	B	E	E	G												
Scott Junction 0.2	B	B				Pyrite (G?)	B	C	B	B	C	B	F	G	F	G		G				G	G	G	
Ville St-Georges 5.3	B	B				Chlorite-Mont. (D)	B		B				F									G	G		
DIsraell 0.2	B	B				Chlorite-Mont. (D)	C	D	B	C	C	B	G	G	G							G	G		
Victoriaville 5.5	B	B				Chlorite-Mont. (D)	C	D	B	B	C	B	E	E	E							F	F	G	
Deschallons 0.1	B	B				Illite-Mont. (D); Chlorite-Mont. (D)	C	D	B	B	B	B	E	D	E							F	F	G	
East Angus 0.5	B	B				Chlorite-Verm. (D)	B	D	B	B	C	B	F	G	F			C				G			
Cowansville 0.3	B	B					C	D	B	C	C	C	F	F	F							G	G		
St-Jean 2.4	B	C			B		C	E	C	B	C	B	E	F	E							F	F		
Laprairie (Argile) 0.6	B	B				Mont.-Verm. (C)	D	D	C	B	B	B	E	E	F							F	E	E	
Lakeside 0.4	B	C				Illite-Verm. (C)	D	E	D	B	B	B	E	F	E			F				F	E	F	E
Soulanges 1.1	B					Verm.-Mont. (B)	D	D	B	B	B	B	E	E	E	G	F		F	F		F	F		
Varennes 6.1	D				A		D	D	C	B	B	B	E	E	E			G	G	G		F	G	F	
Sept-Îles 2.8	A					Chlorite-Verm. (C)	D	E	C	B	B	B	E	D	E							E	E	F	
Mistaessini 2.1	A				D		C	D	B	A	B	A	D	D	E							D	E	F	
L'Assomption 12.1	B					Chlorite-Mont. (B); Pyrite (G?)	D	D	B	B	B	B	F	E	F	G	G					F	E	F	
Ste-Scholastique 0.4	B	C				Chlorite-Mont. (C)	D	E	B	B	B	C	E	E	E	F	G		F	G		E	E	F	
Buckingham 3.7	B					Mont.-Verm. (B)	D	E	B	B	B	C	E	E	E							E	E		
Cierval 0.2	C	B				Illite-Verm. (C)	D	E	B	B	B	C	E	F	F	E	F	F	E	F	G	E	F	F	
Rouyn 0.1	C	A				Verm.-Mont. (C)	D	D	B	B	B	B	F	E	E							E	E	F	
Schefferville 4.8	D		A			Gibbsite (C); Anatase (E); Hématite (E); Rutile (G)	D		A																
Château Richer 49.0	D		A							A	B	A													
St-Rém 44.5	D		A			Anatase (G); Hématite (G); Rutile (G)	A	D	A	G															
Brébeuf 53.7	Tr		A				A	E	A																
Labelle 19.1			A		D		C	F	A	F		F										E			D
Point Comfort 45.1	D		A			Anatase (F)	A	D	A	G	G														

* Minéralogie établie par R. S. Dean. Minéraux argileux déterminés à l'aide de poudres inférieures à 5 microns; minéraux non argileux déterminés à l'aide a) d'un échantillon entier (E. E.), b) d'une fraction fine (F. F.) inférieure à 5 microns, et c) d'une fraction grossière (F. G.) supérieure à 200 mailles. La teneur en minéraux pour chaque grosséur varie de A (très abondant) à G (à l'état de traces).
Abréviations: Vermic. - vermiculite; Mont. - montmorillonide.

✓ Les plaquettes de mica observées sous microscope stéréoscopique dans la fraction grossière (+200 mesh).

L'échantillon de Boucherville a ceci de remarquable qu'il ne renferme pas d'autres phyllosilicates que l'illite très désorganisée, tandis que les schistes du groupe Utica-Lorraine de la même région contiennent un mélange d'illite et de chlorite assez uniforme et bien cristallisé. Ces caractéristiques pourraient bien résulter de causes strictement locales provenant de l'altération du schiste par une intrusion ignée voisine.

L'échantillon de Breckenridge, qui a été prélevé à un endroit que l'on pourrait considérer comme un prolongement ouest des basses terres du Saint-Laurent, est différent des échantillons plus récents des groupes Utica-Lorraine-Queenston du fait qu'il renferme beaucoup de feldspath potassique et est totalement dépourvu de plagioclase. Cette différence relative au feldspath a déjà été reconnu (24) et reliée à des changements dans la source de la sédimentation régionale.

Dans l'ensemble, la composition des schistes du groupe de Québec ressemble à celle des échantillons des basses terres du Saint-Laurent, mais elle en diffère sous plusieurs aspects importants. A l'exception de l'échantillon de Saint-Apollinaire, la grande caractéristique des échantillons du groupe de Québec est le rapport d'intensité très élevé des pointes de diffraction aux rayons X enregistrées à 7\AA et 14\AA et qui est supérieur même à celui que l'on a observé dans les chlorites à forte teneur en fer. Si, en outre, on tient compte du fait que les réflexions basales de premier ordre observées à la suite des traitements thermiques à 580°C étaient très faibles, on peut croire que la majeure partie de la chlorite présente dans les schistes du groupe

de Québec serait de la "septechlorite" (68), c'est-à-dire possédant une structure semblable à celle de la chamosite. L'échantillon de Mont-Joli, qui a été prélevé beaucoup plus au nord-est que les autres échantillons du groupe de Québec, constitue aussi un cas particulier à cause de sa teneur exceptionnellement faible en minéraux détritiques non argileux.

Les argiles ordinaires ont tendance, du point de vue minéralogique, à présenter des compositions plus variées que celles des schistes, mais il demeure possible d'établir quelques généralisations. Les minéraux ordinaires non argileux qui les composent sont, dans l'ordre décroissant de leur importance: le plagioclase, le quartz, le feldspath potassique, et l'amphibole. Les argiles que l'on trouve dans la zone plissée des Appalaches (y compris la Gaspésie) renferment toujours des quantités approximativement équivalentes d'illite et de chlorite. Ces minéraux peuvent être très bien cristallisés, comme le montre la fraction d'illite inférieure à 5 microns provenant de l'échantillon de Disraëli et qui a donné une diagramme forte et bien définie, caractéristique de la muscovite $2M_1$. On a aussi trouvé un mica semblable dans l'échantillon de Cowansville. La majeure partie des systèmes à couches mixtes multiples que l'on a trouvé dans les argiles des Appalaches semble provenir des feuillets expansibles contenus dans la chlorite qui s'altère plus facilement que les micas dioctahédraux.

Les argiles ordinaires provenant des régions couvertes par le Bouclier canadien (de façon générale) ont une forte teneur en plagioclase mais sont quelque peu appauvries en quartz

comparativement aux schistes et aux argiles des Appalaches. La minéralogie des argiles de ces échantillons semble très variable, probablement à cause de la composition des matériaux locaux produits par l'action de la glaciation.

Les échantillons d'argile prélevés dans les basses terres du Saint-Laurent devraient refléter la composition minéralogique des schistes paléozoïques sous-jacents, aussi bien que des roches du Bouclier au nord. Bien que l'influence des premiers soit difficile à évaluer, celle des dernières est manifeste, comme le prouve le rapport élevé du plagioclase au quartz et la présence constante de l'amphibole, qui n'a jamais été reconnu être un constituant des schistes.

Les principaux minéraux argileux dans les argiles kaolinitiques semblent tous appartenir à la série kaolinite-parahalloysite du groupe minéral des kaolins. Le grand désordre qui existe dans la disposition des feuillets et l'évidence des modifications du profil des réflexions basales en fonction du degré d'humidité, indiquent que le kaolin de Château-Richer se situe tout près de la limite parahalloysite-halloysite de la série, ou juste au-dessus de celle-ci. A l'autre extrémité, du point de vue de la cristallinité, les échantillons de Brébeuf et surtout de Schefferville renferment des kaolinites qui présentent un ordre structural d'une haute perfection. Le dernier échantillon est aussi remarquable du fait que la teneur en quartz de la fraction broyée inférieure à 5 microns était en-deçà du pouvoir de détection de l'appareil photographique Guinier (environ 0.05 p. 100 de quartz).

Le tableau 9 donne la composition minéralogique des 13 échantillons choisis (avant et après cuisson). Il faut remarquer la présence de mullite dans les échantillons cuits de Lauzon (Q.G.) et de Mont-Joli (Q.G.), qui sont tous deux des schistes ordinaires à forte teneur d'alumine. On trouve aussi de la mullite dans l'échantillon cuit de Brébeuf, à cause de sa teneur en quartz et en kaolinite et de la haute température de cuisson.

PROBLÈMES DE TRAITEMENT ASSOCIÉS AUX ARGILES ET SCHISTES TYPIQUES DU QUÉBEC

Plasticité

Les figures 7 et 8 représentent les courbes de plasticité relative des 13 échantillons spécialement choisis, pour lesquels la consistance a été tracée en fonction de l'eau utilisée au délayage. De façon générale, plus les pointes sont élevées -- et plus grande la surface en-dessous les pointes -- meilleure est la plasticité. Les mélanges eau-échantillon présentent un état plastique ferme pour des pourcentages d'eau qui correspondent à peu près à la plus forte consistance. Les argiles sont plus plastiques que les schistes, mais quelques-unes ont des courbes très aiguës, indiquant qu'elles sont sensibles à une faible augmentation d'eau au moment où la pâte est ferme. Les courbes des échantillons de Mont-Joli et de St-Apollinaire indiquent que ces matériaux ont une bonne plasticité pour la fabrication de produits d'argile par extrusion. Les courbes des échantillons de Delson (U), Laprairie (L), Sainte-Monique (Q), Lauzon (Q.G.) et Brébeuf indiquent qu'ils sont moins plastiques que l'échantillon de référence de Cooksville (D-M). En conséquence, ils ne peuvent

TABLEAU 9

Composition minéralogique des échantillons sélectionnés

Échantillon et R. P.	*Composition avant cuisson+		Propriétés après cuisson		
			Temp. de cuisson, °C	Absorption %	**Composition après cuisson
Lauzon (Q.G.) 14	Quartz Illite Chlorite	Plagioclase Illite-Verm. Kaolin (?)	1055	6.4	Quartz K-Feldspath Rutile Mullite (mineur) Hématite (mineur)
Boischatel (U-L) 3	Quartz Illite Plagioclase Calcite Chlorite Illite-Mont.	Dolomie Pyrite K-Feldspath Anatase Matière organique (ATD)	1095	11.3	Quartz Plagioclase Pyroxene
Mont-Joli (Q.G.) 16	Illite-Mont. Illite Chlorite	Quartz Hématite Anatase	1065	4.8	Quartz Mullite Hématite
Delson (U) 01	Quartz Illite Chlorite Plagioclase Illite-Verm. Calcite	Dolomie K-Feldspath Pyrite Anatase Matière organique (ATD)	1005	6.7	Quartz K-Feldspath Hématite
St-Apollinaire (Q.G.) 14 1/2	Illite-Mont. Quartz Illite Chlorite	Plagioclase Kaolin (?) Hématite Anatase	1050	5.1	Quartz Hématite
Lotbinière (U) 4	Illite-Verm. Quartz Plagioclase Chlorite Illite	Calcite Dolomie Pyrite K-Feldspath Matière organique (ATD)	1060	4.7	Quartz Plagioclase K-Feldspath (mineur) Hématite (mineur)
Ste-Monique (Q) 4	Illite Chlorite Quartz Plagioclase	Illite-Mont. Calcite Hématite	980	5.0	Quartz K-Feldspath Plagioclase
Laprairie (L) 1	Quartz Illite Chlorite Plagioclase Illite-Verm. Calcite	Dolomie Pyrite K-Feldspath Anatase Matière organique (ATD)	1045	8.1	Quartz Plagioclase K-Feldspath Hématite (mineur)
Scott Junction 5	Plagioclase Quartz Illite Chlorite	K-Feldspath Calcite Amphibole Pyrite (?)	1025	7.2	Quartz Plagioclase K-Feldspath Hématite (mineur)
East Angus 5 1/2	Plagioclase Quartz Illite Chlorite	Chlorite-Verm. K-Feldspath Amphibole Calcite	990	5.3	Quartz Plagioclase K-Feldspath Hématite
Laprairie (Argile) 1 1/2	Plagioclase Illite Chlorite Quartz	Mont-Verm. K-Feldspath Amphibole	995	6.9	Quartz Feldspath Hématite (mineur)
Mistassini 2	Plagioclase Illite Quartz	K-Feldspath Vermiculite Amphibole	1000	16.7	Quartz Feldspath Hématite (mineur)
Brébeuf 31 1/2	Quartz Kaolinite	Illite (Trace)	1315	16.0	Quartz Mullite Cristobalite

* La minéralogie a été établie par R.S. Dean (les notes sur l'ATD sont de J.G. Brady). Les principaux constituants sont énumérés en premier à partir du coin supérieur gauche.

+ abréviations: Vermic.- vermiculite; Mont.- montmorillonite.

** Les constituants ont été déterminés par R.M. Buchanan. Quelques constituants de peu d'importance ne sont pas identifiés.

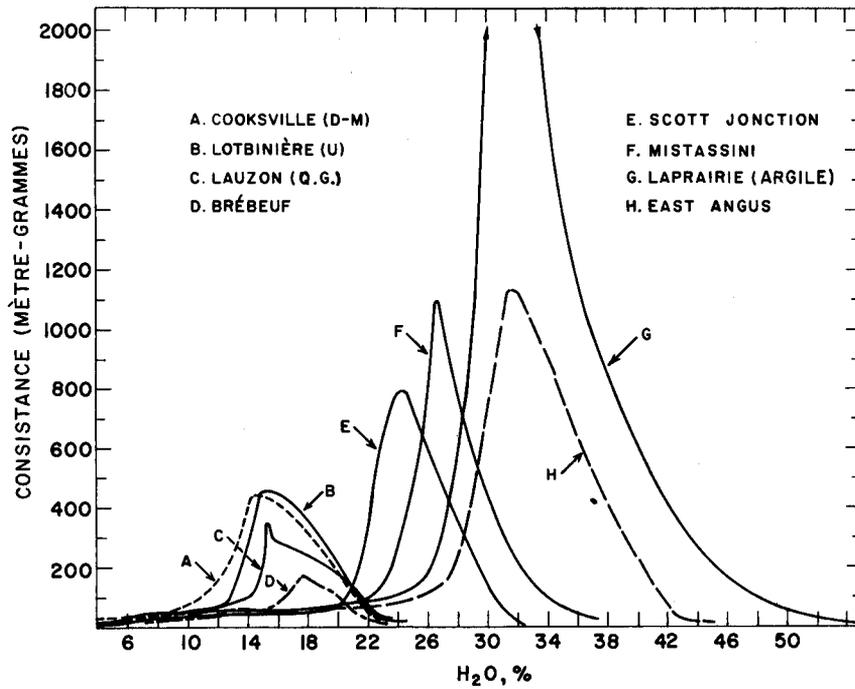


Figure 7. Plasticité de certaines argiles et schistes.

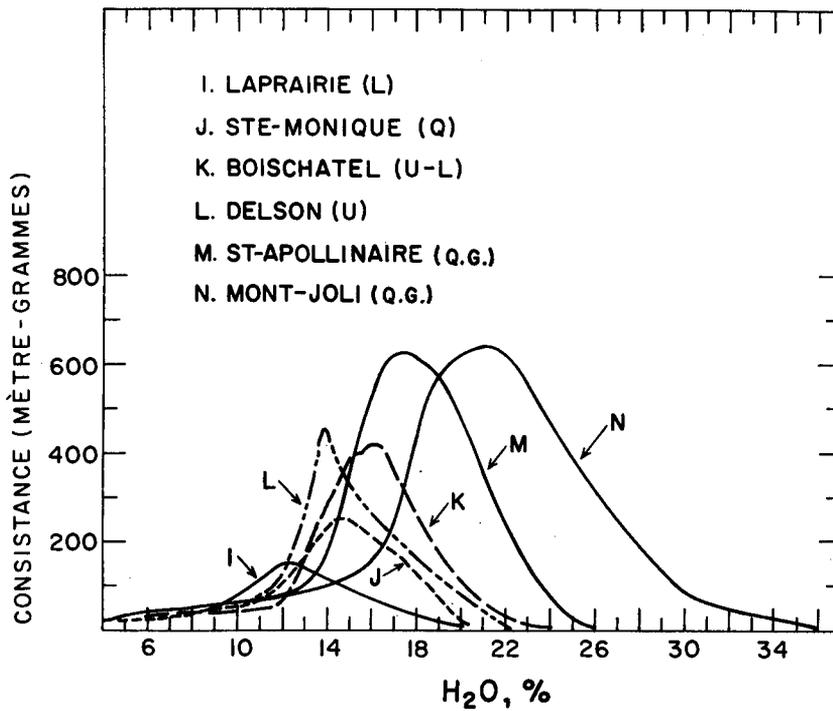


Figure 8. Plasticité de certains schistes.

être soumis à l'extrusion de façon satisfaisante à moins qu'on y ajoute certaines matières pour augmenter leur plasticité. Tous les autres échantillons seraient suffisamment plastiques pour être soumis à l'extrusion. La courbe de l'échantillon de Laprairie (argile) indique que ce matériau est probablement trop plastique pour être employé seul à la fabrication des produits d'argile.

Analyse thermogravimétrique

Les figures 9 et 10 présentent les courbes de perte de poids pour les 13 échantillons choisis. Les pertes de poids jusqu'à 450°C sont causées par l'humidité adsorbée et la matière oxydable. Les principales pertes de poids proviennent de l'élimination des radicaux hydroxyles des minéraux argileux, environ entre 450 et 700°C, et de la décomposition des carbonates environ entre 700 et 900°C. Une petite perte de poids se produit aussi aux environs de 900°C lors de la déshydratation définitive des minéraux argileux. Ces réactions proviennent de la libération de divers gaz dans l'atmosphère du four et peuvent causer quelques difficultés au cours de la cuisson. Les schistes ou argiles ordinaires non calcaireux de Lauzon, Saint-Apollinaire, Mont-Joli, Mistassini et East Angus présentent de très faibles pertes de poids. La roche kaolinique non calcaireuse de Brébeuf accuse une perte substantielle et la courbe qui en résulte est typique des kaolins. L'échantillon très calcaireux de Boischatel donne lieu à une perte très importante qui résulte de la décomposition de la dolomie et de la calcite. Les courbes des échantillons de Boischatel (U-L) et de Lotbinière (U), en particulier, ainsi que ceux de Delson (U) et de Laprairie (L),

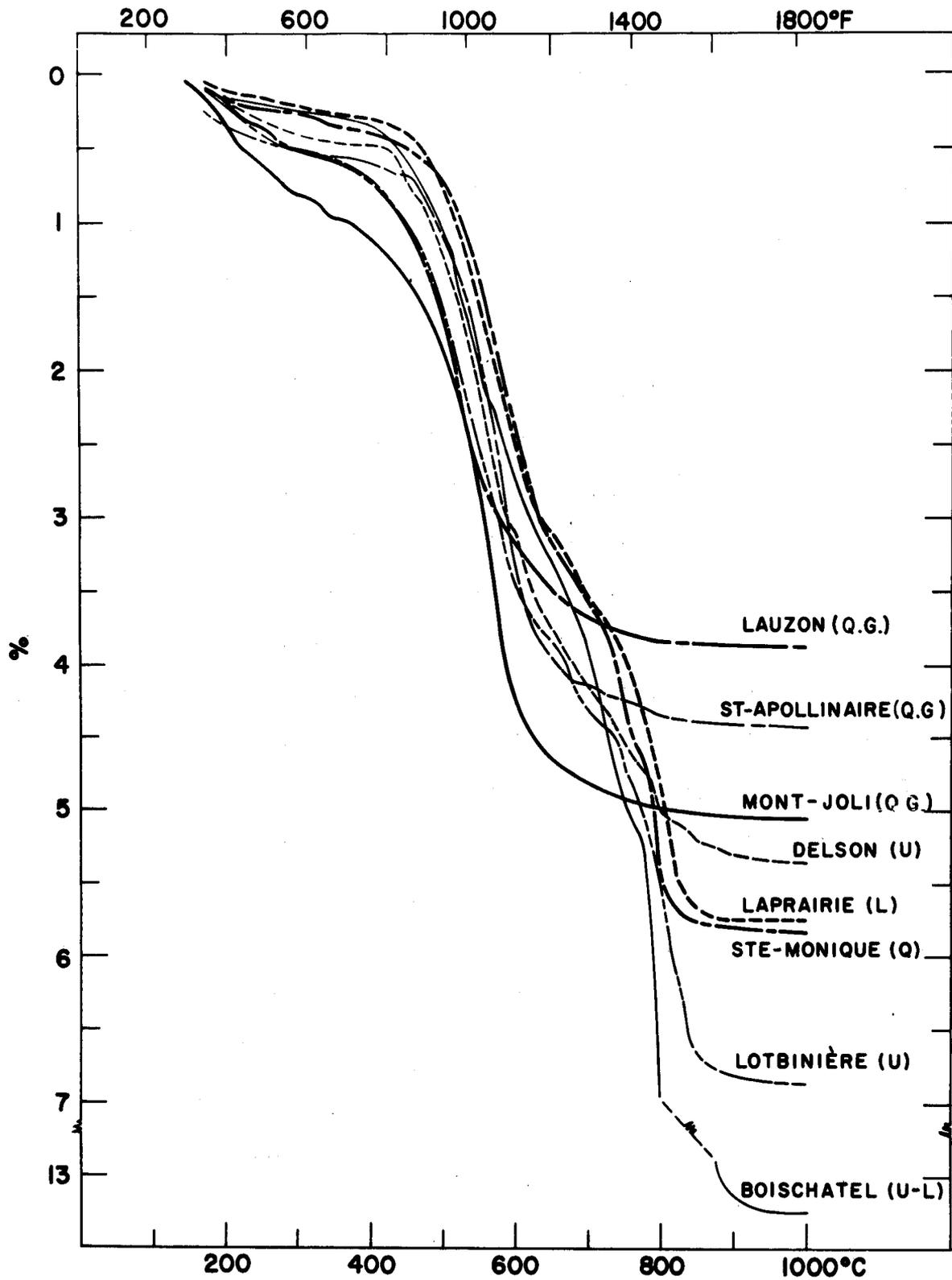


Figure 9. Pourcentage de la perte de poids par certains schistes.

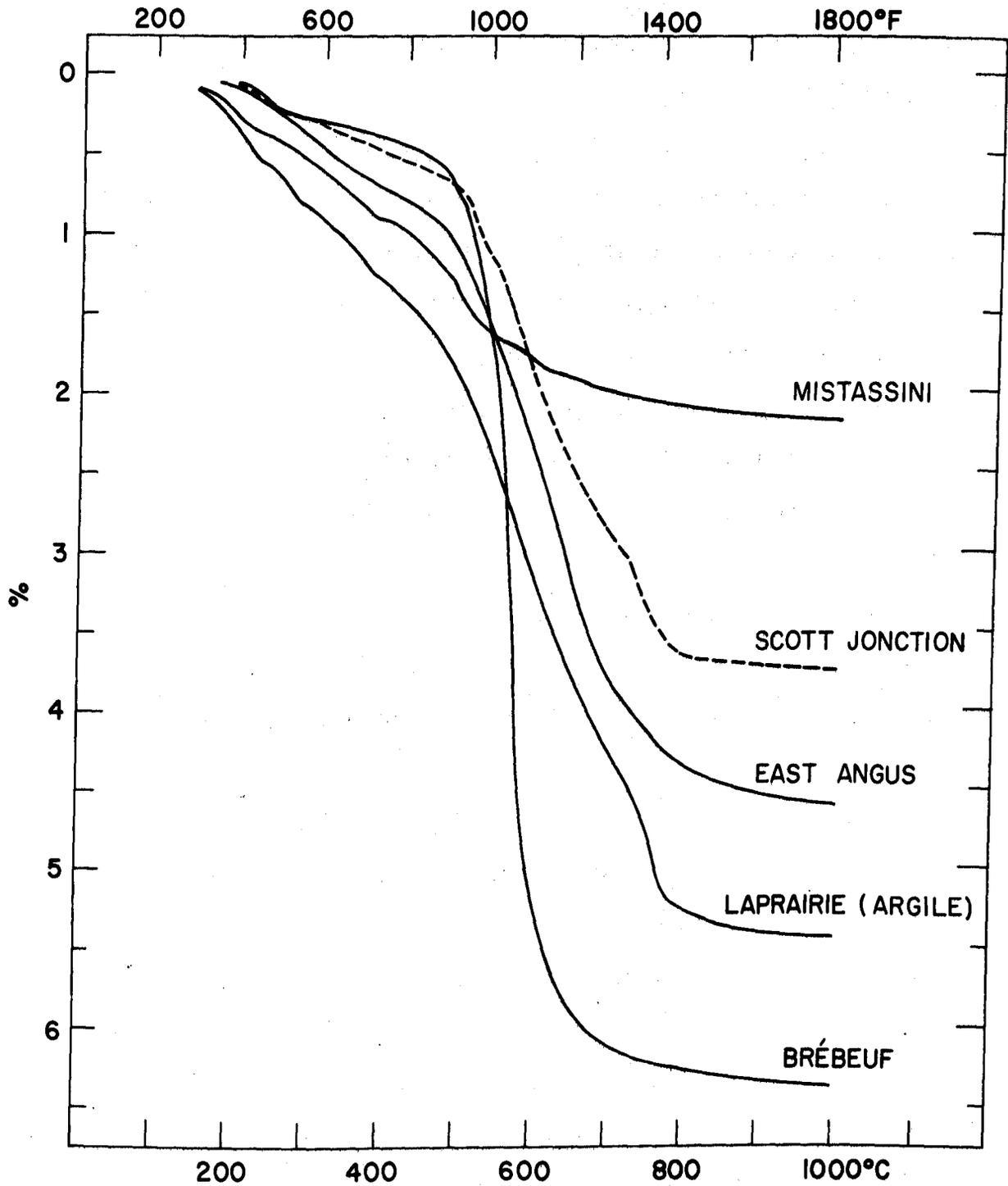


Figure 10. Pourcentage de la perte de poids par certaines argiles.

indiquent la présence de dolomie et de calcite.

Comportement à la cuisson

Les figures 11 à 23 illustrent le comportement à la cuisson des 13 échantillons choisis par des courbes du gradient de température (absorption et retrait), de l'ATD, du taux de perte de poids et de l'expansion thermique. Les valeurs négatives sur l'échelle de retrait du gradient de température représentent une expansion, et les valeurs négatives sur les courbes d'expansion thermiques représentent une diminution, de dimensions comparativement aux dimensions originales. De façon générale, à cause de la période de grillage d'une heure, la méthode de gradient de température donne des produits denses à une température inférieure à celle qu'exigent les échantillons ordinaires moulés à la main, cuits dans un four électrique et n'ayant pas subi de période de grillage.

Les taux de chauffage utilisés pour obtenir les courbes des figures 9 à 24 sont beaucoup plus rapides que ceux utilisés dans l'industrie. West (69) a étudié l'importance des taux de chauffage et des procédés de laboratoires relatifs à l'application de l'ATD, de la modification linéaire au chauffage et de l'ATG, lors de la cuisson de briques dans un four tunnel. West a montré, par exemple, que la déshydratation des minéraux argileux aux environs de 600°C se produit sur une plus vaste échelle lorsque le taux de chauffage est d'un degré centigrade à la minute que lorsqu'il est de 12 à la minute.

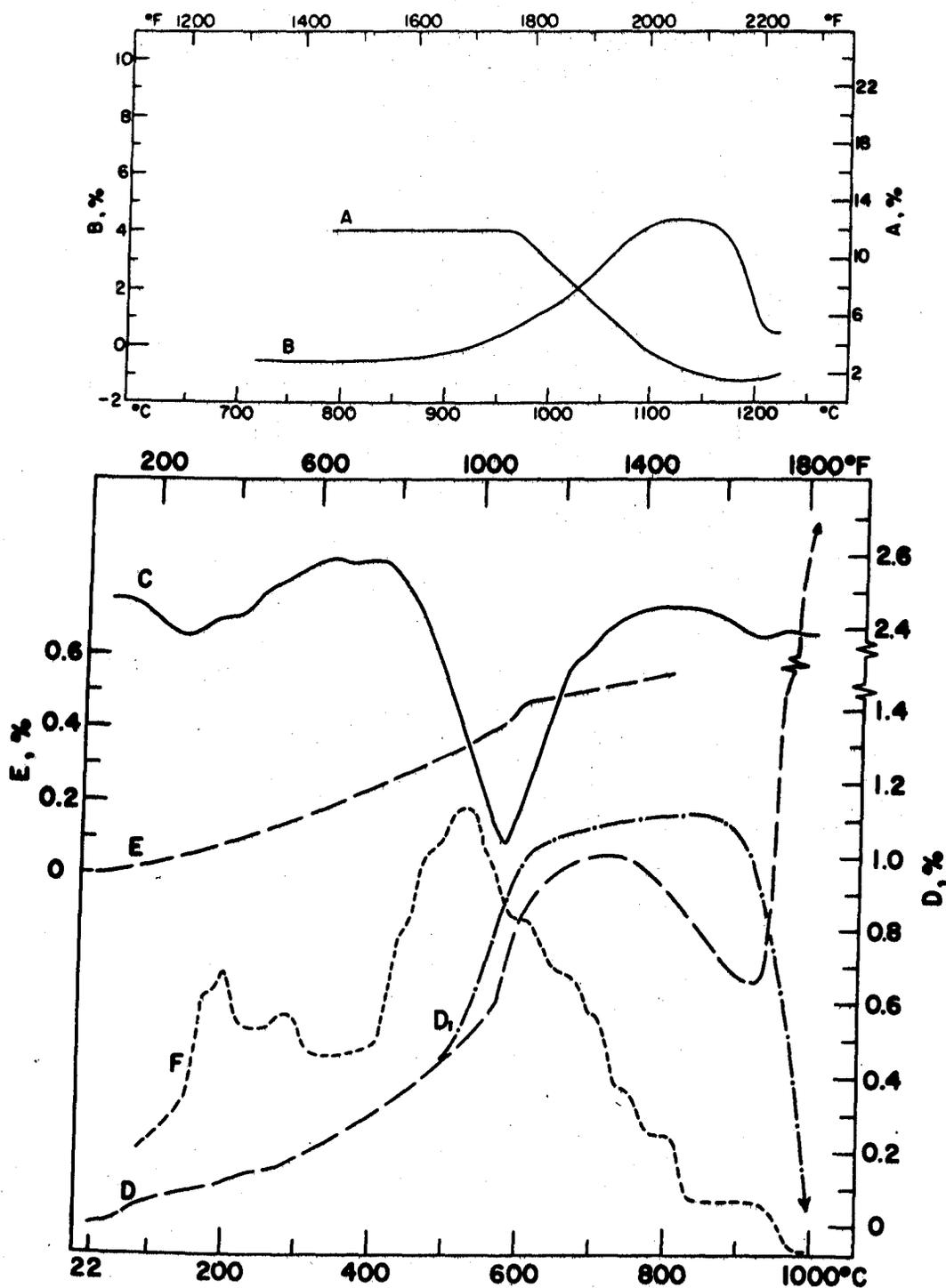


Figure 11. Comportement à la cuisson des matériaux de Lauzon (Q. G.).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁ Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit.
- F. Taux de la perte de poids

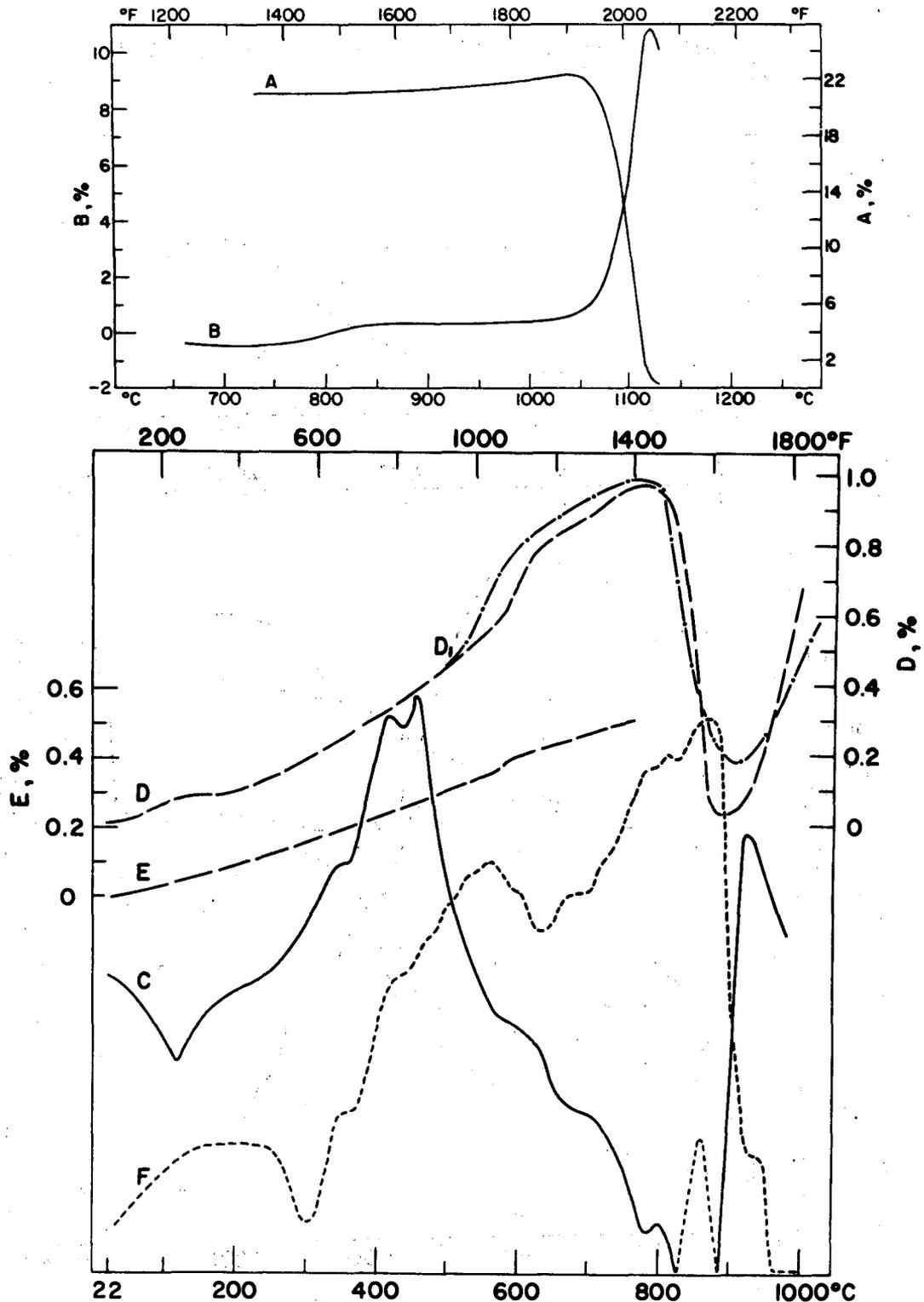


Figure 12. Comportement à la cuisson des matériaux de Boischatel (U-L).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

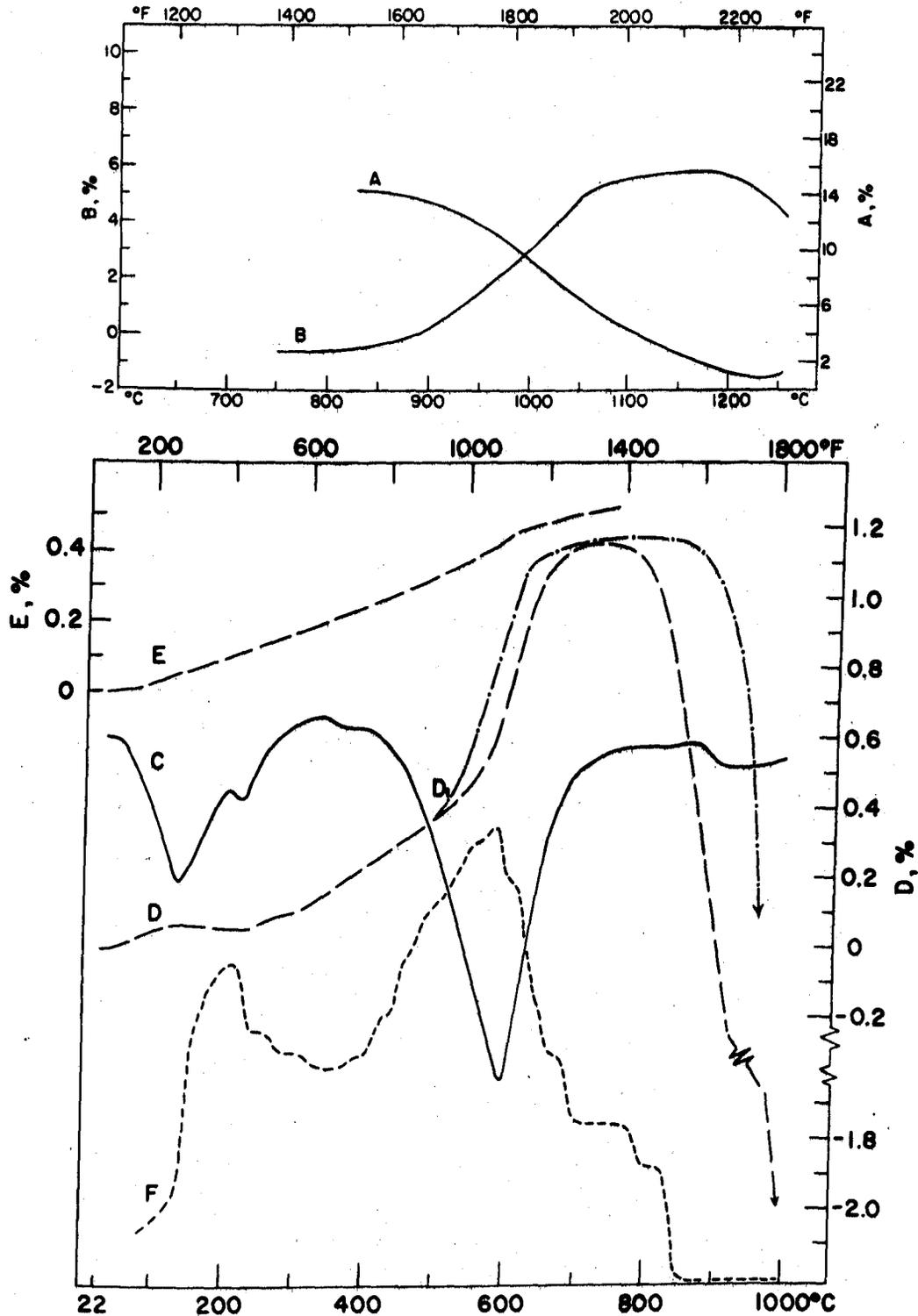


Figure 13. Comportement à la cuisson des matériaux de Mont-Joli (Q. G.).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

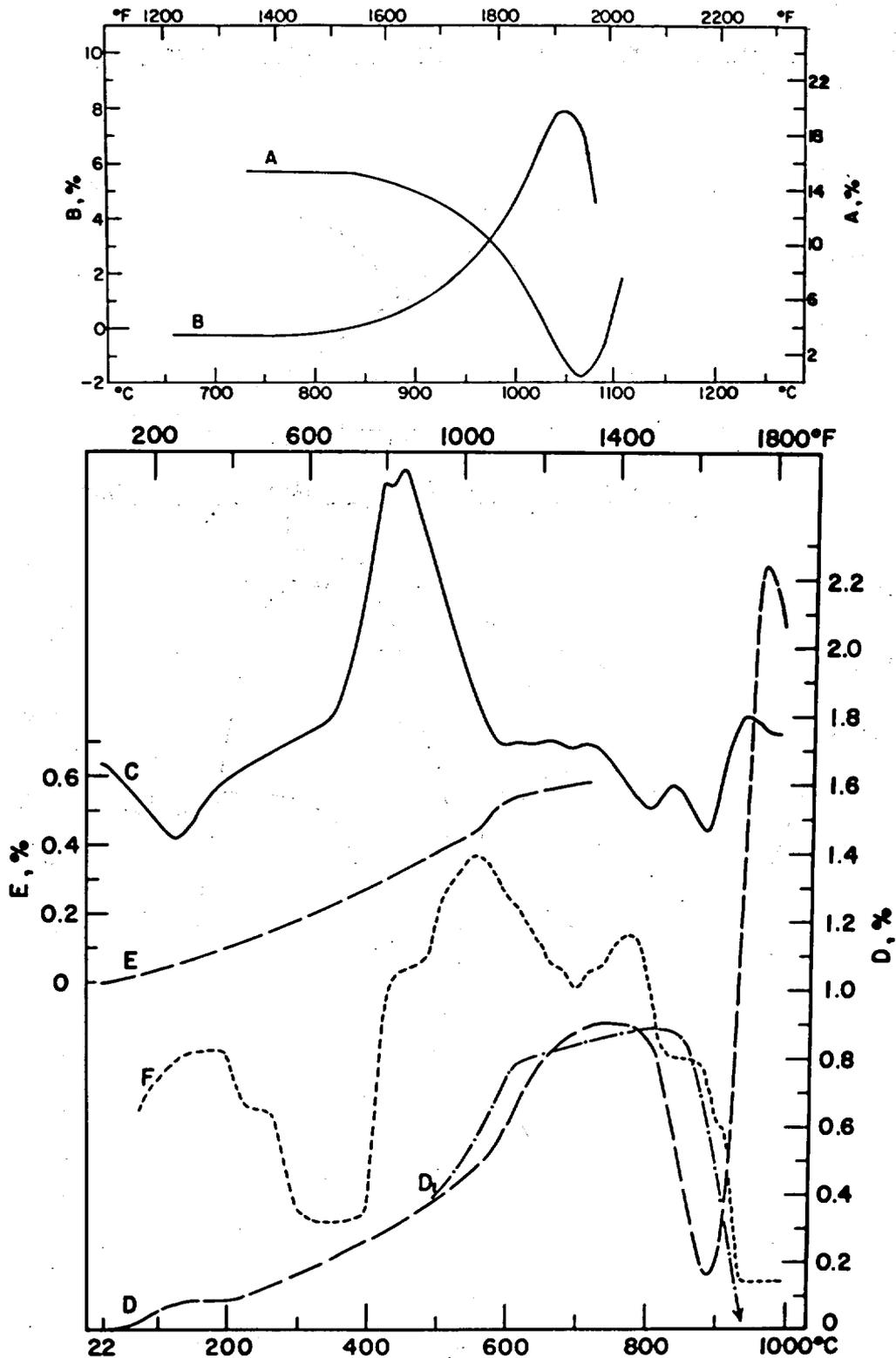


Figure 14. Comportement à la cuisson des matériaux de Delson (U).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

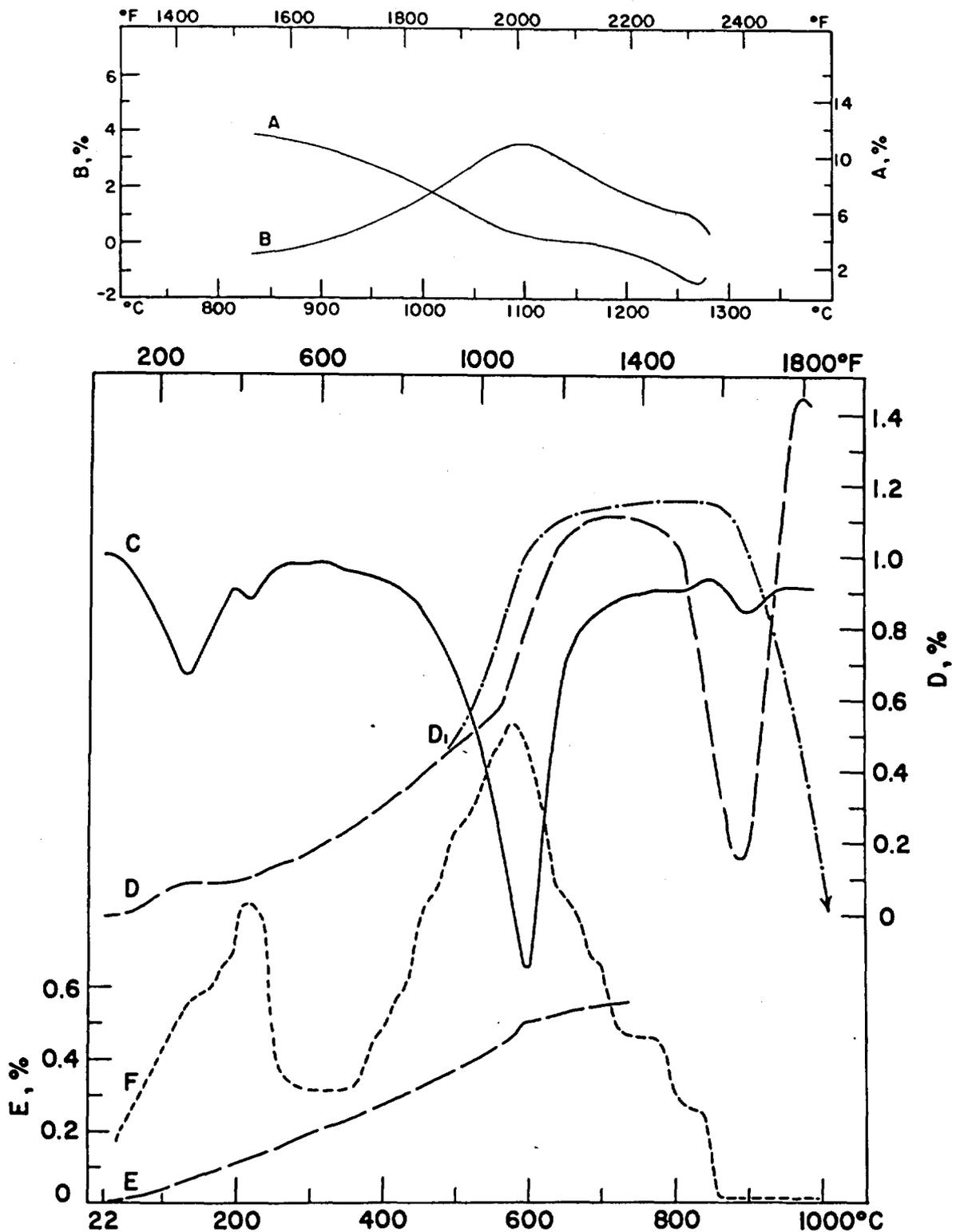


Figure 15. Comportement à la cuisson des matériaux de St-Apollinaire (Q. G.).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

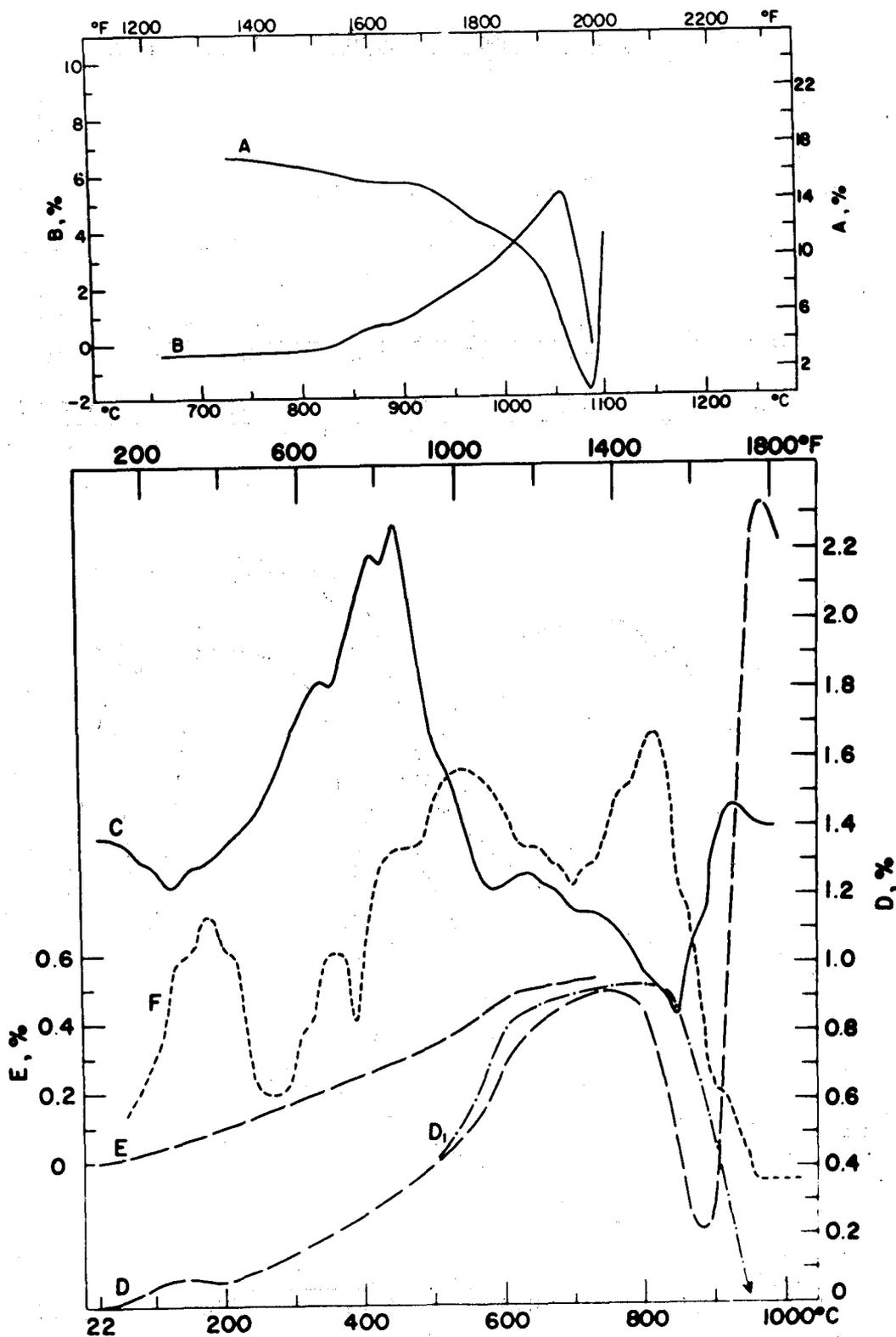


Figure 16. Comportement à la cuisson des matériaux de Lotbinière (U).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

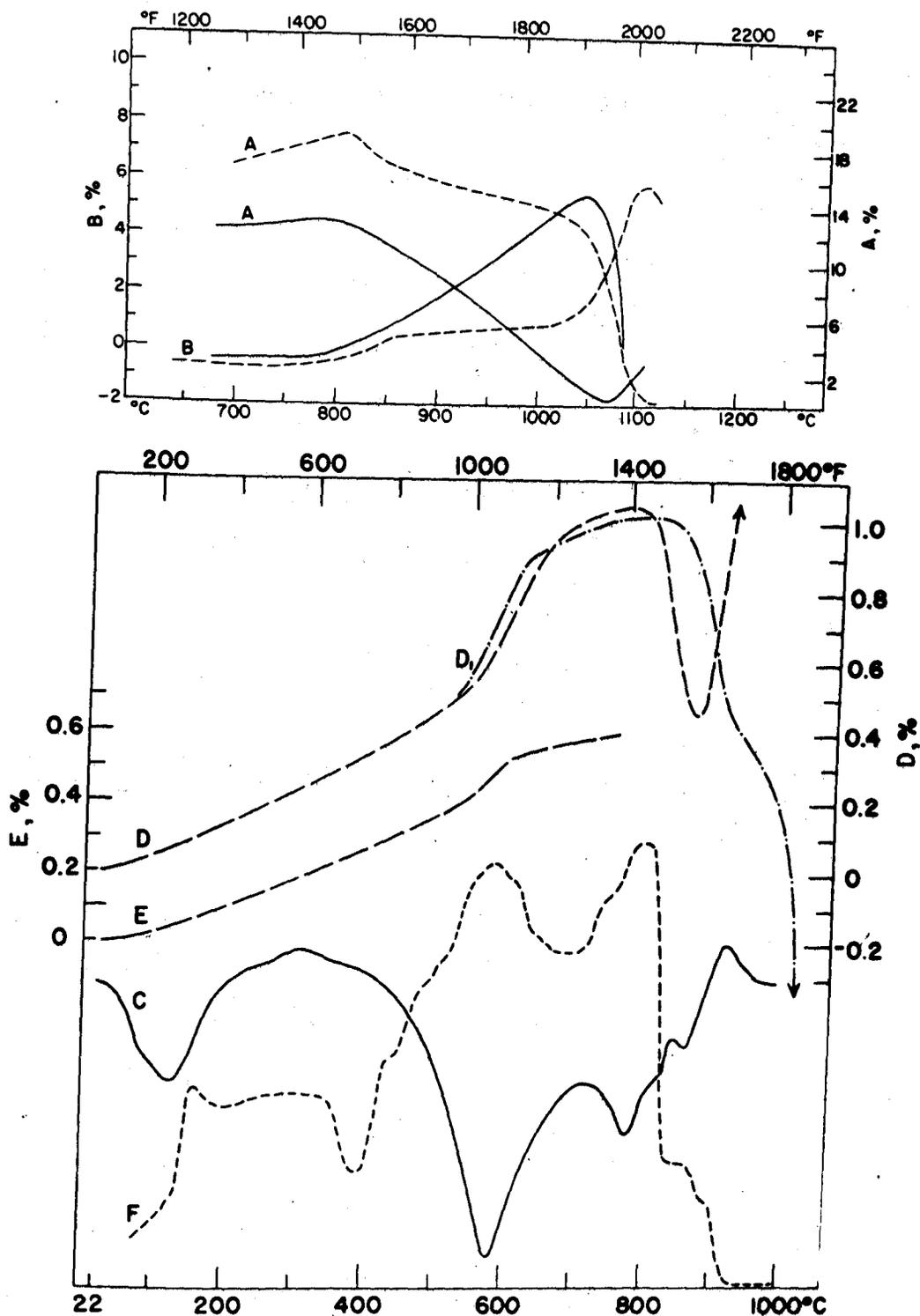


Figure 17. Comportement à la cuisson des matériaux de Ste-Monique (Q).

- A. — Absorption Ste-Monique (Q)
- B. — Retrait linéaire Ste-Monique (Q)
- A. - - - Absorption Georgetown, Ont, Ont. (Q)
- B. - - - Retrait linéaire Georgetown, Ont. (Q)
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁ Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

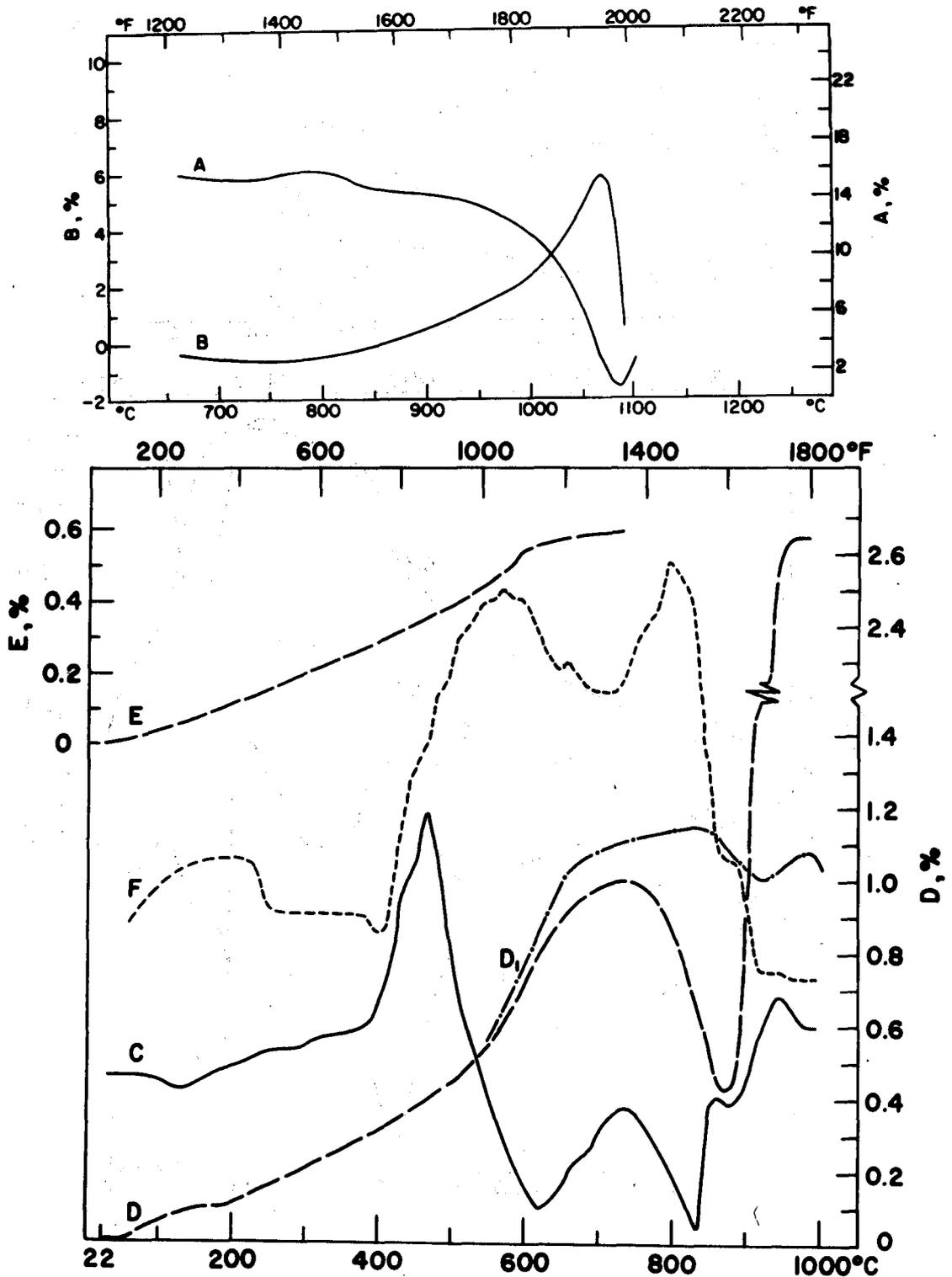


Figure 18. Comportement à la cuisson des matériaux de Laprairie (L).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

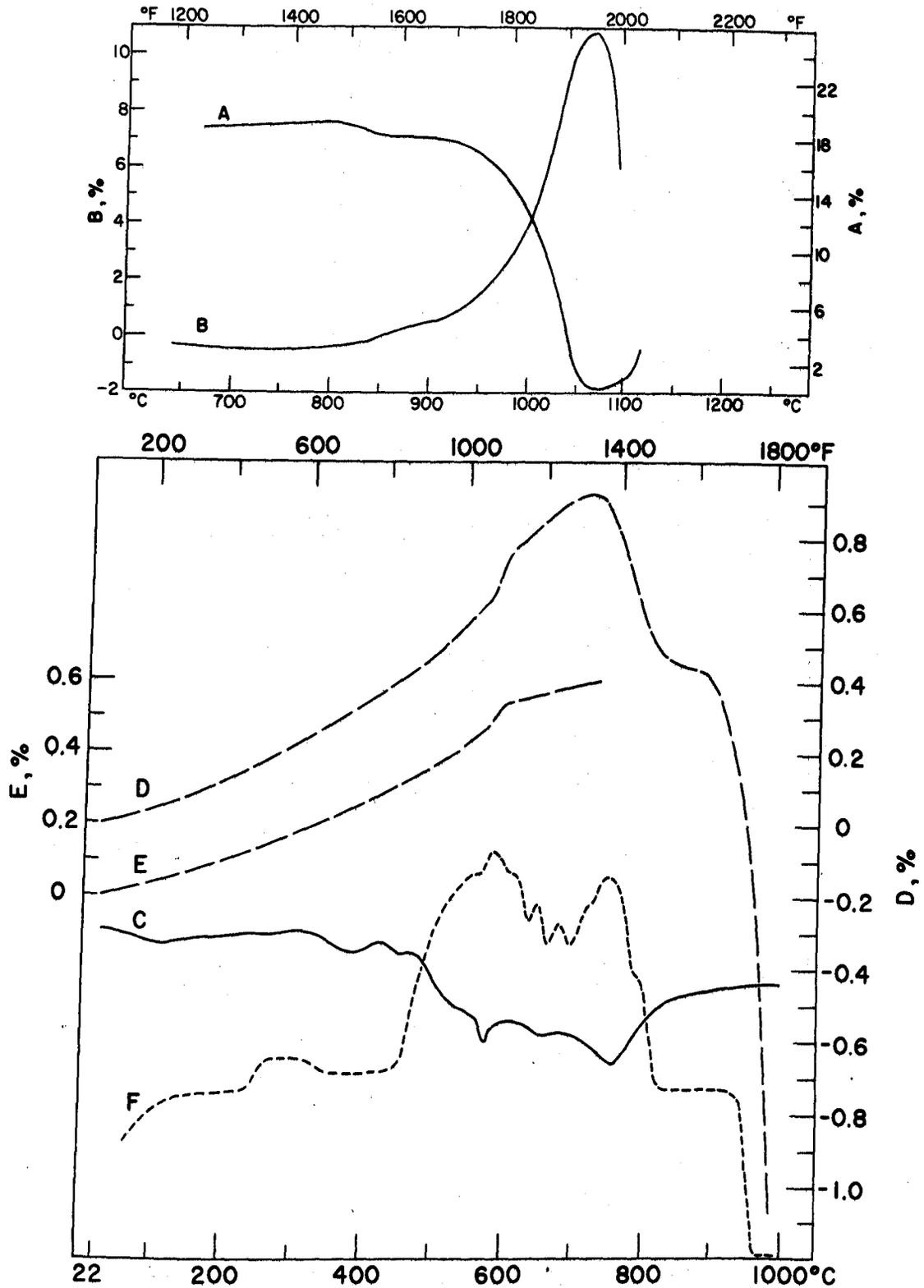


Figure 19. Comportement à la cuisson des matériaux de Scott Jonction.

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D¹. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

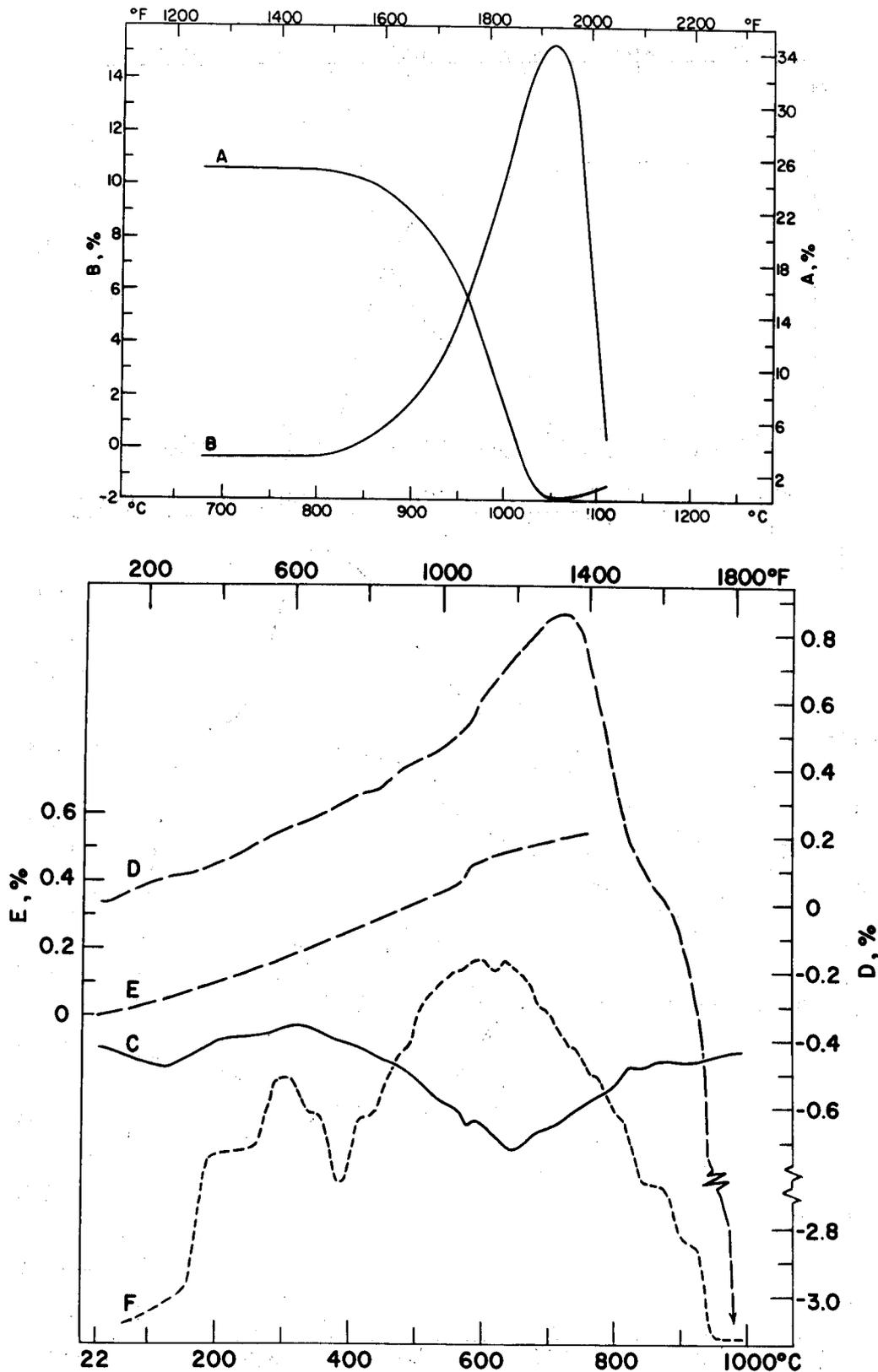


Figure 20. Comportement à la cuisson des matériaux d'East Angus.

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

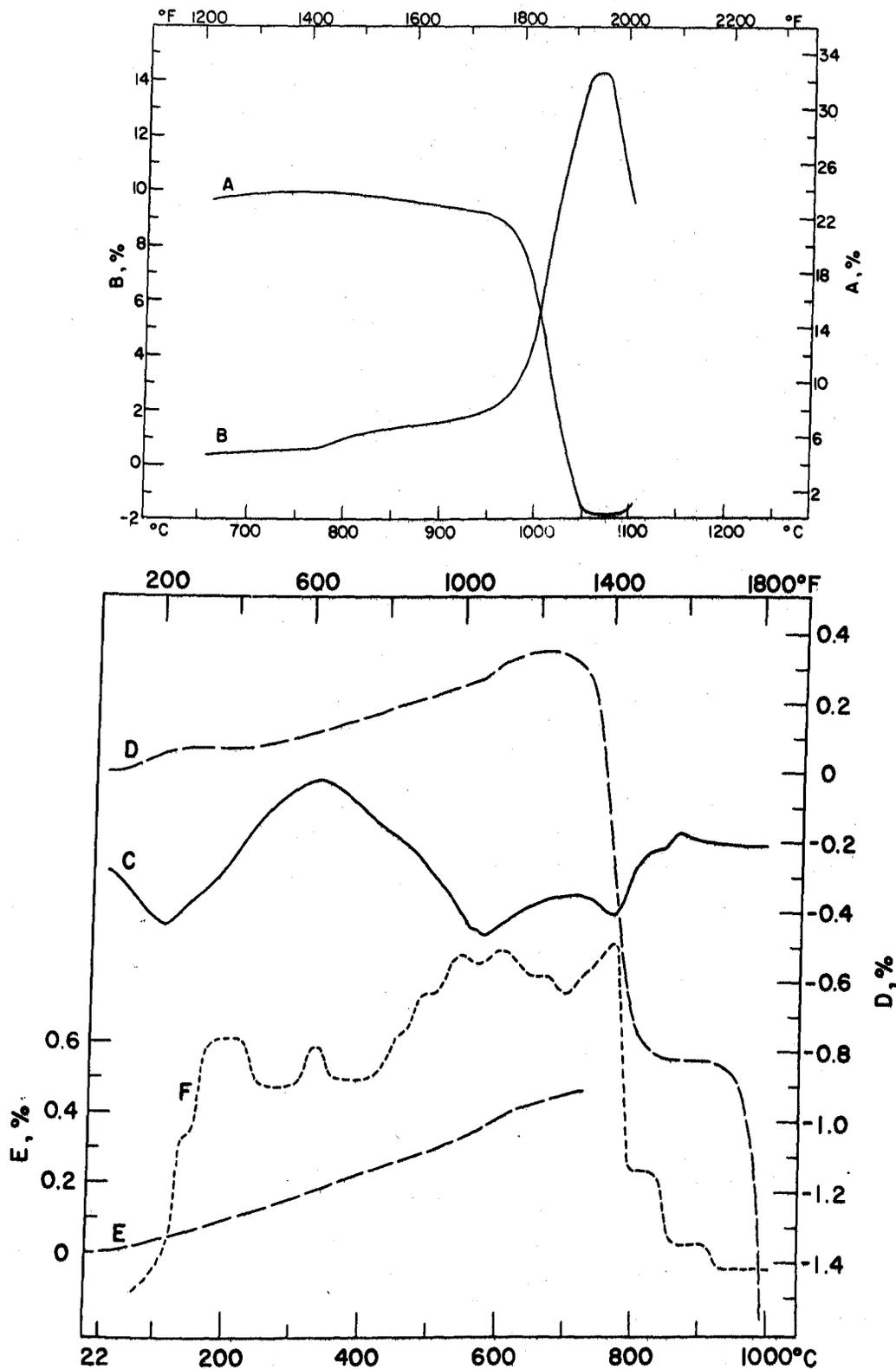


Figure 21. Comportement à la cuisson des matériaux de Laprairie (Argile).

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit

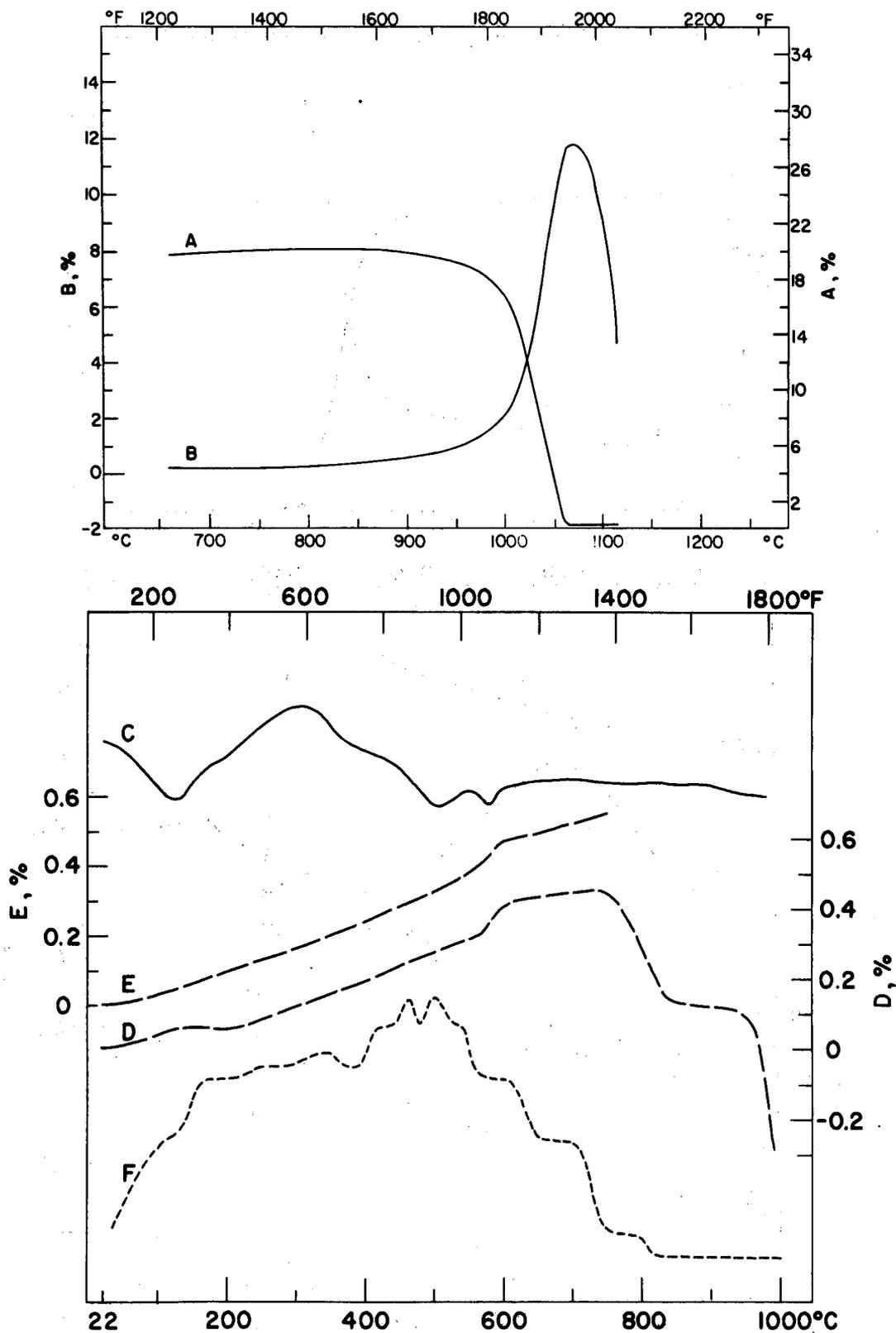


Figure 22. Comportement à la cuisson des matériaux de Mistassini.

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit
- F. Taux de la perte de poids

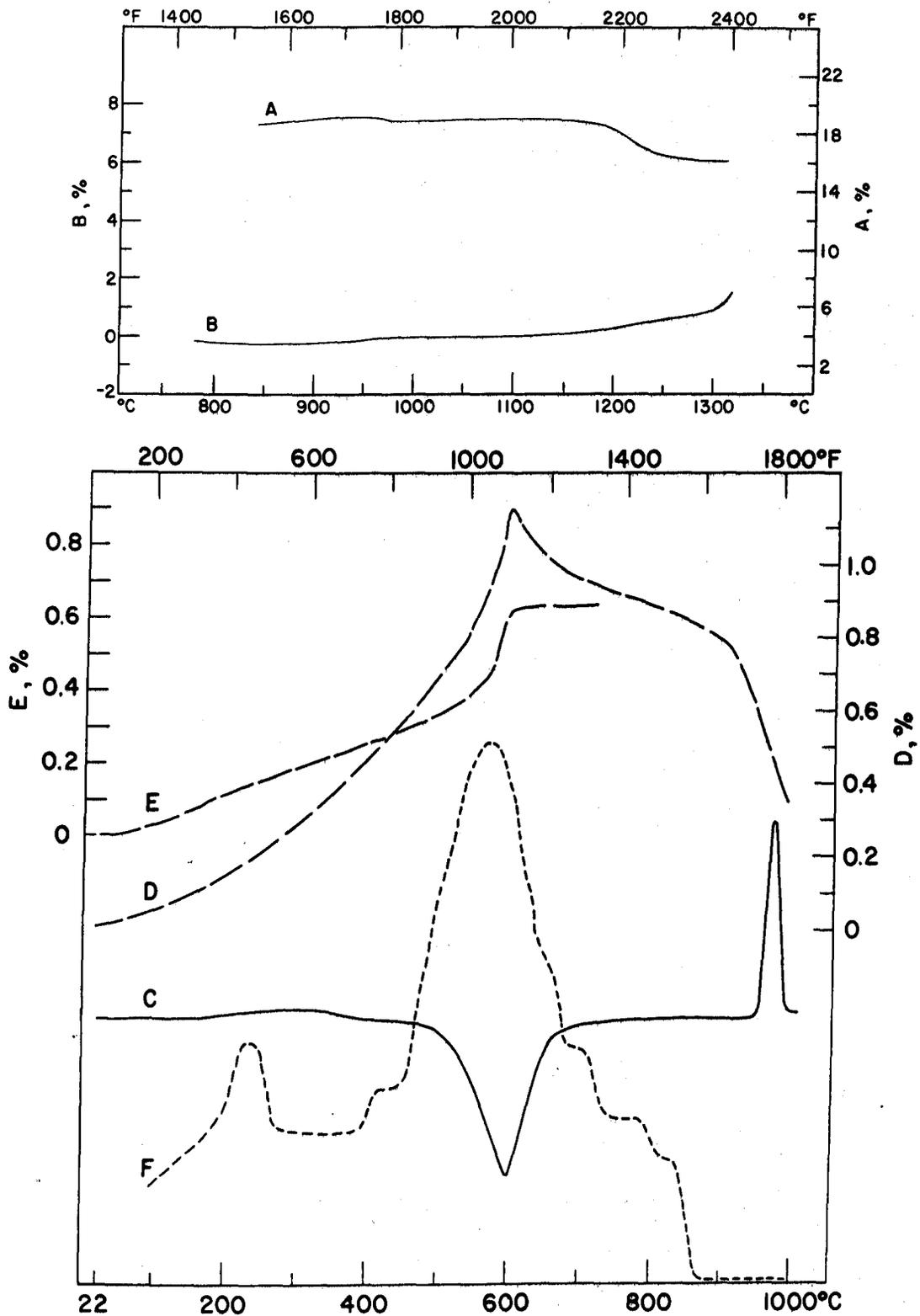


Figure 23. Comportement à la cuisson des matériaux de Brébeuf.

- A. Absorption
- B. Retrait linéaire
- C. Analyse thermique différentielle
- D. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (réduction)
- D₁. Expansion thermique linéaire d'échantillon non cuit (oxydation)
- E. Expansion thermique linéaire d'échantillon cuit

Expansion thermique

Dans les figures 11 à 18, les courbes d'expansion thermique des échantillons non cuits, en atmosphères réductrices et oxydantes, représentent une "expansion thermique linéaire avant cuisson". Les figures 19 à 23 montrent uniquement les courbes d'expansion thermique obtenues dans le dilatomètre vertical, vu que l'atmosphère n'influence pas les résultats de façon appréciable. De plus, les courbes d'expansion thermique des échantillons cuits apparaissent aux figures 11 à 23 sous le titre "expansion thermique linéaire après cuisson". Les dernières courbes sont l'équivalent de celles que l'on obtiendrait en refroidissant les échantillons après cuisson. La plupart du temps elles sont linéaires sauf dans le cas de l'expansion du quartz à la température d'inversion de 573°C .

Au début, les échantillons non cuits expandent graduellement jusqu'aux environs de 500°C , et ensuite de façon plus rapide jusqu'aux environs de 650°C . Les courbes obtenues au taux de chauffage lent de 3.3°C à la minute présentent des pointes beaucoup plus évasées vers 600 à 800°C que celles obtenues lorsque le taux de chauffage est d'environ 10°C à la minute. Le retrait commence à se révéler environ entre 700 et 800°C et, dans certains cas, il se prolonge au-dessus de 1000°C jusqu'à ce que le matériau soit surcuit; dans d'autres cas, le retrait cesse et l'expansion commence vers 850 à 900°C .

Cette inversion du retrait en expansion provient de l'expansion d'un matériau à forte teneur en calcite et (ou) en dolomie, ou encore du gonflement provoqué par les conditions

réductrices. West (69) a fait l'étude de cette courbe d'expansion pour un schiste canadien de Queenston composé surtout d'illite, de chlorite et de mica (tous des minéraux micacés), de quartz et de dolomie. Il a remarqué que l'expansion entre 600 et 700°C provient de l'exfoliation de l'illite, de la chlorite et du mica, dans l'ordre indiqué, au cours de la déshydratation. Il a noté aussi que le changement soudain de retrait en expansion aux environs de 850°C coïncide avec la réaction à l'état solide du magnésium et du calcium, provenant de la décomposition de la dolomie, avec la silice et l'alumine. Bell (70) a étudié l'influence de la chaux sur l'expansion thermique de l'argile et il a décrit l'expansion thermique de certains schistes et argiles canadiens fortement calcaireux du genre illitique et chloritique qui présentent des inversions d'expansion en retrait et de retrait en expansion. Les échantillons de Boischatel et de Laprairie donnent des courbes de ce genre. Des inversions rapides de retrait en expansion ou vice-versa pourraient occasionner des fissures au cours de la cuisson.

Les courbes des échantillons non cuits de Lauzon, Delson, Saint-Apollinaire, Lotbinière et Sainte-Monique indiquent des inversions de retrait en expansion aux environs de 900°C, provenant probablement du gonflement causé par les conditions réductrices qui existent dans le dilatomètre vertical. Les courbes produites en atmosphère oxydante indiquent un retrait continu jusqu'à 900°C sans inversion de retrait en expansion.

Paquin (71) a fait l'étude des courbes d'expansion thermique de mélanges de kaolin, de muscovite et de quartz. L'échantillon de Brébeuf tombe dans cette catégorie.

Le tableau 10 présente des pourcentages de quartz dans les échantillons non cuits et dans les échantillons cuits soumis à l'épreuve de l'expansion thermique. Les pourcentages dans les échantillons cuits de Boischatel (U-L), Saint-Apollinaire (Q.G.) et Brébeuf ont aussi été déterminés par ATD et par analyse chimique.

EXAMEN DES ÉCHANTILLONS SÉLECTIONNÉS

Lauzon (Q.G.)

L'échantillon de Lauzon (Q.G.) manque de plasticité (figure 7) pour la fabrication de brique par extrusion. Ce matériau aurait probablement besoin d'être finement broyé et longuement malaxé, ou encore il faudrait y ajouter de l'argile ou un produit chimique pour accroître sa plasticité. C'est le moins plastique des schistes du groupe de Québec à l'étude. A cause de son manque d'éléments plastiques fins, il sèche facilement avec un minimum de retrait. Ce schiste est utilisé comme matière première dans la fabrication de brique de parement.

Les courbes de la figure 11 indiquent que le schiste de Lauzon devrait présenter peu de difficultés à la cuisson. L'absorption et le retrait indiquent une gamme de cuisson supérieure au minimum d'environ 35°C nécessaire à la fabrication de brique de parement, pour laquelle une absorption de 8 p. 100 ou moins est souhaitable. Grâce à sa gamme de cuisson d'environ 70°C pour des absorptions de 8 à 4 p. 100, on peut en fabriquer la brique de

TABLEAU 10

Exposé des teneurs en quartz des échantillons sélectionnés**

Échantillon	Non Cuits		Cuits	
	Quantité approx. de quartz d'après l'analyse chimique, %	Quantité approx. de quartz d'après l'ATD, %	Température de cuisson, °C	Quantité approx. de quartz d'après l'expansion thermique, % *
Lauzon (Q.G.)	25	19	1055	12
Boischatel (U-L)	25	12	1090	8 6 (ATD) 6.6 (Anal. chim.)
Mont-Joli (Q.G.)	20	13	1060	9
Delson (U)	23	15	1000	11
Saint-apollinaire (Q.G.)	25	16	1050	11 9 (ATD) 14.1 (Anal. chim.)
Lotoinière (U)	28	17	1060	10
Sainte-Monique (Q)	27	16	980	12
Laprairie (L)	24	19	1050	11
Scott Jonction	22	21	1020	15
East Angus	18	15	990	10
Laprairie (Argile)	-	7	990	5
Mistassini	16	15	1000	13
Brébeuf	50	50	1315	43 46 (ATD) 35.5 (Anal. chim.)

* Les pourcentages sont basés sur la discontinuité que présente la courbe d'expansion thermique des échantillons cuits aux environs de 570 à 590°C. Une roche à teneur en quartz de 100 p. 100 (n° 179 dans le Jet Piercing Research Project Report IR 62-27 de la Direction des mines, 1962) possède une expansion linéaire de 0.4 p. 100 au point de la discontinuité prononcée et on a utilisé ce chiffre comme référence.

** Il y a une discordance dans les pourcentages de quartz obtenus à l'aide des différentes méthodes. Les quantités sont approximatives et il faudra poursuivre les recherches dans ce domaine.

parement dure et dense avec des propriétés assez uniformes comme la couleur, la dureté, le retrait et l'absorption. C'est un schiste non plastique typique du groupe de Québec qui possède de bonnes propriétés de cuisson.

La courbe de l'ATD montre que les réactions au cours du chauffage sont relativement simples. Une pointe prononcée à 580°C indique que l'échantillon renferme une proportion substantielle de minéraux argileux illitiques et chloritiques. Les petites pointes émoussées aux environs de 900°C sont typiques de la combinaison de chlorite et d'illite. Il n'existe pas de quantités importantes de matériaux oxydables ou de carbonates qui pourraient créer des difficultés lors de la cuisson. La large pointe aux environs de 200°C indique que, pour un schiste, l'échantillon renferme une quantité substantielle d'eau adsorbée.

Les pointes à 200 et 300°C sur les courbes de perte de poids indiquent respectivement une perte rapide d'eau adsorbée et une consommation rapide de la matière organique. La pointe très large que l'on trouve sur cette courbe à 580°C dénote que les structures des minéraux argileux se désagrègent rapidement, l'illite étant probablement le principal d'entre eux. Un petit épaulement aux environs de 600°C provient de la désagrégation d'un deuxième minéral argileux, probablement la chlorite. D'autres épaulements à des températures supérieures à 650°C laissent supposer qu'alors d'autres réactions mineures se produisent.

L'échantillon présente une perte de poids relativement peu prononcée d'environ 3.9 p. 100, dont quelque 2.9 p. 100 représentent la perte des radicaux hydroxyles par les minéraux argileux (figure 9). L'élimination de la vapeur d'eau produite par cette

réaction ne devrait pas causer de problème sérieux mais il faudrait prévoir une certaine ventilation.

Au début et jusqu'à 700°C, la forme des courbes d'expansion thermique des échantillons non cuits de Lauzon est ressemblante à celle de la majorité des courbes d'expansion des schistes illitiques et chloritiques. De plus, ces courbes pour des atmosphères réductrices et oxydantes coïncident jusqu'aux environs de 500°C, alors que D₁ s'écarte légèrement de D pendant le reste de l'essai, comme l'indique la figure 11 (cette situation se retrouve aussi dans les figures 12 à 18 inclusivement). Le matériau présente une courbe graduellement ascendante d'expansion jusqu'à ce que l'inversion du quartz, combinée à l'effet de la rapide exfoliation des minéraux micacés, engendre un taux d'expansion accéléré. Les courbes s'inversent ensuite doucement de l'expansion au retrait, alors que la courbe obtenue au taux de chauffage lent dans le dilatomètre Seger (en atmosphère oxydante) présente une très large pointe et un abaissement progressif. En atmosphère réductrice dans le dilatomètre vertical, l'échantillon étudié a probablement gonflé et la courbe se modifie brusquement à 920°C en passant du retrait à une expansion au taux très rapide. L'inversion rapide à cette température, jointe à la grande vitesse d'expansion, peut provoquer des fissures à la cuisson en atmosphère réductrice, à moins que l'on ne contrôle soigneusement la température et qu'on la laisse croître lentement.

La courbe d'expansion thermique linéaire de l'échantillon cuit (figure 11) révèle une soudaine petite expansion aux environs de 573°C, attribuée à la présence de quartz. La quantité de celui-ci

est minime (tableau 10), si on la compare à la forte teneur en quartz de l'échantillon cuit de Brébeuf, et il est peu probable que des fissures puissent se produire lors du refroidissement à la température d'inversion du quartz.

Boischatel (U-L)

L'échantillon de Boischatel (figure 8) possède à peu près la même plasticité que l'échantillon de référence de Cooksville (D-M) (figure 7); par conséquent, ce matériau est juste assez plastique pour permettre la fabrication de brique par extrusion et peut-être aussi de tuyaux de drainage et de blocs de charpente. On l'a utilisé pendant plusieurs années comme matière première dans la fabrication de la brique. L'échantillon est plus plastique que ceux des groupes Utica et Lorraine de Laprairie et de Delson de la région de Montréal. Comme les schistes, ce matériau sèche facilement, avec un retrait minime.

Les courbes de la figure 12 indiquent que le schiste de Boischatel présente plusieurs difficultés lors de la cuisson. C'est un matériau à forte teneur en calcaire et les courbes de retrait et d'absorption dénotent, comme pour tous les matériaux fortement calcaireux, que la zone de cuisson nécessaire à la fabrication de produits denses, comme la brique de parement, est très courte. De petites augmentations de température modifient considérablement le degré de retrait et d'absorption. La vitrification commence brusquement aux environs de 1050°C et s'effectue rapidement, ce qui rend difficile la cuisson de tout produit qui présente une absorption inférieure à 15 p. 100 environ. C'est un échantillon plastique du groupe Utica-Lorraine, fortement calcaireux

et renfermant des quantités excessives de matières oxydables.

La courbe de l'ATD montre que l'échantillon subit des réactions importantes de la part des matériaux carbonacés et de la pyrite aux environs de 400°C, et de la dolomie et de la calcite aux environs de 750 à 875°C. Les réactions propres à l'argile sont éclipsées par l'intensité des premières.

Une pointe évasée aux environs de 200°C sur la courbe de perte de poids est l'indication d'une perte graduelle de l'eau adsorbée. Une pointe montante avec épaulements à 350 et à 400°C dénote une oxydation rapide de la matière organique et de la pyrite respectivement. Les pointes à 550 et à 625°C indiquent la désagrégation des minéraux argileux illitiques et chloritiques. Les pointes à 775 et à 850°C représentent les points maximum de décomposition de la dolomie et de la calcite.

L'échantillon accuse une importante perte de poids de 13.3 p. 100, dont environ 2.5 p. 100 proviennent des minéraux argileux, 9.5 p. 100 de la dolomie et la calcite, et le restant d'une quantité appréciable de matière oxydable et d'eau adsorbée.

Les analyses chimiques montrent que l'échantillon renferme suffisamment de matière organique (0.45 p. 100), et de soufre (0.81 p. 100) provenant de la pyrite, pour causer un gonflement et la formation d'un noyau noir à moins de prolonger la période d'oxydation au cours de leur décomposition. De plus, la décomposition de la pyrite produit des gaz sulfureux qui peuvent contribuer à l'encrassement et à l'efflorescence à moins qu'ils ne soient éliminés du four (Brownell 72, 73). La vapeur

d'eau provenant de la déshydratation des minéraux argileux n'est pas excessive mais elle augmente aussi le volume des gaz libérés par les matériaux carbonacés et la pyrite. Lorsque les carbonates se décomposent, un très fort volume de bioxyde de carbone se trouve libéré dans le four. Le bioxyde de carbone influence la pression et la ventilation et peut fausser l'analyse des gaz d'échappement, ce qui peut conduire à un gaspillage de combustible. De plus, le dégagement de bioxyde de carbone du matériau peut empêcher la pénétration de l'atmosphère du four dans les produits et exercer ainsi une influence nuisible sur la couleur définitive, puisque les produits de ce matériau seront probablement d'un rose pâle s'ils sont cuits en atmosphère oxydante, et de couleur chamois dans une atmosphère neutre ou réductrice.

Les caractéristiques d'expansion de ce schiste au cours de la cuisson sont à peu près les mêmes en atmosphère oxydante ou réductrice. L'expansion du matériau brut est d'environ 1.0 p. 100 jusqu'à 775°C; alors elle s'inverse rapidement en retrait. Le retrait se poursuit jusqu'à ce que l'échantillon retrouve approximativement sa longueur originale et, à 890°C environ, soudainement l'expansion recommence. Quoique les inversions ne soient pas aussi soudaines que pour les échantillons très calcaireux de Nelson (27) et d'Estevan (74), les courbes d'expansion thermique au cours de la cuisson sont semblables. A cause de ces inversions, ce schiste pourrait causer pendant la cuisson des fissures et ce dans des conditions oxydantes ou réductrices. Un produit, par exemple une brique, chauffé rapidement jusqu'à 775°C pourrait se contracter en surface et prendre de l'expansion à l'intérieur, créant ainsi des efforts de tension très prononcés en surface. Lorsque ces efforts

dépassent la cohésion du matériau, la brique se fissure: ce sont les fissures "de chauffe" dont parle Groskaufmanis (75). Robinson (76) a proposé que les programmes de cuisson soient établis de façon à obtenir une vitesse uniforme d'expansion durant toute la durée de la cuisson. Un tel procédé paraît convenir tout particulièrement à des matériaux de ce genre. La même argumentation s'applique quand, à 890°C, l'extérieur d'un produit rapidement chauffé prendrait de l'expansion alors que son intérieur se contracterait.

Selon le tableau 10, la moitié environ de la quantité originale de quartz demeure dans l'échantillon cuit et son peu d'expansion (figure 12) ne devrait causer aucune difficulté lors du refroidissement.

Selon les données de l'ATD et de l'analyse par diffraction aux rayons X, l'échantillon de Beauport (U-L) présentera à la cuisson à peu près les mêmes problèmes que l'échantillon de Boischatel (U-L).

Mont-Joli (Q.G.)

La courbe de l'échantillon de Mont-Joli (Q.G.) (figure 8) indique qu'il est suffisamment plastique pour la fabrication de briques, de tuyaux de drainage, de blocs de charpente et peut-être de tuyaux d'égout par extrusion. L'échantillon sèche bien avec un retrait minime. Les pointes très prononcées sur la courbe de l'ATD (figures 1 et 13) relatives à l'eau adsorbée indiquent qu'il se peut que cet échantillon renfermerait du schiste altéré. L'échantillon se prête exceptionnellement bien à l'extrusion dans tous les essais de laboratoire.

Les courbes d'absorption et de retrait de la figure 13 indiquent que l'échantillon de Mont-Joli, comme celui de Lauzon (Q.G.), devrait être assez facile à amener par la cuisson à un état dur et dense. Sa zone de cuisson est étendue et, si l'on tient compte de ses propriétés avant cuisson, il semblerait convenir à la fabrication de briques, de tuyaux de drainage, de blocs de charpente et peut-être de tuyaux d'égout. Le schiste traité sous vide (tableau 1) se vitrifie à une température de beaucoup inférieure à celle des échantillons moulés à la main (tableau 1 et figure 13). Il devient dense et dur aux environs de 1030°C , ce qui est une température très basse pour un schiste qui possède un RP de 16. Il est possible que tous les échantillons sous vide de Lauzon, de Saint-Apollinaire et de l'île d'Orléans, qui tous sont des schistes ordinaires de la région des Appalaches (groupe de Québec) et qui possèdent des RP s'échelonnant entre 14 et 16, aient aussi des températures de cuisson relativement basses, bien inférieures à leur température de fusion. Ils diffèrent en cela des schistes des groupes Utica et Lorraine dont le RP s'échelonne de 1 à 4 (tableaux 1 et 2) et qui deviennent denses et durs à des températures très rapprochées de leur température de fusion. L'échantillon de Mont-Joli est un schiste plastique typique du groupe de Québec, présentant peu de problèmes à la cuisson.

Les courbes de la perte de poids et de l'ATD de la figure 13 sont semblables à celles de l'échantillon de Lauzon (Q.G.). Ce schiste perd rapidement, aux environs de 200°C , un peu de son poids correspondant à l'eau adsorbée. Il perd ensuite 3.75 p. 100 de son poids sur une perte totale de 5.05 p. 100, par suite de la déshydratation

(figure 9) des minéraux argileux, aux environs de 600°C. Cette perte sous forme de vapeur d'eau n'est pas excessive mais il faut éliminer cette vapeur pour éviter des possibilités de condensation susceptibles d'encrasser le produit fini ou le four.

Les courbes d'expansion thermique des échantillons non cuits (figure 13) en atmosphère oxydante et réductrice sont semblables. Elles indiquent une vitesse d'expansion importante et rapide à partir de 550 à 600°C environ, par suite de l'inversion du quartz et de l'exfoliation des minéraux argileux micacés. West (69) a fait remarquer que les vitesses normales de chauffe sont heureusement peu élevées dans cette zone de températures, ce qui empêche la formation de gradients de température prononcés dans un produit, qui pourraient donner naissance à des efforts d'expansion différentielle susceptibles de produire des ruptures. A mesure que la cuisson se poursuit, les courbes atteignent un maximum d'expansion d'environ 1.1 p. 100 à 800°C; il se produit ensuite un rapide retrait qui atteint environ 2 p. 100 à 1000°C, se continuant au-delà.

La courbe d'expansion de l'échantillon cuit est surtout linéaire et la faible expansion du quartz à 573°C ne devrait pas occasionner des fissures lors du refroidissement.

Les résultats du tableau 1 et les courbes de l'ATD de la figure 1 indiquent que l'échantillon de l'île d'Orléans (Q.G.) possède des propriétés semblables à celles de l'échantillon de Mont-Joli (Q.G.), sauf que le premier renferme plus de matières oxydables, mais devrait se comporter de la même façon à la cuisson.

Delson (U)

L'étendue sous la courbe de plasticité de l'échantillon de Delson (U) (figure 8) est inférieur à celui de l'échantillon de référence de Cooksville (D-M). En conséquence, il faudrait très probablement soumettre ce matériau à un fin broyage et en augmenter la plasticité à l'aide d'un additif avant de le soumettre à l'extrusion. Ce schiste a servi durant plusieurs années à la fabrication de briques de pâte dure en le combinant avec de l'argile de surface plastique.

Les courbes du gradient de température relatives au retrait et à l'absorption, dans la figure 14, indiquent que ce matériau possède une gamme de cuisson satisfaisante pour servir à la fabrication de brique de parement dure et dense.

La courbe de l'ATD dénote que l'échantillon subit, aux environs de 450°C, une réaction importante causée par l'oxydation du carbone et de la pyrite, éclipsant la réaction causée par la déshydratation des minéraux argileux. L'analyse chimique au tableau 7 indique que l'échantillon renferme 0.50 p. 100 de carbone organique et élémentaire et 1.09 p. 100 de soufre, quantités suffisantes pour occasionner un gonflement ou la formation d'un noyau noir lors d'une cuisson rapide. Il faut aussi éliminer l'important volume de gaz sulfureux pour empêcher leur contribution à la production de l'encrassement et de l'efflorescence. La courbe de perte de poids présente une large pointe entre 400 et 650°C alors que se produit le dégagement du CO₂, du SO₂ et du H₂O. D'une perte moyenne de 5.35 p. 100, environ 4 p. 100 s'effectue dans cette gamme de température. Une autre perte de 1 p. 100 provient de la

décomposition des carbonates, le maximum de la perte correspondante se produisant aux environs de 775°C.

Les courbes de perte de poids et de l'ATD de l'échantillon de Delson (U) sont à peu près identiques à celles du schiste de Billings de la région d'Ottawa (27) et il est probable que son comportement à la cuisson serait le même. L'exfoliation des minéraux micacés de l'échantillon de Delson (U) commence à une température un peu plus élevée que pour les schistes du groupe de Québec provenant de Lauzon, de Mont-Joli et de Saint-Apollinaire. La courbe d'expansion thermique en atmosphère réductrice présente une pointe très aiguë aux environs de 890°C alors que le retrait change rapidement en expansion. Il y a possibilité que des fissures à la cuisson se produisent ou qu'un gonflement se manifeste si le taux d'accroissement de la température est trop prononcé à ce moment. En atmosphère oxydante, le matériau continue à se contracter au lieu de reprendre de nouveau de l'expansion à 880°C. Vu les difficultés sérieuses que suscite le gonflement en atmosphère réductrice, il serait préférable de maintenir une atmosphère oxydante au cours de la cuisson.

D'après le tableau 10, l'échantillon cuit de Delson (U) renferme environ la moitié de la quantité de quartz contenue dans l'échantillon original. Étant donné que la quantité originale était d'environ 20 p. 100, le refroidissement des produits après la cuisson ne devrait présenter, dans les conditions normales, aucune difficulté.

Saint-Apollinaire (Q.G.)

L'échantillon de Saint-Apollinaire (Q.G.) possède à peu près la même plasticité (figure 8) que celui de Mont-Joli (Q.G.); conséquemment, il pourrait convenir lui aussi à la fabrication par extrusion de produits comme la brique, les tuyaux de drainage, les blocs de charpente et peut-être les tuyaux d'égout. La pointe relative à l'eau adsorbée sur la courbe de l'ATD (figure 15) est importante et laisse entendre que l'échantillon, comme celui de Mont-Joli (Q.G.), renferme une certaine quantité de schiste altéré. L'échantillon sèche bien et son retrait au séchage est faible.

Les courbes d'absorption et de retrait (figure 15) indiquent une zone de cuisson très étendue. La courbe de retrait dénote qu'il y a inversion de retrait en expansion à la température relativement basse de 1100°C, ce qui signifie que l'éprouvette ayant servi à la mesure du gradient de température avait subi un léger gonflement. La plasticité et aussi les caractéristiques après la cuisson indiquent que ce schiste devrait convenir à la fabrication de briques, de tuyaux de drainage, de blocs de charpente et peut-être de tuyaux d'égout. Le traitement sous vide donnerait des produits plus denses et elle serait probablement nécessaire si l'on veut que l'absorption se réduise à près de zéro.

Comme pour tous les schistes examinés du groupe de Québec, ce matériau ne semble présenter aucune difficulté à la cuisson, particulièrement en atmosphère oxydante. Les courbes de l'ATD et de perte de poids (figure 15) ressemblent à celles des échantillons de Lauzon (Q.G.) et de Mont-Joli (Q.G.). D'une perte totale de

4.40 p. 100, environ 3.5 p. 100 représentent la perte causée par la déshydratation des minéraux argileux. Les courbes d'expansion thermique des échantillons non cuits ressemblent de façon générale à celles de l'échantillon de Lauzon. En atmosphère réductrice, l'échantillon non cuit gonfle, tandis qu'en atmosphère oxydante, l'échantillon continue à se contracter au-delà de 900°C.

La courbe de l'échantillon cuit indique qu'il ne devrait pas y avoir de difficultés au refroidissement, puisque la teneur en quartz est d'environ 11 p. 100 seulement (tableau 10).

Lotbinière (U)

L'échantillon de Lotbinière possède à peu près la même plasticité que celui de Cooksville (D-M) (figure 7); conséquemment, il pourrait convenir à la fabrication par extrusion de produits comme la brique, les tuyaux de drainage et les blocs de charpente. Sa plasticité est inférieure à celle des échantillons de Mont-Joli et de Saint-Apollinaire. Le matériau sèche bien et son retrait au séchage est faible, propriétés communes à la majorité des schistes.

Les courbes d'absorption et de retrait (figure 16) de l'échantillon de Lotbinière (U) dénotent que sa zone de cuisson est courte mais probablement satisfaisante si l'on contrôle la température de près. Cette zone de cuisson est plus courte que celle de l'échantillon de Delson, un schiste du groupe Utica de la région de Montréal.

La courbe de l'ATD indique que l'échantillon renferme une quantité considérable de matières oxydables et une quantité importante de dolomie et de calcite. Les problèmes d'élimination des gaz, de gonflement et de formation d'un noyau noir sont à peu près les mêmes que pour l'échantillon de Delson (U). L'échantillon de

Lotbinière renferme plus de dolomie et de calcite que celui de Delson (U), mais beaucoup moins que celui de Boischatel (U-L). Il faut cependant prévoir une bonne ventilation pour éliminer le CO₂ de l'atmosphère du four, autrement celle-ci deviendrait réductrice.

La perte de poids (6.85 p. 100) est modérée; la décomposition des minéraux argileux et des carbonates représente respectivement 3.30 et 2.45 p. 100 (figure 9). La courbe de perte de poids ressemble à celle de l'échantillon de Delson (U) quoique les différentes pointes soient généralement plus prononcées par suite d'une perte de poids plus importante correspondant au dégagement de l'eau adsorbée et des carbonates.

La courbe d'expansion thermique de l'échantillon non cuit, comme celle de l'échantillon de Delson (U), présente en atmosphère réductrice une inversion rapide de retrait en expansion aux environs de 890°C; ainsi, un lent accroissement de la température serait préférable pour éviter la fissuration ou le gonflement. En atmosphère oxydante, l'éprouvette, comme celle de Delson (U), prend de l'expansion au début puis commence à se contracter rapidement sans présenter une autre expansion au delà de 890°C. Si l'on tient compte des caractéristiques de composition et de gonflement, il est probable qu'il faudrait effectuer la cuisson en atmosphère oxydante.

L'expansion causée par le quartz dans l'échantillon cuit est d'environ 10 p. 100 (tableau 10). Ce pourcentage ne devrait causer aucune difficulté lors du refroidissement.

Sainte-Monique (Q)

L'échantillon de Sainte-Monique possède une faible plasticité (figure 8) et par conséquent le matériau a besoin d'être finement broyé et éventuellement d'être aussi mélangé à une autre substance pour augmenter sa plasticité. Sa plasticité est probablement meilleure que celle du schiste de Queenston de la région d'Ottawa mais elle est inférieure à celle de plusieurs schistes employés dans la région de Toronto (85).

Les courbes d'absorption et de retrait de la figure 17 indiquent que ce matériau possède une zone de cuisson très étendue et qu'il devient dense à une température inférieure à 1000°C. Sur la même figure, on peut comparer ces courbes à celle du schiste de Queenston provenant de Georgetown (Ont.) (27). Ce dernier possède une teneur en carbonate qui est normale pour un schiste de Queenston, et ses courbes d'absorption et de retrait sont typiques. La zone de cuisson de l'échantillon de Georgetown (Q) est courte, une caractéristique que l'on rencontre chez plusieurs des schistes de Queenston de l'Ontario. Les deux échantillons repris à la figure 17 ont été soumis à l'extrusion sous vide. Ce traitement a probablement aidé à abaisser les températures de cuisson de l'échantillon de Sainte-Monique (Q), mais il n'en demeure pas moins qu'il atteint la cuisson complète à une température inférieure de 100 degrés environ à celle de l'échantillon de Georgetown (Q).

Bien qu'il n'est pas plastique, les courbes de l'ATD et de perte de poids de l'échantillon de Sainte-Monique (Q) indiquent qu'il renferme des quantités importantes d'eau adsorbée qui s'élimine rapidement aux environs de 150°C. La pointe très aiguë

sur la courbe de l'ATD aux environs de 580°C porte à croire que la déshydratation des minéraux argileux s'effectue dans une gamme de température plus étroite que celle du schiste de Queenston d'Ontario (27). La présence de la pointe que l'on trouve à 775°C, semble indiquer que cet échantillon renferme moins de carbonate que les schistes de la formation Queenston d'Ontario. Il renferme aussi une faible quantité de matière organique qui devrait se consumer facilement.

En atmosphère réductrice, l'échantillon de Sainte-Monique (Q) présente une courbe d'expansion semblable à celle de l'échantillon de Boischatel (U-L) et à celles des échantillons à forte teneur en chaux des schistes Queenston de la région de Toronto. L'inversion rapide du retrait en expansion signifie qu'il faut faire croître lentement la température aux environs de 860°C si l'atmosphère est réductrice. En atmosphère oxydante, le retrait se poursuit à partir de 800°C environ, mais sa vitesse est plus lente entre 900 et 975°C.

Comme pour l'échantillon de Delson (U), environ la moitié du pourcentage original de quartz demeure intact dans l'échantillon cuit (tableau 10) mais sa présence ne devrait causer aucune difficulté lors du refroidissement.

Laprairie (L)

Le schiste de Laprairie (L) manque complètement de plasticité (figure 8). Pour le rendre plus plastique en vue de la fabrication des produits par extrusion, il faut le broyer finement et lui ajouter un plastifiant. Ce schiste sert depuis plusieurs années à la fabrication de briques de parement pressées à sec.

Les courbes d'absorption et de retrait ressemblent à celles de l'échantillon de Lotbinière (U) et montre une courte zone de cuisson (figure 18).

D'après la courbe de l'ATD et l'analyse chimique (tableau 7), l'échantillon renferme moins de matière organique et de pyrite mais plus de carbonates que l'échantillon de Delson (U). La teneur en matières oxydables est suffisamment élevée pour produire du gonflement, à moins que la cuisson ne se fasse lentement pendant la période d'oxydation. D'une perte de poids totale de 5.75 p. 100, 3.20 p. 100 proviennent des minéraux argileux, 1 p. 100 des carbonates, et le reste de l'eau adsorbée et des matières oxydables. Le volume des gaz n'est pas aussi élevé que pour l'échantillon de Boischatel (U-L), mais il faut prévoir une bonne ventilation pour les éliminer.

Les courbes d'expansion thermique des échantillons non cuits de Laprairie (L) sont typiques des matériaux à forte teneur en chaux. Celle qui est obtenue en atmosphère réductrice indique qu'un gonflement s'est produit (ainsi qu'une expansion par suite d'une forte teneur en chaux) au-dessus de 875°C. Il serait probablement nécessaire d'accroître la température lentement au moment où les courbes indiquent une inversion de retrait en expansion.

La courbe d'expansion thermique de l'échantillon cuit indique qu'aucune difficulté ne devrait se présenter lors du refroidissement.

L'échantillon de Breckenridge (R) possède des propriétés à peu près semblables à celles de l'échantillon de Laprairie (L) (tableau 2) et de l'échantillon de Rockcliffe, Ottawa (27). Les

courbes de l'ATD (figure 2) dénotent que l'échantillon de Breckenridge (R) renferme moins de matières oxydables et de carbonates que l'échantillon de Laprairie (L), de sorte que le gonflement, l'apparition du noyau noir et l'élimination des gaz devraient causer moins de difficultés.

Scott Jonction

L'échantillon provenant de Scott Jonction n'est que modérément plastique pour une argile, mais il l'est plus que la majorité des schistes (figure 7). Il se prête facilement à l'extrusion comme c'est d'ordinaire le cas pour les argiles qui renferment une proportion importante de matières fines et non plastiques, mais le boudin peut manquer de résistance. La consistance réagit immédiatement à de légères variations de la teneur en eau. L'échantillon sèche bien, quoiqu'il présente au séchage un retrait assez prononcé. Cette argile sert à la fabrication de briques de parement et de blocs de charpente.

Les courbes de retrait et d'absorption (figure 19) indiquent que cette argile possède une zone de cuisson très courte, surtout si on veut l'employer à la fabrication de produits denses possédant une absorption inférieure à 8 p. 100. Son retrait à la cuisson est aussi très prononcé. Sa gamme de cuisson est plus courte que celle des échantillons de Laprairie (L) ou de Lotbinière (U), qui sont des schistes à courtes zones de cuisson mais dont les retraits ne sont pas aussi prononcés après qu'ils soient cuits au point de devenir denses. L'adjonction de sable ou d'autre argile plus réfractaire, ou encore de chamotte (dans cette publication, chamotte veut dire des agrégats préparés des produits d'argile

cuits, notamment des débris; ou une argile spécialement cuite pour être employée comme un dégraissant), allongerait probablement la gamme de cuisson et limiterait le retrait à la cuisson. La fabrication de produits comme des tuyaux de drainage et des blocs de charpente, où l'on peut permettre un plus fort pourcentage d'absorption, causerait moins de difficultés que la fabrication de briques. La courbe de la perte de poids présente plusieurs pointes aux environs de 600°C produites par la déshydratation des minéraux argileux et du mica. La perte de poids est très faible et le matériau renferme peu de matière oxydable ou de carbonates. En conséquence, l'élimination des gaz ne devrait présenter que peu de difficultés.

La courbe d'expansion thermique de l'échantillon non cuit obtenue en atmosphère légèrement réductrice ressemble à celle de Haney Brown (74), et rien n'indique qu'il pourrait se produire des fissures à la cuisson. La courbe obtenue en atmosphère oxydante est semblable, sauf que le petit palier aux environs de 875°C a disparu. On a trouvé les mêmes relations pour toutes les argiles ordinaires du Québec qui ont été étudiées. C'est pour cette raison que les courbes d'expansion thermique linéaire obtenues en atmosphère oxydante au dilatomètre Seger ne sont pas indiquées (figures 19 à 22).

L'expansion provoquée par le quartz est minime et devrait poser peu de difficultés lors du refroidissement.

East Angus

La courbe de consistance de figure 7 indique qu'il s'agit d'une argile assez plastique. La pointe est modérément aiguë,

indiquant que la consistance réagira à de faibles variations de la teneur en eau. Les caractéristiques de séchage sont satisfaisantes. Ce matériau sert à la fabrication de briques de parement et de blocs de charpente.

Les courbes d'absorption et de retrait (figure 20) indiquent que ce matériau possède une courte zone de cuisson semblable à celle des échantillons de Laprairie (L) et de Lotbinière (U). Cependant, le retrait à la cuisson est très prononcé aux températures nécessaires pour l'obtention des produits denses et durs. L'addition de certains matériaux comme du sable limiterait le retrait à la cuisson et allongerait la zone de cuisson. La fabrication de tuyaux de drainage et de blocs de charpente serait beaucoup plus facile que la cuisson de briques de parement.

Les courbes de l'ATD des échantillons d'East Angus et de Scott Jonction se ressemblent un peu, quoique celle de Scott Jonction présente une pointe plus marquée, due à la calcite à 760°C, que l'échantillon d'East Angus. Ces courbes, comme c'est le cas pour plusieurs argiles du Québec, présentent des pointes très petites et mal définies.

La courbe de perte de poids indique un dégagement rapide de gaz à partir des matières oxydables à 300°C et aussi lors de la déshydratation, à 600°C environ, d'au moins deux minéraux argileux.

Les courbes d'expansion thermique, qui ressemblent à celles de l'échantillon de Scott Jonction, indiquent qu'il ne devrait pas y avoir danger de fissures au cours de la cuisson ou du refroidissement.

Laprairie (Argile)

La courbe de consistance de la figure 7 indique qu'il s'agit d'une argile extrêmement plastique. La consistance excède une torsion de 2,000 "mètres-grammes". Étant donné sa nature très plastique, cette argile se fissure fortement au séchage rapide et son retrait au séchage est très élevé. À cause de ces facteurs, il serait très difficile de l'utiliser seule à la fabrication de produits céramiques. Il faut utiliser une bonne quantité de sable ou de chamotte pour réduire le retrait et améliorer le séchage; même alors, il se pourrait qu'il soit impossible d'en obtenir une pâte convenable. Une argile de ce genre sert surtout d'additif plastique aux schistes non plastiques. Ses propriétés avant cuisson sont typiques des argiles à grain fin déposées par la mer de Champlain au Québec et en Ontario.

Les courbes de retrait et d'absorption de la figure 21 indiquent une zone de cuisson très courte et un très fort retrait aux températures nécessaires pour obtenir des produits denses et durs. Vu la difficulté de séchage et sa courte zone de cuisson, on ne peut employer cette argile de façon satisfaisante à la fabrication de produits céramiques à moins d'y ajouter un matériau non plastique plus réfractaire, tel que la chamotte.

Les caractéristiques d'expansion thermique ressemblent à celles de l'échantillon de Scott Junction.

Les échantillons de Saint-Jean et de Lakeside sont d'autres argiles qui ont des compositions et des propriétés semblables.

Mistassini

La courbe de consistance à pointe bien définie de cet échantillon (figure 7) indique qu'il s'agit d'un matériau vaseux très sensible aux additions d'eau. Les argiles de ce genre peuvent être soumises à l'extrusion mais il est difficile d'en filer un boudin de consistance uniforme. L'échantillon se fissure au séchage rapide et, comme pour la plupart des argiles, il possède un fort retrait de séchage. Le matériau a servi à la fabrication de briques, de tuyaux de drainage et de blocs de charpente. La courbe de plasticité ressemble à celle de l'échantillon de Bracebridge (85) en Ontario dont les caractéristiques de plasticité se modifient immédiatement en présence d'électrolytes. Il est possible que l'échantillon de Mistassini réagisse à peu près de la même façon.

La zone de cuisson de l'échantillon de Mistassini est très courte (figure 22), étant sensiblement la même que celle de l'échantillon de Scott Junction. Le retrait à la cuisson est très élevé aux températures nécessaires pour obtenir un produit dense et le matériau est semblable à cet égard aux échantillons d'East Angus et de Laprairie (argile). Ces facteurs rendent très difficile l'obtention de produits denses et durs à moins que l'on ajoute du sable, ou autre matériau de ce genre, pour allonger la zone de cuisson et limiter le retrait à la cuisson. Cependant, si l'on considère la teneur en quartz de l'échantillon avant la cuisson (environ 13 p. 100 - tableau 10), il existerait une limite à la quantité que l'on peut ajouter sans nuire aux propriétés de plasticité et de refroidissement. Il serait préférable d'utiliser le

matériau à la fabrication de produits poreux, comme les tuyaux de drainage et les blocs de charpente.

Les courbes de l'ATD et de la perte de poids ressemblent à celles de l'échantillon de Bracebridge et indiquent que leur composition est à peu près identique. Ce sont deux matériaux non calcareux pauvres en minéraux argileux. L'échantillon de Bracebridge renferme plus d'eau adsorbée que celui de Mistassini et présente un problème plus aigu de réhydratation.

Les courbes d'expansion thermique des échantillons cuits et non cuits de Mistassini sont semblables à celles de l'échantillon de Bracebridge et, dans des conditions normales, il ne devrait pas se produire de fissures, ni au cours de la cuisson ni lors du refroidissement.

Brébeuf

L'échantillon de Brébeuf est une roche kaolinisée composée d'environ 50 p. 100 de kaolin et de 50 p. 100 de quartz. Quoique le kaolin donne une plasticité acceptable à la pâte, le matériau est très difficile à vitrifier, à cause de sa composition; les courbes d'absorption et de retrait (figure 23) sont différentes de celles des autres échantillons. Par conséquent, si on veut l'employer à la fabrication de produits réfractaires, il faut y ajouter une argile plastique et réfractaire capable de se vitrifier facilement. Si l'argile est séparée du quartz grossier, elle prend à la cuisson une couleur chamois.

La courbe de l'ATD est typique du groupe des argiles à kaolin et possède des pointes bien définies à 600 et 960°C. La courbe de perte de poids (figure 10) est caractéristique de la

kaolinite. Elle indique une perte rapide de l'eau adsorbée aux environs de 200°C (qui n'apparaît pas sur la courbe de l'ATD, à cause de la faible sensibilité de l'amplificateur réglé à 40) et une perte très rapide de la vapeur d'eau à 600°C. De petits épaulements sur cette courbe aux températures supérieures à 600°C indiquent que des réactions mineures se produisent. La perte provenant de la déshydratation du kaolin est d'environ 5.75 p. 100, de sorte qu'à 600°C il faut prévoir une bonne ventilation pour éliminer la vapeur d'eau.

La courbe d'expansion thermique de l'échantillon non cuit ressemble à celle de Cactus Hills Sandy Fire Clay (74) en Saskatchewan. La courbe monte en pointe aiguë à 600°C, pour accuser ensuite un retrait, rapide d'abord et beaucoup plus lent ensuite jusqu'à 900°C, où le taux de retrait recommence à augmenter.

La courbe d'expansion thermique de l'échantillon cuit indique que la teneur en quartz est suffisante (environ 42 p. 100 - tableau 10) pour produire des fissures lors du refroidissement, ainsi qu'une petite expansion à 200°C qui provient d'une petite quantité de cristobalite.

EFFET DE LA MÉTHODE DE MOULAGE SUR L'EXPANSION THERMIQUE DES ÉCHANTILLONS NON SOUMIS À LA CUISSON

Dans les figures 11 à 18, on voit que l'atmosphère peut exercer ou non une influence sur l'expansion thermique des échantillons de schiste non soumis à la cuisson. La méthode de façonnage est un autre facteur qui exerce une influence sur l'expansion thermique. Dans les figures 11 à 23, tous les échantillons soumis à l'épreuve de l'expansion thermique ont été moulés à la main afin

d'éviter les effets provenant de l'orientation des particules. La figure 24 donne les courbes d'expansion thermique en atmosphère réductrice et oxydante pour des échantillons (non cuits) de Lauzon (Q.G.), moulés à la main, pressés isostatiquement et étirés sous vide.

En atmosphère réductrice, les échantillons moulés à la main et ceux qui sont pressés isostatiquement présentent une inversion de retrait en expansion aux environs de 925°C, tandis que l'échantillon étiré sous vide continue à se contracter au-delà de cette température. Ce dernier présente aussi une forte expansion initiale, indiquant qu'il existe une certaine orientation des particules micacées.

En atmosphère oxydante, toutes les courbes se ressemblent (figure 24) et, après l'expansion initiale, elles indiquent que le retrait se poursuit au-delà de 1000°C. L'échantillon étiré sous vide présente le taux de retrait le plus élevé et l'échantillon moulé à la main, le moins élevé. La large pointe évasée entre 650 et 900°C est typique du lent taux de chauffage du dilatomètre Seger.

Il est intéressant de remarquer que l'échantillon de Sainte-Monique (Q) étiré sous vide se comporte en atmosphère réductrice (qui n'apparaît sur aucune des figures) de la même façon que l'échantillon de Lauzon (Q.G.) étiré sous vide, toutes autres conditions étant semblables. Dans le cas de l'échantillon de Lauzon (Q.G.), il semble que les produits les plus denses formés par étirage sous vide (2.25 g/cm^3) n'ont pas tendance à prendre l'expansion (ou à se gonfler) aux environs de 900°C, comme le font

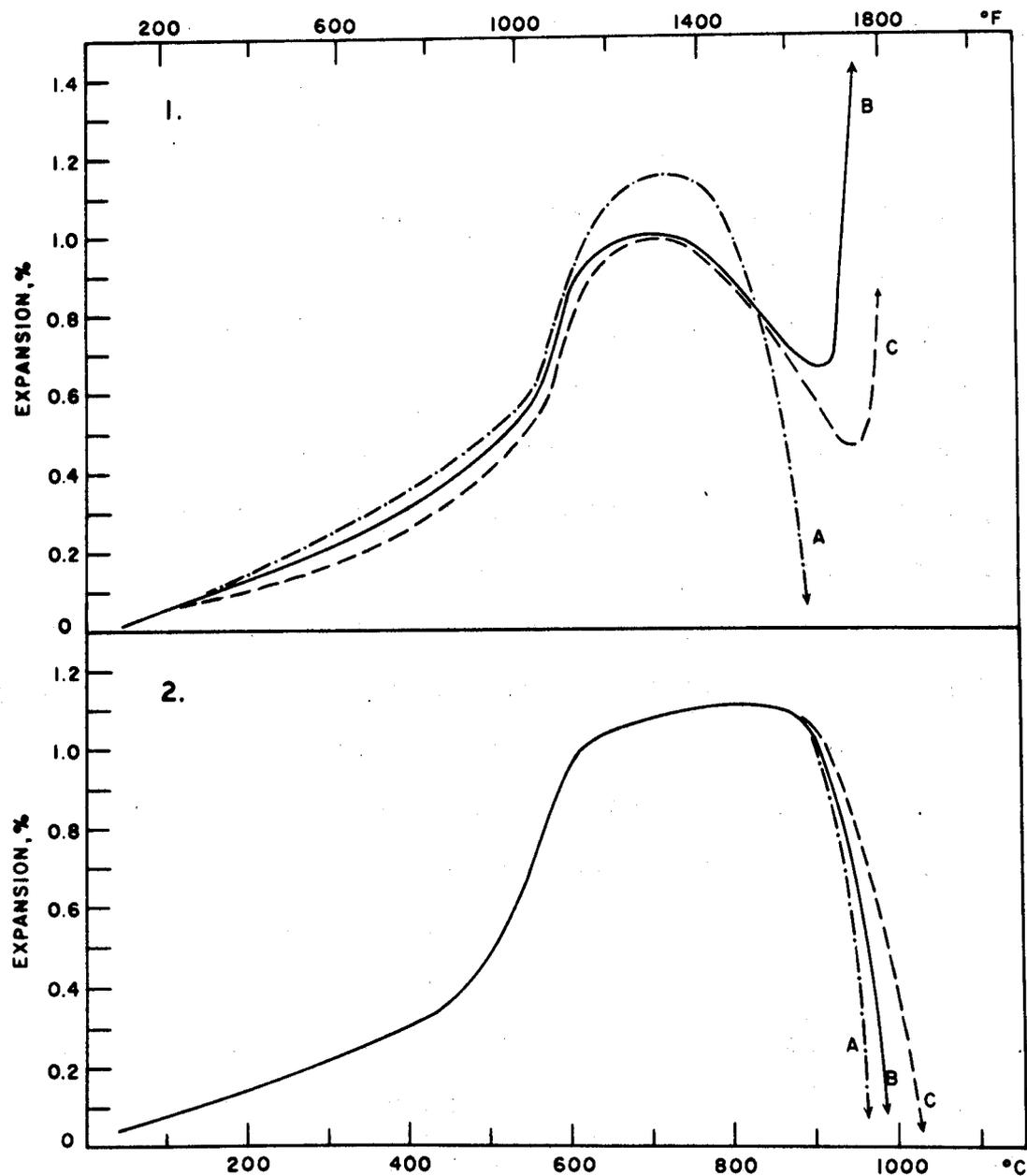


Figure 24. Effet de la méthode de façonnage sur l'expansion thermique de Lauzon (Q. G.) en (1) atmosphère réductrice, (2) atmosphère oxydante.

- A. Extrusion
- B. Moulage à la main
- C. Compression isostatique.

les échantillons moins denses pressés isostatiquement (2.18 g/cm^3) ou les échantillons moulés à la main (2.04 g/cm^3). Les matériaux à forte teneur en chaux semblent faire exception à cet état de chose.

Quoique les courbes ne soient pas reproduites ici, on a trouvé que les échantillons de Lotbinière (U) moulés à la main et pressés isostatiquement donnent, en atmosphère réductrice, des courbes d'expansion thermique semblables et présentent une inversion de retrait en expansion aux environs de 875°C . Cependant, les courbes de l'échantillon de Lotbinière (U) obtenues en atmosphère oxydante sont différentes. L'échantillon moulé à la main prend d'abord de l'expansion et continue ensuite à se contracter comme le fait l'échantillon de Lauzon. L'échantillon pressé isostatiquement recommence à prendre très rapidement de l'expansion aux environs de 850°C . Aucun essai n'a été fait sur les échantillons de Lotbinière (U) soumis à l'extrusion.

Quoiqu'il existe peu de données, il résulte de ce qui précède que la méthode de façonnage exerce une influence sur l'expansion thermique dans les conditions auxquelles ont été faits les essais de laboratoire. D'autres travaux devront être effectués sur la structure des échantillons qui ont semblés gonfler et sur la densité initiale des éprouvettes.

SOMMAIRE DES EFFETS DE LA COMPOSITION MINÉRALOGIQUE SUR LES PROPRIÉTÉS DES ARGILES ET SCHISTES À CÉRAMIQUE DU QUÉBEC

L'effet d'un minéral constituant sur les propriétés d'une argile ou d'un schiste peut dépendre de plusieurs facteurs tels que: sa composition, son abondance, sa capacité d'échange de cations, ses ions échangeables, et les conditions au séchage et à la cuisson. Grim (77), Brady et Dean (27,28), Brady (79) et plusieurs autres ont étudié cette question et le présent rapport a déjà mentionné l'effet de quelques minéraux constituants.

Les montmorillonoides, et les systèmes à couches mixtes dans lesquels on les trouve, exercent une grande influence sur la plasticité, et les argiles qui les renferment présentent habituellement de forts retraits au séchage et sont difficiles à sécher. La chlorite, l'illite et les kaolins, de façon générale, sont moins plastiques, mais ils peuvent aussi l'être à un haut degré si leurs particules sont très petites. Un système à couches mixtes a tendance à être plus plastique que les phases minérales individuelles qui le constituent (Grim 77). L'effet sur la plasticité de la vermiculite à granulométrie semblable à celle de l'argile n'a pas été étudié à fond.

Les schistes sont habituellement consolidés, si bien que les minéraux argileux ont peu de chance d'exercer toute leur influence sur la plasticité. Les schistes du groupe de Québec et quelques-uns des basses terres du Saint-Laurent renferment une forte proportion de minéraux argileux. Par conséquent, les plus tendres peuvent être aisément plastifiés, en particulier ceux de Mont-Joli (Q.G.), Saint-Apollinaire (Q.G.), Île d'Orléans (Q.G.),

Lotbinière (U) et Saint-Grégoire (Q), qui contiennent tous de fortes proportions de systèmes à couches mixtes comprenant les phases expansibles. Au contraire, les échantillons moins plastiques, comme ceux de Sainte-Monique (Q), de Delson (U), de Breckenridge (R) et de Laprairie (L), sont déficients ou entièrement dépourvus de ces systèmes, de sorte qu'il faut les soumettre à un traitement spécial pour les rendre plastiques (Bell, 80).

Les argiles ordinaires peu consolidées peuvent être facilement plastifiées mais, de façon générale, elles ne sont pas aussi plastiques et adhérentes que certaines argiles des Prairies. Plusieurs échantillons renferment de petites quantités de minéraux argileux (l'échantillon de Saint-Alphonse constitue une exception bien marquée) et une forte proportion de minéraux non argileux comme le feldspath et le quartz. Cette composition affecte négativement la plasticité et dans les cas extrêmes, où de fortes proportions de matériaux non plastiques sont présentes, les argiles réagissent très rapidement à l'addition de petites quantités d'eau dès qu'elles se trouvent à l'état de plasticité ferme. Avec des argiles de ce genre, il est difficile d'étirer un boudin uniformément solide.

Vu que l'on ne connaît pas les proportions exactes de chacun des minéraux argileux constituant l'échantillon, on ne peut tirer que des conclusions générales de l'effet que ces minéraux argileux peuvent exercer sur les propriétés de séchage des argiles ordinaires. Les échantillons classifiés parmi les argiles de lacs glaciaires (Scott Junction, Ville Saint-Georges, Disraëli, Deschailons, East Angus, Clerval et Rouyn) se comportent tous de

façon adéquat au séchage, sauf celui de Clerval. Les argiles classifiées parmi les argiles marines (Victoriaville, Saint-Jean, Laprairie (argile), Lakeside et Mistassini) se fissurent au séchage. La comparaison des compositions des échantillons mentionnés ci-dessus (tableau 8) et de leur propriétés (tableaux 3, 4 et 5) montre que les argiles ayant un faible rapport chlorite/illite, et des quantités appréciables a) de systèmes à couches mixtes avec phases expansibles, b) de montmorillonoides, ou c) de vermiculite, présentent de forts retraits au séchage et sont difficiles à sécher. Parmi les autres argiles, celles de Varennes, de Douglastown et de Saint-Alphonse sont difficiles à sécher; elles renferment de la vermiculite (les deux dernières comportent aussi des quantités appréciables de systèmes à couches mixtes. On peut donc en conclure que la vermiculite nuit au séchage. Les échantillons d'Estcourt, de Cowansville et de L'Assomption sèchent bien et leur composition en minéraux argileux se conforme aux généralités déjà exprimées. Par contre, les échantillons de Buckingham, de Sainte-Scholastique, de Sept-Îles et de Soulanges sèchent bien, alors que d'après leur composition on pourrait s'attendre à des fissures.

Sauf les échantillons de Schefferville et de Labelle, les échantillons à forte teneur en minéraux kaoliniques provenant du Bouclier canadien renferment une très forte proportion de constituants non plastiques. Cependant, la petite quantité de kaolin qu'ils renferment leur donne une assez bonne plasticité. L'échantillon de Schefferville contient environ 70 p. 100 de kaolin, ce qui le rend très plastique et adhérent.

La structure cristalline de la chlorite, de l'illite, des montmorillonoides, de la vermiculite et des systèmes à couches mixtes des argiles et schistes ordinaires du Québec se déshydrate entre 450 et 700°C lors de l'expulsion d'une petite quantité de vapeur d'eau. La vapeur d'eau serait assez facile à éliminer par une ventilation modérée (comparativement aux argiles kaoliniques) et dans la plupart des cas il ne devrait pas se produire d'effondrement ou d'encrassement des produits dans les fours.

Quelques-unes des argiles (Varenes et Lakeside, par exemple) et quelques schistes du groupe de Québec renferment des minéraux argileux comme les montmorillonoides, la vermiculite, et les systèmes à couches mixtes avec phases expansibles, qui possèdent une quantité substantielle d'eau adsorbée. Les échantillons de ce genre, surtout les argiles, peuvent être sujets à recapter l'humidité après le séchage. Dans certaines conditions, cette propriété peut conduire à la décoloration ou au bris des produits durant les premières étapes de la cuisson si les échantillons avaient été mal séchés ou si on les a laissés se rehumidifier au refroidissement.

La plupart des argiles à kaolin sont réfractaires parce que leur principaux constituants chimiques sont la silice et l'alumine. L'échantillon de Schefferville renferme en plus un minéral alumineux réfractaire - la gibbsite. L'échantillon de Château-Richer présente une température de fusion assez basse, parce qu'il renferme une très grande quantité de plagioclase (un feldspath). Les propriétés réfractaires de l'échantillon de Labelle sont abaissées par sa forte teneur en fer (tableau 7). L'échantillon

de Château-Richer a déjà été étudié par Bell (81,82) et celui de Schefferville par Brady et Buchanan (83).

L'illite, la chlorite, la montmorillonite et la vermiculite -- de même que les systèmes à couches mixtes qui les renferment -- ne sont pas réfractaires, parce qu'ils contiennent du fer, des alcalis et (ou) des terres alcalines en plus de la silice et de l'alumine. Ainsi, les propriétés réfractaires des argiles et schistes ordinaires se trouvent limités par leur teneur en minéraux argileux et aussi leur teneur en éléments fondants, comme le feldspath, la dolomie, la calcite et les minéraux de fer. Les schistes du groupe de Québec sont plus réfractaires que ceux des basses terres du Saint-Laurent et des argiles ordinaires parce qu'ils renferment une plus forte proportion de minéraux argileux et une plus faible quantité d'éléments fondants. Néanmoins, ils se vitrifient à des températures relativement basses.

Le quartz est un matériau réfractaire, non plastique, que l'on trouve en quantités modérées dans les argiles et les schistes ordinaires et en très fortes quantités dans quelques-uns des échantillons à forte teneur en kaolin. La présence de ce minéral est souhaitable jusqu'à une proportion d'environ 25 p. 100. Vu qu'il n'est pas plastique il favorise le séchage, mais en grande quantité il nuit à la plasticité. Il donne de la résistance, de la tenacité et de la dureté au produit cuit, et il sert quelquefois d'additif pour élargir la zone de cuisson. Durant la cuisson, le quartz aide à garder le produit poreux, ce qui permet aux gaz de s'échapper. Il subit un rapide changement de dimension à 573°C et, de ce fait, en trop fortes proportions il peut occasionner des

fissures à la cuisson et surtout lors du refroidissement. De plus, les matériaux, comme les argiles à forte teneur en kaolin, renfermant de larges quantités de quartz sont difficiles à vitrifier.

Le plagioclase (un feldspath) et, dans une moindre mesure, le feldspath potassique sont les principaux fondants que l'on trouve dans les argiles et schistes communs du Québec. Comme le quartz, le feldspath facilite le séchage mais il nuit à la plasticité s'il est présent en trop grande quantité. Il réagit vigoureusement sur les minéraux argileux, le quartz et les autres constituants aux températures de cuisson élevées. Le feldspath est le principal constituant d'un grand nombre des argiles ordinaires et il est responsable de leur courte zone de cuisson et de leur fort retrait à la cuisson aux températures nécessaires pour l'obtention des produits denses et durs.

On trouve de la dolomie et de la calcite, habituellement en petites quantités, dans les échantillons du groupe de Québec. Elles sont, en grandes quantités, ordinairement nuisibles, parce qu'elles limitent la plasticité, émettent un fort volume de gaz et, étant des fondants actifs, elles entraînent de courtes zones de cuisson des argiles et schistes ordinaires. La courte zone de cuisson de l'échantillon de Boischatel (U-L) provient de la présence de ces minéraux. De façon générale, si l'on ajoute de la calcite et de la dolomie à une argile devenant rouge à la cuisson, sa porosité augmente, le retrait et la dureté décroissent, et la couleur passe de rouge à chamois. Ces minéraux peuvent causer des fissures à la cuisson parce que certains minéraux calcaireux présentent une inversion rapide de leur courbe d'expansion

entre 775 et 900°C environ. La couleur chamois que prennent à la cuisson les argiles qui renferment de la dolomie et de la calcite est habituellement très sensible à l'atmosphère du four (Bell, 84). Les produits d'argile fabriqués à l'aide de matériaux calcaireux peuvent être sujets à l'encrassement et à l'efflorescence.

La plupart des schistes des basses terres du Saint-Laurent renferment de la pyrite et des matières organiques. Ces substances, surtout quand elles sont réunies, peuvent causer un gonflement ou encore la formation d'un noyau noir du produit final à moins qu'on ne prévoit une longue période d'oxydation au cours de la cuisson. Les anhydrides sulfureux et sulfuriques provenant de la pyrite doivent être éliminés par une bonne ventilation, sinon ils pourraient causer de l'encrassement et de l'efflorescence. On trouve des matières organiques, habituellement en faibles quantités, dans tous les échantillons.

Les minéraux comme l'anatase, le rutile, l'amphibole et les plaquettes de mica peuvent exister en quantités minimales dans les argiles et schistes ordinaires et ils ont peu d'influence sur leurs propriétés. Ils peuvent cependant être nuisibles aux argiles kaoliniques.

Le fer associé aux minéraux argileux et les minerais de fer comme par exemple l'hématite et la pyrite, donnent, à la cuisson en atmosphère oxydante, aux argiles et aux schistes une couleur rouge.

CONCLUSIONS

Les schistes du Québec sont des matériaux hétérogènes de plasticité moyenne à faible. Cuits à de basses températures, la plupart d'entre eux prennent une couleur saumon à brun pâle,

tandis qu'ils deviennent rouge foncé à brun rougeâtre lorsqu'ils sont cuits à de plus hautes températures. En certains endroits des basses terres du Saint-Laurent, les schistes sont très calcaireux, ont une courte gamme de cuisson et prennent à la cuisson de différentes nuances des couleurs crème ou chamois. De façon générale, leur zone de cuisson est suffisamment étendue pour permettre la fabrication de produits denses comme la brique de parement, surtout dans le cas des échantillons du groupe de Québec. Les schistes des basses terres du Saint-Laurent (Lorraine, Utica, Queenston et Rockcliffe) possèdent un RP très bas d'environ 01 à 6, tandis que ceux du groupe de Québec présentent un RP de 14 à 16. En plus d'être plus réfractaires, les schistes du groupe de Québec sont habituellement plus plastiques que ceux des basses terres du Saint-Laurent et, en conséquence, quelques-uns d'entre eux pourraient servir à la fabrication de tuyaux d'égout. Tous ces schistes peuvent servir à la fabrication de blocs de charpente et de tuyaux de drainage, à condition qu'ils puissent être soumis à l'extrusion.

La plupart des argiles de surface du Québec sont des matériaux ordinaires, à point de fusion peu élevé, dont le RP s'échelonne entre 01 et 8. Comme les schistes, elles prennent à la cuisson une couleur saumon à brun clair aux basses températures, et rouge aux températures plus élevées, à l'exception de quelques échantillons très calcaireux qui prennent à la cuisson une couleur plus claire. Plusieurs des échantillons ont des zones de cuisson trop courtes pour servir à la production de produits denses. En conséquence, la plupart des argiles ne conviennent qu'à la

fabrication de briques ordinaires, de tuyaux de drainage et de blocs de charpente à condition qu'elles puissent être soumises à l'extrusion et être séchées de façon satisfaisante.

Les argiles à forte teneur en kaolin que l'on trouve dans le Bouclier canadien sont d'ordinaire impropres à la céramique à moins d'être enrichies, parce qu'elles renferment trop de minéraux non argileux comme le quartz ou le feldspath. Plusieurs d'entre elles sont aussi contaminées par des minéraux ferrifères. L'enrichissement est difficile à réaliser, surtout si l'on désire obtenir un kaolin de bonne qualité. Dans certains cas, les gisements sont de peu d'importance ou leur composition est variable.

Les schistes des basses terres du Saint-Laurent sont composés surtout d'illite, de quartz, de chlorite, de plagioclase, et de systèmes à couches mixtes constitués d'illite avec phase expansible et de quantités variables mais souvent importantes de dolomie et de calcite. Les échantillons du groupe de Québec renferment une forte proportion des mêmes minéraux argileux que l'on trouve dans les schistes des basses terres du Saint-Laurent mais ils comportent moins de minéraux non argileux (surtout le quartz et le feldspath). La majeure partie de la chlorite présente dans les schistes du groupe de Québec est peut-être de la septechlorite. L'anatase et l'hématite peuvent se trouver dans les deux groupes, tandis que la pyrite est un constituant de peu d'importance des schistes des basses terres du Saint-Laurent.

Les argiles communes ont une composition plus variable que celle des schistes. Leurs minéraux argileux sont la chlorite,

l'illite, les montmorillonoides, la vermiculite et les systèmes à couches mixtes contenant ces minéraux. Elles contiennent de nombreux constituants non argileux qui sont, par ordre décroissant d'importance, le plagioclase, le quartz, le feldspath potassique, parfois les carbonates et l'amphibole.

Le traitement des argiles et schistes ordinaires du Québec suscite de nombreuses difficultés à cause de leur nature hétérogène. Les schistes du groupe de Québec sont les moins hétérogènes et sont aussi ceux qui se traitent le mieux.

La nature réfractaire des schistes des basses terres du Saint-Laurent et des argiles ordinaires est faible à cause de la grande quantité de fondants et de différents types de minéraux argileux qu'ils renferment. Quoique les schistes du groupe de Québec contiennent les mêmes minéraux argileux, ils sont plus réfractaires parce qu'ils renferment moins de fondants. Les échantillons composés de kaolin et de minéraux quartzeux sont par le fait même réfractaires.

Quelques-uns des schistes non plastiques exigent un broyage fin, un additif pour accroître leur plasticité et doivent être mélangés longuement avec de l'eau avant qu'on ne les soumette à l'extrusion. Les argiles ordinaires faiblement consolidées peuvent être aisément plastifiées bien que, de façon générale, elles ne soient pas aussi plastiques et adhérentes que plusieurs des argiles et schistes tendres des Prairies. Certaines argiles ordinaires renferment beaucoup de constituants non plastiques, comme le quartz et le feldspath, qui les rendent sensibles à l'addition de faibles quantités d'eau lorsqu'elles sont à l'état

de plasticité ferme. L'étude de leurs propriétés de séchage montre que les argiles qui possèdent un faible rapport chlorite-illite, et qui contiennent des quantités importantes de systèmes à couches mixtes, de montmorillonoides et de vermiculite, présentent un fort retrait au séchage et sont difficiles à sécher. Les échantillons à forte teneur en kaolin renferment habituellement peu de minéraux argileux, mais le kaolin les rend assez plastiques.

Les principaux constituants non plastiques exercent une influence considérable sur d'autres propriétés que la plasticité. De façon générale, les argiles et schistes ordinaires du Québec renferment une quantité modérée de quartz qui facilite le séchage et augmente la ténacité, la résistance et la dureté du produit cuit. Le feldspath agit comme fondant dans ces matériaux et, parce qu'il est un constituant important de plusieurs des argiles ordinaires, celles-ci présentent de forts retraits au séchage et possèdent de courtes zones de cuisson aux températures nécessaires pour obtenir des produits denses et durs.

Les schistes des basses terres du Saint-Laurent renferment habituellement de la pyrite, de la matière organique, de la dolomie et de la calcite qui peuvent toutes causer des difficultés. La pyrite et la matière organique peuvent être la cause du gonflement ou de la formation du noyau noir, à moins qu'on ne prévoit une période prolongée d'oxydation lors de la cuisson. Lorsque la dolomie et la calcite sont présentes en quantités importantes, elles émettent un fort volume de gaz (CO_2), réduisent le retrait à la cuisson, abrègent la zone de cuisson, nuisent à la dureté et augmentent l'absorption. La pyrite, la dolomie et la calcite

peuvent occasionner de l'encrassement et de l'efflorescence.

La composition, l'atmosphère et la méthode de façonnage exercent une influence sur l'expansion thermique des schistes et des argiles au cours de la cuisson. L'effet de l'atmosphère dépend de la composition des matériaux et il constitue un facteur important pour les schistes des groupes Lorraine et Utica des basses terres du Saint-Laurent qui renferment de la pyrite, de la matière organique et des carbonates. Des fissures peuvent apparaître, lors de la cuisson, dans les matériaux à forte teneur en chaux, tandis que les matériaux à forte teneur en pyrite et en matières organiques peuvent gonfler ou se fissurer en atmosphère réductrice. La plupart des schistes et des argiles ordinaires ont une teneur en quartz modérée à faible; ceci ne devrait pas causer de fissures lors du refroidissement.

On a attribué une grande importance à la plasticité des échantillons parce qu'à l'heure actuelle les produits à base d'argile, fabriqués à partir des argiles et des schistes ordinaires, sont soumis à l'extrusion. Quelques-uns des schistes non plastiques servent à la fabrication de briques par pressage à sec. Il se peut qu'on adopte à l'avenir des procédés comme le pressage isostatique des tuyaux d'égout et l'emploi d'une plus grande proportion de chamotte dans la fabrication de produits à base d'argile. L'utilisation de ces nouveaux procédés et de nouvelles combinaisons de matériaux bruts permettra peut-être de surmonter ou d'éliminer quelques-unes des difficultés qui se présentent actuellement lors du traitement.

REMERCIEMENTS

Les auteurs veulent exprimer leur gratitude à MM. R. M. Buchanan et C. H. Childe, de la Section de la minéralogie des minéraux, pour leur contribution aux recherches sur la diffraction des rayons X. M. Buchanan a aussi interprété les résultats obtenus des échantillons après cuisson.

Les auteurs remercient tout particulièrement M. L. K. Zemgals pour ses travaux sur les analyses thermiques différentielles, les analyses thermogravimétriques et d'expansion thermique, la préparation des graphiques et la détermination de plusieurs propriétés céramiques. Ils expriment de même leur reconnaissance à MM. H. Mercier et G. A. Miller qui ont déterminé les propriétés de quelques-uns des échantillons. L'aide de M. K. E. Bell a été fort précieuse dans l'interprétation de quelques-unes des données.

Ils veulent signaler aussi les nombreux travaux d'analyse chimique effectués dans les laboratoires analytiques de la Division des sciences minérales par MM. D. J. Charette, R.R. Craig, J.C. Hole, Mlles E. Mark et L. M. McCorriston.

Ils remercient les docteurs V. K. Prest, W. H. Poole et N. R. Gadd de la Commission géologique du Canada pour les conseils qu'ils leur ont prodigués sur la géologie du Québec et pour leur avoir indiqué l'origine de quelques-uns des échantillons.

Ils veulent enfin exprimer leur reconnaissance à M. P.-E. Shannon, rédacteur à la Direction des mines, qui a travaillé à ce rapport; au Bureau de traduction du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, pour l'excellente traduction française du texte anglais; et à MM. L. K. Zemgals, H. Mercier et D. Karpoff pour leur contribution dans la composition finale de la version française du rapport.

BIBLIOGRAPHIE

1. J. Keele, "Rapport préliminaire sur les dépôts d'argile et de schistes de la province de Québec", Mémoire 64, Commission géologique, ministère des Mines, Ottawa (1916). (See No. 2 for English edition.)
2. J. Keele, "Preliminary Report on the Clay and Shale Deposits of the Province of Quebec", Memoir 64, Geological Survey, Canada Department of Mines, Ottawa (1915). (Voir n° 1 pour l'édition française.)
3. J. Keele, "Recherches faites sur le terrain sur les ressources en argile et en schistes: produits de kaolin", Rapport sommaire 455 pour l'année 1916, Division des mines, ministère des Mines, Ottawa, pp. 110-112 (1917). (See No. 4 for English edition.)
4. J. Keele, "Field Investigations of Clay and Shale Resources - Kaolin Products", Summary Report 454 for 1916, Mines Branch, Canada Department of Mines, Ottawa, 105-108 (1917). (Voir n° 3 pour l'édition française.)
5. J. Keele, "Le kaolin dans la vallée de la Gatineau, Québec", Rapport sommaire 543 pour l'année 1919, Division des mines, ministère des Mines, Ottawa (1921). (See No. 6 for English edition.)
6. J. Keele, "Kaolin in the Gatineau Valley, Quebec", Summary Report 542 for 1919, Mines Branch, Department of Mines, Ottawa, 108-109 (1920). (Voir n° 5 pour l'édition française.)
7. J. Keele et L.H. Cole, "Rapport sur les matériaux de construction le long du fleuve St-Laurent, entre Prescott (Ont.) et Lachine (Qué.)", Rapport 550, Division des mines, ministère des Mines, Ottawa (1924). (See No. 8 for English edition.)
8. J. Keele and L.H. Cole, "Report on Structural Materials along the St. Lawrence River, between Prescott, Ont., and Lachine, Que.", Mines Branch Report 549, Department of Mines, Ottawa (1922). (Voir n° 7 pour l'édition française.)
9. M.E. Wilson, "Géologie et gisements minéraux d'une partie du canton d'Amherst (Québec)", Mémoire 113, Commission géologique, ministère des Mines, Ottawa (1920). (See No. 10 for English edition.)
10. M.E. Wilson, "Geology and Mineral Deposits of a Part of Amherst Township, Quebec", Memoir 113, Geological Survey, Department of Mines, Ottawa (1919). (Voir n° 9 pour l'édition française.)

11. "Opérations minières dans la province de Québec, 1922" (publié en 1923), kaolin (11 pages), ministère des Mines, Québec. (See No. 12 for English edition.)
12. "Report of Mining Operations in the Province of Quebec during the year 1922" (published 1923), kaolin (11 pages), Quebec Department of Mines. (Voir n° 11 pour l'édition française.)
13. R. K. Carnochan, "The Washing of China Clay from St. Remi, Quebec", Mines Branch Report 711, Department of Mines, Ottawa, 103-110 (1930).
14. R. K. Carnochan and R. A. Rogers, "Experimental Tests on Quartz and China Clay from Lac Remi, Quebec", Mines Branch Report 736, Department of Mines, Ottawa, 240-243 (1934).
15. W. M. Goodwin, "Canadian Kaolin Silica Products Limited", Canadian Mining Journal, Oct. 1933, pp. 377-380.
16. J. F. McMahon, "Roofing-tile Clays and Shales of Eastern Canada", Mines Branch Report 726, Department of Mines, Ottawa, 37-66 (1933).
17. J. G. Phillips, "Improving the Properties of Clays and Shales", Mines and Geology Branch Report 793, Department of Mines and Resources, Ottawa (1938).
18. J. G. Phillips, "Clays and Shales of Eastern Canada", Industrial Minerals Information Circular IM-3, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1956).
19. H. S. Wilson, "Rapport préliminaire traitant d'un agrégat enrobé et léger à béton, fait d'argiles et de schistes canadiens: partie V, Québec", Division des mines, Série des mémoires, n° 126F, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (1954). (See No. 20 for English edition.)
20. H. S. Wilson, "Preliminary Report on Coated Lightweight Concrete Aggregate from Canadian Clays and Shales: Part V, Quebec", Mines Branch Memorandum Series No. 126, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1953). (Voir n° 19 pour l'édition française.)
21. H. S. Wilson, "Agrégats légers à béton provenant d'argiles et de schistes argileux du Québec", Direction des mines, Bulletin technique TB 48, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (1963). (See No. 22 for English edition.)

22. H. S. Wilson, "Lightweight Concrete Aggregates from Clays and Shales in Quebec", Mines Branch Technical Bulletin TB 48, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1963). (Voir n° 21 pour l'édition française.)
23. J. G. Brady, "Physical Properties and Differential Thermal Analysis of Some Canadian Clays and Shales", Jour. Can. Ceram. Soc. 26, 71-89 (1957).
24. R. S. Dean, "A Study of St. Lawrence Lowland Shales", Ph.D. thesis, Department of Geological Sciences, McGill University, Montréal (1962).
25. Victor T. Allan and W. D. Johns, "Clay and Clay Minerals of New England and Eastern Canada", Bull. Geol. Soc. Amer. 71, 75-86 (1960).
26. J. E. Brydon and L. M. Patry, "Mineralogy of Champlain Sea Sediments and a Rideau Clay Soil Profile", Can. Jour. of Soil Sci. 41, 2, 169-181 (1961).
27. J. G. Brady and R. S. Dean, "The Composition and Properties of Ceramic Clays and Shales of Ontario", Research Report R 175, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1966).
28. Géologie et ressources minérales du Canada", Série de la géologie économique n° 1, Commission géologique du Canada, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (1965). (See No. 29 for English edition.)
29. "Geology and Economic Minerals of Canada", Economic Geology Series No. 1 (new edition in preparation), Geological Survey of Canada, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1963). (Voir n° 28 pour l'édition française.)
30. P. Lasalle, "Géologie des dépôts meubles, région de Verchères, comtés de Joliette, Berthier, L'Assomption, Richelieu, Verchères et St-Hyacinthe", R. P. n° 505, ministère des Richesses naturelles, Québec (1963). (See No. 31 for English edition.)
31. P. Lasalle, "Surficial Geology of Vercheres Area, Joliette, Berthier, L'Assomption, Richelieu, Vercheres and St. Hyacinthe Counties", P. R. No. 505, Department of Natural Resources, Province of Quebec (1963). (Voir n° 30 pour l'édition française.)
32. P. Lasalle et J. A. Elson, "Géologie des dépôts meubles, région de Beloeil, comtés de l'Assomption, Bourget, Verchères, St-Hyacinthe, Chambly et Rouville", R. P. n° 497, ministère des Richesses naturelles, Québec (1961). (See No. 33 for the English edition.)

33. P. Lasalle and J.A. Elson, "Preliminary Report on Beloeil Area Surficial Geology, L'Assomption, Bourget, Vercheres, St-Hyacinthe, Chambly and Rouville Counties", P.R. No. 497, Department of Natural Resources, Province of Quebec (1962). (Voir n° 32 pour l'édition française.)
34. N.R. Gadd, "Géologie de la région de Bécancour, Québec (dépôts meubles)", Étude 59-8 et carte 42-1959, Commission géologique du Canada, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (1960). (See No. 35 for the English edition.)
35. N.R. Gadd, "Surficial Geology of the Becancour Map-area, Quebec", Paper 59-8 and map 42-1959, Geological Survey of Canada, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1960). (Voir n° 34 pour l'édition française.)
36. N.R. Gadd, "Géologie d'Upton, Québec (dépôts meubles)", Étude 60-27 et carte 15-1960, Commission géologique du Canada, ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (1960). (See No. 37 for the English edition.)
37. N.R. Gadd, "Surficial Geology Upton, Quebec", Paper 60-27 and map 15-1960, Geological Survey of Canada, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1960). (Voir n° 36 pour l'édition française.)
38. N.R. Gadd, Map 43-1959, Surficial Geology of Yamaska; and map 50-1959, Surficial Geology of Aston; Geological Survey of Canada, Ottawa (1959).
39. N.R. Gadd and P.F. Karrow, Map 54-1959, Surficial Geology of Trois Rivières, Geological Survey of Canada, Ottawa (1959).
40. P.F. Karrow, Map 41-1959, Surficial Geology of Grondines, Geological Survey of Canada, Ottawa (1959).
41. P.F. Karrow, "Soils in Canada - The Champlain Sea and Its Sediments", Royal Society of Canada Special Report No. 3, 97-107, University of Toronto Press (1961).
42. P. MacClintock and D.P. Stewart, "Pleistocene Geology of St. Lawrence Lowlands", Bull. 394, New York State Museum and Science Service, New York (1965).
43. A.F. Foerste, "Upper Ordovician Formations in Ontario and Quebec", Memoir 83, Geological Survey of Canada, Ottawa (1916).

44. T.H. Clark, "Les Basses-Terres au sud du Saint-Laurent", R.P. 204, ministère des Mines, Québec (1947). (See No. 45 for the English edition.)
45. T.H. Clark, "Summary Report of the St. Lawrence Lowlands South of the St. Lawrence River", P. R. No. 204, Department of Mines, Quebec (1947). (Voir n° 44 pour l'édition française.)
46. T.H. Clark, "Région de Montréal, feuilles de Laval et de Lachine", Rapport géologique 46, ministère des Mines, Québec (1952). (See No. 47 for the English edition.)
47. T.H. Clark, "Montreal Area, Laval and Lachine Map-Areas", Geological Report 46, Department of Mines, Quebec (1952). (Voir n° 46 pour l'édition française.)
48. T.H. Clark, "Région de St-Jean-Beloeil", Rapport géologique n° 66, ministère des Mines, Québec (1955). (See No. 49 for the English edition.)
49. T.H. Clark, "St. Jean-Beloeil Area", Geological Report 66, Department of Mines, Quebec (1955). (Voir n° 48 pour l'édition française.)
50. T.H. Clark, "Région d'Upton", Rapport géologique 100, ministère des Richesses naturelles, Québec (1964). (See No. 51 for the English edition.)
51. T.H. Clark, "Upton Area", Geological Report 100, Department of Natural Resources, Quebec (1964). (Voir n° 50 pour l'édition française.)
52. T.H. Clark, "Région de Saint-Hyacinthe (moitié ouest)", Rapport géologique 101, ministère des Richesses naturelles, Québec (1964). (See No. 53 for the English edition.)
53. T.H. Clark, "St-Hyacinthe Area (West Half)", Geological Report 101, Department of Natural Resources, Quebec (1964). (Voir n° 52 pour l'édition française.)
54. T.H. Clark, "Région de Yamaska-Aston", Rapport géologique 102, ministère des Richesses naturelles, Québec (1964). (See No. 55 for the English edition.)
55. T.H. Clark, "Yamaska-Aston Area", Geological Report 102, Department of Natural Resources, Quebec (1964). (Voir n° 54 pour l'édition française.)

56. M. Houde et T.H. Clark, "Carte géologique des Basses-Terres du Saint-Laurent, n° 1407"(Geological Map of St. Lawrence Lowlands, No. 1407), ministère des Richesses naturelles, Québec (1962).
57. F. Fitz Osborne, "Geology near Quebec City", *Le Naturaliste Canadien*, Vol. LXXXIII (8-9), Quebec (1956). (In English)
58. Alice E. Wilson, "Geology of the Ottawa-St. Lawrence Lowland, Ontario and Quebec", *Memoir 241*, Geological Survey, Department of Mines and Resources, Ottawa (1946).
59. J. A. Dresser et T. C. Denis, "La Géologie du Québec: Géologie descriptive", *Rapport géologique n° 20, Volume II*, ministère des Mines, Province de Québec (1946). (See No. 60 for the English edition.)
60. J. A. Dresser and T. C. Denis, "Geology of Quebec: Descriptive Geology", *Geological Report 20, Volume II*, Department of Mines, Province of Quebec (1944). (Voir n° 59 pour l'edition française.)
61. R. L. Stone, "Temperature Gradient Method of Determining Firing Range of Ceramic Bodies", *Jour. Amer. Ceram. Soc.* 36 (4), 140-142 (1953).
62. D. J. Charette, J. C. Hole and E. Mark, "Chemical Analysis of Ten Clays and Shales from Ontario", *Internal Report MS-65-59*, Mineral Sciences Division, Mines Branch, Ottawa (1965).
63. J. C. Hole, "Chemical Analysis of Five Clays and Shales from Quebec", *Internal Report MS-66-52*, Mineral Sciences Division, Mines Branch, Ottawa (1966).
64. J. G. Brady, J. M. Humphreys and R. L. Eager, "Differential Thermal Analysis of Some Saskatchewan Clays", *Jour. Can. Ceram. Soc.* 22, 7-28 (1953).
65. Claude L. Marshall, "A New Concept of Clay Plasticity", *Bull. Amer. Ceram. Soc.* 34 (1), 54-56 (1955).
66. B. A. Liberty, "Upper Ordovician Stratigraphy of the Toronto Area", in Guidebook for Field Trip, at Joint Meeting of American Association of Petroleum Geologists, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, and Geological Association of Canada, Toronto, May 18-21, 1964. A more definite treatment is contained in "Palaeozoic Geology of the Lake Simcoe District", Geological Survey of Canada Memoir (in press).

67. O.P. Mehra and M. L. Jackson, "Iron Oxide Removal from Soils and Clays by a Dithionite-Citrate System Buffered with Sodium Bicarbonate". Clays and Clay Minerals, Proceedings of the Seventh National Conference on Clays and Clay Minerals, Pergamon Press, London, 1960, pp. 317-327.
68. Bruce W. Nelson and Rustum Roy, "New Data on the Composition and Identification of Chlorites". Clays and Clay Minerals, Proceedings of the Second National Conference on Clays and Clay Minerals. NAS-NRC. Pub. 327, 1954.
69. Richard West, "Dilatometry of Structural Clay Products", Jour. Can. Ceram. Soc. 34, 29-33 (1965).
70. K. E. Bell, "Influence of Lime on the Thermal Expansion of Clay", Jour. Can. Ceram. Soc. 34, 21-27 (1965).
71. Pol Paquin, "Contribution à la détermination de certains minéraux argileux par dilatométrie, essais quantitatifs", supplément au B. Soc. Franç. Céram., n° 58, janvier-mars (1963).
72. W. E. Brownell, "Efflorescence Resulting from Pyrite in Clay Raw Materials", Jour. Amer. Ceram. Soc. 41 (7), 261-266 (1958).
73. W. E. Brownell, "Efflorescence Resulting from Sulphates in Clay Raw Materials", Jour. Amer. Ceram. Soc. 41 (8), 310-314 (1958).
74. J. G. Brady, K. E. Bell and L. K. Zemgals, "Some Methods of Investigating Firing Problems", Jour. Can. Ceram. Soc. 34, 9-20 (1965).
75. E. Groskaufmanis, "Firing Face Brick in a Tunnel Kiln", Bull. Amer. Ceram. Soc. 41 (3), 151-155 (1962).
76. G. C. Robinson, "Planning a Kiln Schedule to Fit the Raw Material", Ceramic Age 79 (12), 56 (1963).
77. Ralph E. Grim, "Applied Clay Mineralogy" (McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1962), Chap. 3, pp. 52-140.
78. J. G. Brady and R. S. Dean, "Ceramic Clays and Shales of British Columbia", Technical Bulletin TB 54, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1966).
79. J. G. Brady, "The Effect of the Mineralogical Composition of Whitemud Formation Clays on Their Utilization", Research Report R 90, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1966).

80. K. E. Bell, "Some Aspects of the Plastic and Related Properties of Queenston Shales", Jour. Can. Ceram. Soc. 31, 106-119 (1962).
81. K. E. Bell, "Investigation de certaines utilisations possibles, dans le domaine de la céramique, d'un feldspath kaolinisé en provenance de Château-Richer (P. Q.)", Direction des mines, Rapport d'investigation No. IR 60-113, Ministère des Mines et des Relevés techniques, Ottawa (1960). (See No. 82 for English edition.)
82. K. E. Bell, "Investigation into Some Possible Ceramic Uses of a Kaolinized Feldspar from Chateau Richer, P. Q.", Mines Branch Investigation Report IR 60-113, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1960). (Voir No. 81 pour l'édition française.)
83. J. G. Brady and R. M. Buchanan, "Minerological Examination and Determination of Ceramic Properties of Seven Samples Submitted by the Iron Ore Company of Canada, Schefferville, P. Q.", Mines Branch Investigation Report IR 60-42, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1960).
84. K. E. Bell, "Effect of Kiln Atmosphere Upon the Fired Color of High-Lime Brick", Mines Branch Investigation Report IR 64-101, Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa (1964).
85. J. G. Brady, "Processing Problems Associated With Some Typical Ceramic Clays and Shales of Ontario", Jour. Can. Ceram. Soc. 35, 107-122 (1966).

====

JGB:RSD:(PES):LM