National Library of Canada
Collections Development Branch

Canadian Theses on
Microfiche Service

Bibliothèque nationale du Canada
Direction du développement des collections

Service des thèses canadiennes
sur microfiche

NOTICE

The quality of this microfiche is heavily dependent upon the quality of the original thesis submitted for microfilming. Every effort has been made to ensure the highest quality of reproduction possible.

If pages are missing, contact the university which granted the degree.

Some pages may have indistinct print especially if the original pages were typed with a poor typewriter ribbon or if the university sent us a poor photocopy.

Previously copyrighted materials (journal articles, published tests, etc.) are not filmed.

Reproduction in full or in part of this film is governed by the Canadian Copyright Act, R.S.C. 1970, c. C-30. Please read the authorization forms which accompany this thesis.

THIS DISSERTATION
HAS BEEN MICROFILMED
EXACTLY AS RECEIVED

AVIS

La qualité de cette microfiche dépend grandement de la qualité de la thèse soumise au microfilmage. Nous avons tout fait pour assurer une qualité supérieure de reproduction.

S'il manque des pages, veuillez communiquer avec l'université qui a conféré le grade.

La qualité d'impression de certaines pages peut laisser à désirer, surtout si les pages originales ont été dactylographiées à l'aide d'un ruban usé ou si l'université nous a fait parvenir une photocopie de mauvaise qualité.

Les documents qui font déjà l'objet d'un droit d'auteur (articles de revue, examens publiés, etc.) ne sont pas microfilmés.

La reproduction, même partielle, de ce microfilm est soumise à la Loi canadienne sur le droit d'auteur, SRC 1970, c. C-30. Veuillez prendre connaissance des formules d'autorisation qui accompagnent cette thèse.

LA THÈSE A ÉTÉ
MICROFILMÉE TELLE QUE
NOUS L'AVONS REÇUE

Ottawa, Canada
K1A 0N4

UTILITE D'UNE BANQUE DE DONNEES GEOSCIENTIFIQUES DANS L'AMENAGEMENT D'UN TERRITOIRE; ROLE DE LA CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE AUTOMATISEE.

par

Fernand J. Morin

Thèse présentée à l'Ecole des Etudes Supérieures pour l'obtention du grade de Ph. D. en Géographie.

Avril 1978

Université d'Ottawa

© Fernand Morin, Ottawa, Canada, 1978.

à mon épouse

Françoise

"Quelques-uns, pour éprouver si la terre est propre pour les fondements, en prennent, soit qu'elle soit sèche ou humide, la mettent sur un linge blanc, drap ou soie, qu'ils secouent après et si cette terre ne laisse aucune tache sur ces étoffes, c'est une marque qu'elle est bonne pour y fonder, ou que si elle fait quelque impression, on ne doit point s'y fier."

Liger (Sieur)

La Nouvelle maison rustique ou économie générale de tous les biens de campagne, de la manière de les entretenir et de les multiplier;

Paris, 1732.

Je remercie tout spécialement Denis St-Onge de l'Université d'Ottawa pour les conseils et les encouragements qu'il a toujours su prodiguer durant le long cheminement de cette thèse. Je remercie vivement J.E. Harrison, D. Shield et R. Roberge de leur aide précieuse et de leurs conseils.

Je dois mentionner la patience des programmeurs qui m'ont aidé dans le traitement informatique des données, soit: Guy Charron et Don Proudfoot. Je remercie également R. Bélanger pour son aide.

La thèse a été réalisée grâce à l'aide technique et financière de la Commission géologique du Canada. Je me dois, aussi, de mentionner la gentillesse et la collaboration du service technique de la municipalité de Hamilton.

Il serait difficile de nommer tous ceux dont l'aide morale ou technique fut précieuse pour la réalisation de ce travail, je voudrais qu'ils trouvent ici l'expression de tous mes remerciements.

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Etant donné que la qualité des cartes reproduites dans cette thèse sont en deçà des normes acceptables, l'original de chacune de ces cartes sera disponible à la bibliothèque centrale de l'Université d'Ottawa et peut être consulté conjointement avec une copie de la thèse.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 1: SITUATION DE LA THESE DANS LE CONTEXTE ACTUEL DE LA CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE 1

1-1: Résumé des réalisations et des problèmes en cartographie géotechnique automatisée . . . 2

1-1-1: Introduction 2

1-1-2: La cartographie géotechnique (géologie de l'ingénieur) 3

1-1-2-1: Bref historique. 4

1-1-2-2: Définition 5

1-1-2-3: Caractère à cartographier. . 6

1-1-2-4: Etapes à l'étude géotechnique 8

1-1-2-5: Les cartes de facteurs et de "zoning" géotechnique . . 8

1-1-2-6: Principaux facteurs habituellement considérés. 10

1-1-2-7: Variété dans les réalisations 13

1-1-2-8: Les cartes d'aptitudes . . . 13

1-1-2-9: Les techniques et principaux problèmes 16

1-1-2-10: Problèmes du choix des catégories 17

1-1-2-11: Problème de l'échelle 19

1-1-2-12: Problème de relation verticale 21

1-1-2-13: Problème de la couleur et du symbolisme graphique . . . 25

1-1-2-14: Conclusion. 31

1-1-3: L'utilisation de l'ordinateur pour l'exploitation d'un fichier géoscientifique 31

1-1-3-1: Avantages évidents 31

1-1-3-2: Traitement des données . . . 32

1-1-3-3: Les problèmes 36

1-1-4: L'exploitation d'un fichier géoscientifique composé essentiellement d'informations déjà existantes 60

1-1-4-1: Les réalisations 60

1-1-4-2: Les étapes 62

1-2: Situation de cette thèse dans le contexte de la cartographie géotechnique automatisée et de l'exploitation d'un fichier géoscientifique ordinolingue 64

1-2-1: Situation au niveau de l'orientation conceptuelle et du traitement des données 65

1-2-1-1: L'approche 65

1-2-1-2: Le traitement 66

1-2-2: Situation au niveau de la cartographie géotechnique automatisée 67

1-2-2-1: La récupération 67

1-2-2-2: La symbolisation 68

1-2-2-3: Le système 69

1-2-3: Situation au niveau de la compilation d'un fichier géoscientifique. 70

1-2-4: Situation au niveau des besoins de l'utilisateur 71

CHAPITRE 2: LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO 72

2-1: Introduction 73

2-2: Situation géographique et aperçu historique. . 74

2-3: Géologie de la région 77

2-3-1: Le Paléozoique 77

2-3-1-1: L'Ordovicien Silurien . . . 77

2-3-1-2: Le Silurien 77

2-3-2: Le Quaternaire 78

2-3-2-1: Le Wisconsinien supérieur. . 78

2-3-2-2: Les dépôts récents 79

CHAPITRE 3: BILAN DES BESOINS EN DONNEES GEOSCIENTIFIQUES - REGION DE HAMILTON, ONTARIO 80

3-1: Introduction 81

3-2: Les utilisateurs de données géoscientifiques. . 82

3-3: Les besoins 83

3-3-1: Les besoins communs 83

3-3-2: Les aménagistes et urbanistes 84

3-3-3: Les ingénieurs et responsables de projets 85

3-3-4: Les firmes d'ingénieurs-conseil 86

3-3-5: Les autres (utilisateurs occasionnels). 87

3-4: La présentation des données 91

3-4-1: Les aménagistes et urbanistes 91

3-4-2: Les ingénieurs et responsables de projets 93

3-4-3: Les firmes d'ingénieurs-conseil 94

3-4-4: Les autres. 94

3-5: Conclusion du bilan des besoins en données géoscientifiques 96

CHAPITRE 4: HISTORIQUE DE LA BANQUE DE DONNEES DE HAMILTON, (ONT.) 99

4-1: Introduction 100

4-2: La création 101

4-2-1: La compilation 101

4-2-2: Fiches de compilation 102

4-2-3: Commentaires de la firme d'ingénieurs-conseil responsable de la compilation. 114

4-3: La correction. 115

4-3-1: Correction visuelle préliminaire et par programmation à l'aide de l'ordinateur 115

4-3-1-1: Examen visuel sommaire des fiches de compilation. . . . 115

4-3-1-2: Examen au moyen de l'ordinateur de toute la banque de données afin de découvrir d'autres erreurs techniques commises durant la compilation ou lors de la perforation des cartes. 116

4-3-1-3: Standardisation de la terminologie 117

4-3-2: Correction visuelle poussée de chaque fiche 118

4-3-2-1: Erreurs techniques 118

4-3-2-2: Erreurs d'inattention à la compilation 120

4-3-2-3: Erreurs imputables au manque de formation des compilateurs 121

4-3-2-4: Erreurs introduites lors de la "correction" par programmation 122

4-4: Les additions 124

4-5: Les modifications 126

4-5-1: L'introduction de nouvelles données géoscientifiques dans la banque . . . 126

4-5-2: Le réaménagement de certaines données pour faciliter l'analyse statistique et la cartographie géotechnique. . . . 131

4-5-2-1: Modifications logiques . . . 131

4-5-2-2: Modifications de la fiabilité (Reliability ou R.) . . 133

4-5-2-3: Programmes identifiant et regroupant les horizons selon les formations connues . 134

4-6: Les analyses statistiques 151

4-6-1: Synthèse des connaissances géotechniques 152

4-6-2: Conclusions principales découlant des analyses 156

4-6-3: Homogénéisation de paramètres géotechniques 158

4-6-4: Commentaires sur les résultats de l'analyse statistique 170

CHAPITRE 5: PROPOSITION: METHODE DE COMPILATION DES DONNEES 173

5-1: Introduction 174

5-2: Banque de données idéale 175

5-3: Banque de données pratique 179

5-3-1: Information pré-existante 179

5-3-2: Cueillette de l'information. 180

5-3-3: Sources d'information. 181

5-3-4: Le compilateur 182

5-3-5: Choix des paramètres à compiler . . . 183

5-3-6: Fiches de compilation. 196

5-3-7: Mise à jour. 197

5-4: Exemple de compilation proposée. 203

5-4-1: Banque de données de Rivière-du-Loup . 203

5-4-2: Choix des paramètres à compiler et méthode de consignation. 204

5-4-3: La partie inédite 215

CHAPITRE 6: METHODES DE CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE PAR ORDINATEUR 218

6-1: Méthodologie 219

6-2: Rôle de la statistique dans la méthodologie . . 221

6-3: Le traitement des données 222

6-3-1: Algorithmes d'interpolations 222

6-3-2: Récupération ponctuelle 223

6-3-3: Choix de la mesure à retenir pour un site 226

6-3-4: Les fourchettes de valeurs 228

6-3-5: Types de symboles et couleurs 230

6-3-6: Superposition des données 240

6-3-7: Présentation des données 245

6-3-7-1: Le choix de la vocation des documents 245

6-3-7-2: Le choix des paramètres . . 249

6-3-7-3: Le choix de l'échelle . . . 251

6-3-8: Les cartes synthèses 252

6-4: Les paramètres disponibles à la récupération . 258

6-4-1: Les paramètres dérivés 258

6-4-2: Utilisation des paramètres dérivés . . 263

CHAPITRE 7: CARTES DE DOCUMENTATION ET DE FACTEURS GEOTECHNIQUES NON-DERIVES. (SERIE: 1) 265

7-1: Introduction 266

7-2: Description des cinq (5) catégories de documents géotechniques de la série 1 270

7-2-1: Récupération intégrale 270

7-2-1-1: Type A 271

7-2-1-2: Exemple du type A 271

7-2-1-3: Type B 283

7-2-1-4: Exemple du type B 283

7-2-2: Récupération avec interprétation des valeurs. 288

7-2-2-1: Type A 289

7-2-2-2: Exemple du type A 289

7-2-2-3: Type B 295

7-2-2-4: Exemple 1 du type B 296

7-2-2-5: Exemple 2 du type B 303

7-2-2-6: Type C 308

7-2-2-7: Exemple du type C 308

7-2-3: Récupération pour seconder une cartographie manuelle 315

7-2-3-1: Exemple (partie A) 316

7-2-3-2: Exemple (partie B) 331

7-2-4: Récupération de la carte de synthèse (1er genre) 337

7-2-4-1: Exemple 339

7-2-5: Récupération selon un algorithme d'interpolation 354

7-2-5-1: Exemple 1 356

7-2-5-2: Exemple 2 368

CHAPITRE 8: CARTES DE PARAMETRES DERIVES (SERIE: II) . . . 376

8-1: Introduction 377

8-2: Description des trois (3) catégories de documents géotechniques de la série II 380

8-2-1: Dérivation d'un paramètre selon une formule unique 380

8-2-1-1: Exemple 380

8-2-2: Dérivation d'un indice servant à calculer un paramètre 386

8-2-2-1: Exemple 386

8-2-3: Dérivation d'un paramètre selon plusieurs formules 393

8-2-3-1: Exemple 394

CHAPITRE 9: CARTES GEOTECHNIQUES DE SYNTHESE DEUXIEME GENRE (SERIE: III) 402

9-1: Optique de la synthèse 403

9-2: Spécifications du projet hypothétique 405

9-3: Description des trois (3) catégories de documents de synthèse deuxième genre. (Série III) 408

9-3-1: Evaluation générale des sites 408

9-3-1-1: Exemple 410

9-3-2: Pondération des valeurs des paramètres 417

9-3-2-1: Exemple 422

9-3-3: Pondération des paramètres entre eux . 436

9-3-3-1: Exemple 437

CONGLUSION 452

BIBLIOGRAPHIE 462

LISTE DES FIGURES

Chapitre 1.

1-1: Une partie de la carte géologique de Varsovie, Pologne 24

1-2: Variations dans la méthode des bandes de couleurs pour représenter plusieurs unités superposées 28

1-3: Site géographique de l'étude de Giardina et Kulhawy (1975), Syracuse, New York, E.U. 41

1-4a: Topographie de la roche en place, tracée selon un algorithme d'interpolation (Trend Surface Analysis) par ordinateur 43

1-4b: Topographie de la roche en place, valeurs résiduelles (dérivations des valeurs mesurées avec celles calculées pour établir et tracer la surface de régression 45

1-5a: Topographie des sédiments lacustres, tracée selon un algorithme d'interpolation (Trend Surface Analysis) par ordinateur 47

1-5b: Topographie des sédiments lacustres, valeurs résiduelles (dérivations des valeurs mesurées avec celles calculées pour établir et tracer la surface de régression). 49

1-6a: Ville nouvelle d'Evry - Epaisseur du limon des plateaux B: Courbes isopaques tracées selon l'algorithme d'interpolation du krigeage universel 54

1-6b: Ville nouvelle d'Evry - Epaisseur du limon des plateaux C: Courbes d'isoerreur (erreur maximale possible, l'erreur réelle en pratique ne dépasse pas le quart de la valeur indiquée). . . . 56

Chapitre 2.

2-1: Limites géographiques de la région étudiée . . . 76

Chapitre 4.

4-1: Exemple de la première fiche de compilation des données géoscientifiques de la région de Hamilton, Ont. 104

4-2: Exemple de la fiche de compilation revisée des données géoscientifiques de la région de Hamilton, Ont. 128

4-3: Organigramme des étapes de la première modification des données en vue de les subdiviser selon les unités stratigraphiques déterminées 138

4-4: Organigramme des étapes de la dernière modification des données pour les regrouper selon les unités stratigraphiques déterminées 140

4-5: Comparaison entre deux (2) dérivations de l'angle de frottement interne réel ($\emptyset_r$) selon deux (2) formules différentes: la formule de Bjerrum et Simmons (1960) et la formule de Black (1962). La formule de Black considère la teneur en eau naturelle 163

4-6: Comparaison entre deux (2) dérivations de l'angle de frottement interne réel ($\emptyset_r$) selon deux (2) formules différentes: la formule de Bjerrum et Simmons (1960) et la formule de Black (1962). La formule de Black ne considère pas la teneur en eau naturelle 165

4-7: Comparaison entre deux (2) dérivations de l'angle de frottement interne réel ($\emptyset_r$) de Black (1962): la formule considérant la teneur en eau naturelle et celle ne la considérant pas 169

Chapitre 5.

5-1: Fiche de compilation UGAIS (Bélanger 1975) . . . 199

5-2: Exemple d'une fiche de compilation des données de la banque de Rivière-du-Loup 217

Chapitre 6.

6-1: Surimpression des numéros de forage. Une partie de la carte indiquant les numéros de forage. (Echelle: 1:25 000 - petits caractères) 242

6-2: Surimpression des numéros de forage. Une partie de la carte indiquant les numéros de forage. (Echelle: 1:10 000 - gros caractères). 244

Chapitre 7.

7-1: Carte du numéro du forage (premier feuillet) représentant la totalité de la région étudiée. . 273

7-2: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte du numéro du forage 275

7-3: Carte du numéro du forage (deuxième feuillet) représentant la totalité de la région étudiée. . 277

7-4: Carte du numéro du forage (quinzième feuillet) représentant la totalité de la région étudiée. . 279

7-5: Agrandissement d'une partie du quinzième feuillet de la carte du numéro du forage 281

7-6: Carte des types de sondages représentant la totalité de la région étudiée 285

7-7: Agrandissement d'une partie de la carte des types de sondages 287

7-8: Carte de la nappe phréatique haute (premier feuillet) représentant la totalité de la région étudiée 291

7-9: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de la nappe phréatique haute . . 293

7-10: Carte des matières organiques dans les sédiments représentant la totalité de la région étudiée 298

7-11: Agrandissement d'une partie de la carte des matières organiques dans les sédiments 300

7-12: Carte de l'épaisseur des remblais (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/5c (SNRC) de la région étudiée 305

7-13: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des remblais 307

7-14: Carte de la résistance à la pénétration représentant la totalité de la région étudiée 312

7-15: Agrandissement d'une partie de la carte de la résistance à la pénétration 314

7-16: Carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - première formation (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée . . 318

7-17: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - (première formation) 320

7-18: Carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - deuxième formation (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 322

7-19: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - (deuxième formation) 324

7-20: Carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire-- troisième formation (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée . 326

7-21: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - (troisième formation) 328

7-22: Carte de la puissance des unités stratigraphiques du Quaternaire représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 334

7-23: Carte des dépôts de sable/gravier (premier feuillet) représentant la totalité de la région étudiée 343

7-24: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte des dépôts de sable/gravier. 345

7-25: Première page de la liste imprimée accompagnant la carte: Dépôts de sable/gravier 351

7-26: Cette carte de l'épaisseur des dépôts meubles a été tracée par l'ordinateur et n'a pas été corrigée. Les points bleus indiquent les 956 points délimitant la roche à découvert. Les lignes jaunes indiquent les limites de la roche à découvert selon l'extrapolation de l'algorithme utilisé. Cette carte a été tracée au 1:50 000 pour toute la région 358

7-27: Cette carte de l'épaisseur des dépôts meubles est la même que celle de la figure 7-26. Les surfaces de la roche à découvert (tracées selon les cartographies de Karrow (1963), Cowan (1972) et Feenstra (1975) ont été coloriées en rouge. . 360

7-28: Cette carte de la topographie de la roche en place résulte de la correction "manuelle" d'un document tracé selon un algorithme d'interpolation par ordinateur. Cette carte couvre la totalité de la région étudiée 362

7-29: Agrandissement d'une partie de la carte de la topographie de la roche en place 364

7-30: Carte de la topographie de la roche en place telle que tracée selon l'algorithme d'interpolation utilisé par l'ordinateur 366

7-31: Cette carte de la puissance des dépôts meubles résulte de la correction "manuelle" d'un document tracé selon un algorithme d'interpolation par l'ordinateur. Cette carte couvre la totalité de la région étudiée 370

7-32: Agrandissement d'une partie de la carte de la puissance des dépôts meubles 372

7-33: Carte de la puissance des dépôts meubles telle que tracée selon l'algorithme d'interpolation utilisé par l'ordinateur. 374

Chapitre 8.

8-1: Carte du CBR saturé (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 382

8-2: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte du CBR saturé 384

8-3: Carte du rapport de compression (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 388

8-4: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte du rapport de compression 390

8-5: Carte de la résistance au cisaillement (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f de la région étudiée 397

8-6: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de la résistance au cisaillement . . 399

Chapitre 9.

9-1: Carte de la première évaluation de sites (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 412

9-2: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de la première évaluation de sites . 414

9-3: Organigramme du programme de pondération des paramètres pertinents au projet hypothétique considéré 420-421

9-4: Carte synthèse pondérée sur 10 (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 424

9-5: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte synthèse pondérée sur 10 426

9-6: Première page de la liste imprimée accompagnant le document: Carte synthèse pondérée sur 10 . . 433

9-7: Carte des coûts additionnels - la verge cube - (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée 439

9-8: Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte des coûts additionnels - la verge cube 441

9-9: Première page de la liste imprimée accompagnant la carte: Coûts additionnels (verge cube) . . . 448

Annexe VI.

VI-1: Géologie de la roche en place de la région étudiée. Tiré des cartes de J.F. Caley 1941 et 1961 LXXXV

VI-2: Stratigraphie des formations de la région de Hamilton, Ontario. Tiré de Bolton (1957) et Sanford (1969 Carte 1263A) LXXXIX

VI-3: Schéma des formations superficielles de la région de Hamilton. Dressé à partir des cartes de P.F. Karrow (1963), Chapman et Putnam (1966), W.R. Cowan (1972) et B. Feenstra (1975) C

LISTE DES TABLEAUX

4-1: Voici les codes et les unités stratigraphiques qu'ils représentent 145

7-1: Nombre de feuillets réalisés pour chaque carte de la série I. 268

7-2: Inventaire de l'information disponible sur la liste imprimée accompagnant la carte: Dépôts de sable/gravier 352-353

8-1: Nombre de feuillets réalisés pour chacune des cartes de la série II, (cartes de paramètres dérivés) 378

8-2: Principales formules de dérivation de la résistance au cisaillement utilisées. (Par ordre de préférence) 401

9-1: Nombre de feuillets réalisés pour chacune des cartes de la série III, (cartes de synthèse géotechniques - 2ième genre) 407

9-2: Inventaire de l'information disponible sur la liste imprimée accompagnant la carte: Carte synthèse pondérée sur 10 434-435

9-3: Inventaire de l'information disponible sur la liste imprimée accompagnant la carte: Coûts additionnels (verge cube). 449-450

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I

- RESUME DES STATISTIQUES ELEMENTAIRES SUR LES DONNEES DE LA BANQUE GEOSCIENTIFIQUE DE HAMILTON, ONTARIO I

ANNEXE II

- PROGRAMME DE REGROUPEMENT ET D'IDENTIFICATION DES HORIZONS DE SOLS SELON LES UNITES STRATIGRAPHIQUES CONNUES DANS LE REGION DE HAMILTON, ONTARIO XLIV

ANNEXE III

- HOMOGENEISATION DES DONNEES ET LE CALCUL DE CERTAINES DERIVATIONS POSSIBLES POUR LA BANQUE GEOSCIENTIFIQUE DE HAMILTON, ONTARIO . . . LIV

ANNEXE IV

- PONDERATIONS DE VALEURS DE PARAMETRES PERTINENTS D'UN PROJET D'AMENAGEMENT HYPOTHETIQUE DANS LE REGION DE HAMILTON, ONTARIO LXIV

ANNEXE V

- PROGRAMME D'EVALUATION DES COUTS ADDITIONNELS POUR L'AMENAGEMENT HYPOTHETIQUE DU SITE DANS LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO LXXIII

ANNEXE VI

- CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO LXXV

VI-1: Etudes antérieures LXXV

VI-1-1: Le Paléozoique LXXV

VI-1-2: Le Quaternaire LXXVIII

VI-1-3: Autres études géoscientifiques . . . LXXIX

VI-2: La stratigraphie LXXXII

VI-2-1: Le Paléozoique LXXXII

VI-2-1-1: Le Queenston LXXXIII

VI-2-1-2: Le groupe Cataract: (Silurien inférieur) . . . LXXXIII

VI-2-1-3: Le groupe de Clinton: (Silurien moyen) XCI

VI-2-1-4: Le groupe d'Albemarle: (Silurien moyen) XCV

VI-2-1-5: La formation de Salina: (Silurien supérieur) XCVII

VI-2-2: Le Quaternaire XCVII

VI-2-2-1: Till de Wentworth XCVIII

VI-2-2-2: Till de Halton: (Wisconsin supérieur) . . . XCVIII

VI-2-2-3: Les dépôts fluvio-glaciaires CIII

VI-2-2-4: Les dépôts glacio-lacustres: (Lacs Warren et Whittlesey). CIII

VI-2-2-5: Les dépôts glacio-lacustres Pré-Iroquois et Iroquois CIV

VI-2-2-6: Les dépôts alluviaux . . . CVI

VI-2-2-7: Le cône alluvial de Dundas. CVII

VI-2-2-8: Les marécages CVIII

- REFERENCES DE L'ANNEXE VI CIX

ANNEXE VII

- RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE. ETUDES GEOSCIENTIFIQUES SUR LA REGION DE HAMILTON NON CITEES DANS LE TEXTE CXIX

RESUME

Dans le contexte de globalité de la géographie appliquée, cette thèse propose une méthode d'analyse spatiale de données géoscientifiques pour l'aménagement du territoire. Les ressources de l'informatique sont utilisées afin de réaliser cet objectif et afin de permettre l'exploitation d'une banque de données par l'utilisateur. Les données utilisées proviennent de la région urbaine de Hamilton en Ontario.

Par son approche conceptuelle, la méthode d'exploitation de données géoscientifiques se situe entre l'orientation nord-américaine, peu appropriée à un traitement statistique des données avant la cartographie, et l'approche européenne, anxieuse de pousser la recherche vers des algorithmes d'interpolation avancés.

Une consultation a permis d'identifier les quatre catégories d'utilisateurs suivants:

- Les aménagistes et urbanistes.
- Les ingénieurs et responsables de projets.
- Les firmes privées de consultants.
- Divers utilisateurs occasionnels.

Les besoins identifiés par ces groupes soulignent l'importance de la méthode d'exploitation proposée, soit la récupération par l'utilisateur lui-même.

Une innovationimportante de cette thèse concerne la méthode de compiler une banque de données géoscientifiques à partir des diverses corrections et modifications que dut subir la banque de données de Hamilton. En spécifiant la nature des données à retenir et des mesures à choisir ainsi que la méthode à suivre pour la mise en fiche, il est possible d'adapter une banque de données pour faciliter les manipulations et les récupérations prévisibles de données géoscientifiques.

Les récupérations de documents géotechniques servent enfin à illustrer une démarche vers une cartographie de synthèse géotechnique (ou thématique) originale. Se basant sur les données mesurées ou sur les paramètres dérivés de ces données, il est possible pour l'utilisateur de spécifier les modalités de récupération des documents géotechniques dont il a besoin.

ABSTRACT

It is within the field of interest of applied geography and regional planning that this thesis proposes a method for spatial analysis of geoscientific data. To accomplish this analysis, the vast resources of electronic data processing were put to use enabling the user to directly access, manipulate and retrieve data to his specifications. The data used originated from the Hamilton urban area in Ontario.

From the conceptual point of view, the proposed geoscientific data handling method can be situated somewhere between the North American approach, which is not really concerned with statistical handling of data prior to mapping, and the European approach willing to venture into sophisticated interpolation methods.

A consultation permitted the identification of four (4) broad categories of users:

- Planners.
- Engineers responsible for specific construction projects.

- Private soil consultants.
- Miscellaneous occasional users.

Needs identified by these groups suggested a new approach to geoscientific data banks: the retrieval of data by the user himself.

An important innovative contribution of this thesis lies in the proposed new method of compiling geoscientific data banks from existing information. This method evolved from the many corrections and modifications that the Hamilton geoscientific data bank had to undergo in order to be usable for efficient data retrieval. By specifying the nature of the information to be compiled and the values to be retained as well as the method to follow in the transfer of data from soil reports to data sheets it is possible to prepare, at compilation, a data bank for efficient data handling and foreseen retrievals.

The various geotechnical documents retrieved are used to illustrate the phases leading to the production of an innovative geotechnical systhesis document. Based upon measured and derived soil parameters it is possible for the user to retrieve needed geotechnical documents according to his specifications.

AVANT-PROPOS

Cette thèse relève du domaine de la géographie appliquée et non de la géographie fondamentale. L'orientation résolument pragmatique et les préoccupations d'aménagement du territoire donnent à cette thèse une dimension géographique certaine qu'il importe de souligner au départ. En effet, l'importance de l'aspect géotechnique aurait pu, à priori, suggérer sa présentation dans le cadre d'une autre discipline.

La cartographie géotechnique se veut une science de référence dans le contexte de l'aménagement de l'espace. En voulant demeurer fidèle à cette perspective et à une optique de globalité, cette thèse pouvait difficilement se réaliser ailleurs que dans un département de géographie.

CHAPITRE 1

SITUATION DE LA THESE DANS LE CONTEXTE ACTUEL DE LA CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE

1-1: Résumé des réalisations et des problèmes en cartographie géotechnique automatisée.

1-1-1: Introduction.

Cette thèse se propose de dégager une méthodologie simple, principalement dans la récupération et le traitement de données géoscientifiques en vue de l'élaboration de documents géotechniques utilisables. La cartographie géotechnique automatisée et l'exploitation d'un fichier géoscientifique de données existantes compilées sur bande magnétique attirent pour diverses raisons, beaucoup d'attention dans le domaine des sciences de la terre, ainsi:

- Dans la deuxième partie du 20ième, l'urbanisation accélérée, surtout des pays industrialisés, suscite un besoin croissant de données géoscientifiques pour l'aménagement rationnel d'un territoire très restreint (à l'échelle d'une municipalité ou d'une municipalité régionale). Mais les coûts élevés de l'exploration géotechnique et des analyses de sol nécessaires empêchent souvent les autorités administratives de commanditer de telles études. Ces autorités peuvent parfois difficilement planifier à long terme pour un milieu social en évolution rapide. Ajoutons que l'exécution d'une étude géotechnique détaillée et complète demande un certain temps. Les résultats d'une telle étude, une fois

réalisée, peuvent facilement ne plus répondre à certaines priorités imprévues au début de l'étude.

- Par souci d'économie, les utilisateurs ont vite décidé d'employer les résultats de sondages et d'analyses déjà compilés dans les dossiers de firmes d'ingénieurs-conseil , d'architectes et d'organismes gouvernementaux de tous les niveaux. Pour accélérer la gestion, la consultation et le traitement de ces données, et entreposer cet important volume d'information, ils ont eu recours aux avantages de l'ordinateur.

La présente thèse traitera de cartographie géotechnique et d'entreposage, de traitement et de récupération de données compilées dans un fichier monté sur bande magnétique. Il s'agit donc de maximiser l'utilisation d'information pré-existante dans une région donnée. La manipulation de cette information et les synthèses qui en résultent représentent un aspect de la géographie appliquée dans le cadre d'études d'aménagements régionaux.

1-1-2: La cartographie géotechnique. (géologie de l'ingénieur)

Le terme "géotechnique" s'emploie souvent pour exprimer une généralité: comme synonyme de géoscientifique,

ou pour désigner un domaine très restreint des sciences de la terre; comme synonyme de mécanique des sols, ou, enfin, comme traduction plus ou moins heureuse de l'expression anglaise "engineering geology". Le terme tel qu'employé dans cette thèse, adoptera le sens que lui prêtait Terzaghi:

> "La géotechnique est destinée à regrouper les données les plus significatives des domaines de la mécanique des sols et de la géologie de l'ingénieur."
>
> (Ghiste, 1972).

1-1-2-1: Bref historique.

Il semblerait que certains concepts élémentaires du document géotechnique remontent à des ingénieurs allemands et tchèques, auteurs de "Ingenieurgeologische Karte" dès 1919 (Thomas 1970, p. 961). Un exemple: la carte de Danzig par Moldenhauer basée sur 600 sondages.

Ghiste (1972, p. II.15) confère le titre de première carte du monde à mériter le titre de "géotechnique" à un document polonais, réalisé pour la ville de Varsovie, établi à partir d'essais de 5 à 10 m de profondeur et publié en 1936 à l'échelle de 1:20 000.

Le manque d'un consensus sur l'âge et l'origine

du premier document géotechnique s'explique, en partie, par les différentes significations attachées au terme "géotechnique". Tous insistent cependant, aujourd'hui encore plus qu'avant, que l'élaboration de telles cartes ne doit et ne peut, en aucun cas, dispenser l'utilisateur d'effectuer une campagne de reconnaissance. Le maître d'oeuvre demeure encore le seul responsable de sa construction, donc le seul responsable de la suffisance ou de l'insuffisance de données géotechniques. La carte ne doit servir que de première approximation, une appréciation utile.

1-1-2-2: Définition.

De façon générale, l'auteur appuie la définition que Ghiste donne de la carte géotechnique:

> "Carte établie en vue de fournir des informations et de définir des constantes au point de vue des conditions géologiques, des propriétés techniques des sols et des secteurs constructifs; les documents étant fournis sous une forme facilement compréhensible pour aider le planificateur et l'ingénieur."
>
> (Ghiste, 1972, p. I-3).

On peut apporter toutefois certaines réserves à la définition donnée par Arnould

> "... l'identification et la représentation de volumes de terrain ... de même comportement, c'est-à-dire de mêmes propriétés".
>
> (Arnould, 1974, p. 315).

Cette définition d'Arnould représente probablement l'idéal vers lequel la carte géotechnique devrait tendre, mais cet idéal semblerait irréalisable sans le recours d'importants moyens financiers et techniques, pour assurer:

a) Que les sols cartographiés ont vraiment le même comportement.
b) Que toutes les propriétés significatives ont été mesurées.

La carte géotechnique ne devrait pas dépasser le niveau d'une appréciation quantitative à laquelle l'auteur ajoute une gamme variée de restrictions et d'avertissements indiquant honnêtement les limites du document.

1-1-2-3: Caractère à cartographier.

Une tentative à la façon d'Arnould (1974), d'établir un parallèle entre la cartographie géologique et la cartographie géotechnique suscite immédiatement des difficultés. En effet, la géologie permet de dresser une carte de caractéristiques bien définies du roc, soit: son âge, sa nature, l'intensité du métamorphisme, les faciès et le processus génétique. Ces caractéristiques sont cartographiées systématiquement quelle que soit la

région. Arnould remarque, avec raison, qu'il n'existe pas de tels caractères hiérarchisés et prédéterminés pour la cartographie géotechnique.

Il est probable que de telles caractéristiques soient déterminables pour la géotechnique, leur universalité en est moins sûre. De telles caractéristiques pourraient manquer de flexibilité pour répondre aux problèmes particuliers de chaque région. Des géologues se permettent parfois de cartographier des caractéristiques géologiques d'intérêt souvent académique, le coût d'une telle entreprise demeure relativement peu élevé. La cartographie de caractéristiques géotechniques prédéterminées et immuables pourraient, par contre, s'avérer plus dispendieuse et demeurer d'utilité marginale à un ingénieur aux prises avec des problèmes très particuliers découlant parfois de plusieurs facteurs. Toutefois, les recherches ayant pour but une hiérarchisation des caractéristiques, dont la détermination permettrait une systématisation de la cartographie géotechnique, doivent se poursuivre car elles pourront déboucher sur des résultats forts intéressants et utiles. Elles pourraient aboutir à une meilleure compréhension de la physique des sols et par extension à de meilleures cartes d'aptitudes des sols.

1-1-2-4: Etapes à l'étude géotechnique.

Gigan (1973, p. 151) note trois étapes successives dans l'étude géotechnique:

a) "L'analyse des facteurs, se traduisant par des cartes de facteurs"

b) "La synthèse de ces données, constituant ce que nous appelons la carte de zoning géotechnique;"

c) "L'interprétation des données en vue d'une ou de plusieurs applications particulières, donnant lieu à des cartes d'aptitudes."

1-1-2-5: Les cartes de facteurs et de "zoning" géotechniques.

En l'absence de caractéristiques à cartographier, les réalisateurs de documents géotechniques dressent des cartes de facteurs et paramètres capables, de près ou de loin, d'infirmer l'utilisation du sol. Ces facteurs et paramètres varient selon le lieu, car chaque latitude, chaque région, chaque site, voire, chaque type de sol subit, différemment ou pas du tout, l'influence d'un facteur particulier.

Ces facteurs (géologie, géomorphologie, hydrologie, propriétés mécaniques, pédologie, stabilité des versants, pentes, topographie de la roche en place, etc...) sont regroupés sur plusieurs feuilles et présentés sous forme d'atlas de cartes à facteur ou paramètre unique, ou contenant plusieurs facteurs ou un zonage géotechnique. Exemple: Dubus (1968, France), Gounon (1969, France), Matula (1969, Tchecoslovaquie), Christiansen (1970, Canada), Fisher, Brown, Gowen & Croat (1973, Etats-Unis), etc...

La carte de zonage géotechnique regroupe les principaux facteurs et paramètres décrivant le terrain. Ces facteurs et paramètres sont choisis pour leur importance dans le contexte géoscientifique régional. Ce zonage se voudrait indépendant des utilisations possibles des sites. Ceci ne semble pas possible, car une carte de zonage géotechnique implique déjà une interprétation et une première appréciation du site selon un type d'aménagement connu ou non au préalable. Cette appréciation annonce la carte d'aptitude.

> "Ainsi, en zone urbaine, les critères de constructibilité primeront sur les ressources naturelles. En rase campagne l'accent sera mis sur les formations superficielles, alors qu'en terrain montagneux les caractéristiques des roches seront prépondérantes."
>
> (Gigan, 1973, p. 151).

Les auteurs de cartes de zonage géotechnique s'efforcent toutefois d'établir des fourchettes de valeurs afin de définir des volumes de terrain comportant approximativement les mêmes propriétés géotechniques.

Une tentative particulièrement intéressante de McHarg (1969) consiste à superposer physiquement des cartes de facteurs apportant une contrainte du milieu à l'aménagement. Ces cartes, pour la région étudiée, sont tracées sur un matériel transparent, afin de former des zonages indiqués par la densité des représentations graphiques. Plus une aire, ou zone, contient de représentations graphiques superposées, moins elle se prête à l'aménagement.

1-1-2-6: Principaux facteurs habituellement considérés.

En analysant les principales réalisations dans le domaine de la cartographie géotechnique, il est intéressant de noter que certains facteurs reviennent très souvent. Les principaux sont:

Les facteurs géologiques.

Soit principalement la stratigraphie, la tectonique, la nature des sols et des roches, avec considérations particulières sur les

dépôts meubles en surface, leur nature, leur épaisseur, leur distribution.

Les facteurs et parametres géotechniques.

Au sens strict du terme, ceci inclus les résultats d'essais divers, sans interprétation (l'interprétation implique un niveau supérieur de cartographie, soit la carte d'aptitude ou taxonomique). Sont incluses aussi les cartes de documentation donnant le type et l'emplacement des essais.

Les facteurs et paramètres hydrologiques.

Il s'agit principalement de mesurer la hauteur des nappes phréatiques, leur qualité chimique, leur potentiel, les zones de recharge, la direction de leur écoulement.

Les facteurs géomorphologiques.

Soient les cartes de pentes, les phénomènes de karst, les zones tourbeuses, les phénomènes géodynamiques (glissements, érosion, accumulation), leur rythme, leurs causes, etc...
La topographie de la roche en place.

Les facteurs divers.

> Soit la localisation d'anciens puits et galeries souterrains de mines et de carrières, d'anciens remplissages, les sites de ressources en matériaux utiles, les sites historiques, monuments et forêts qu'il faut protéger, voire même l'appréciation esthétique du paysage.

Dans les études géotechniques, ces facteurs et paramètres, et parfois d'autres, sont présentés sur des cartes ou dans des tableaux et des graphiques accompagnant un texte explicatif et une bibliographie géoscientifique aussi complète que possible de la région. Certains facteurs relevés n'ont rien en commun avec la géotechnique, comme par exemple la préservation de sites historiques et de monuments. Ces facteurs, cartographiés par eux-mêmes, ne constituent pas des documents géotechniques et ne devraient pas relever de la responsabilité du réalisateur d'études géotechniques, mais l'indication, par ce dernier, de l'influence possible de facteurs en dehors de son expertise ne peut qu'aider l'aménagiste dans sa planification. Il revient aux autorités responsables de décider de l'utilité d'expertises dans ces domaines.

1-1-2-7: Variété dans les réalisations.

La variété des facteurs à étudier, la formation du ou des réalisateurs, les buts et les motifs justifiant l'étude, enfin l'importance des problèmes posés par certains facteurs particuliers peuvent biaiser les résultats et la présentation de cette étude en mettant un accent prononcé sur certains facteurs.

Ceci fut noté par Gigan qui donne d'ailleurs quelques exemples:

> "Ainsi les cartes réalisées au Maroc (Humbert, M. et Jeannette, A., 1962) mettent l'accent sur la lithologie et la géomorphologie. Les allemands, précurseurs en la matière (Dienemann, Q., 1953 - Bachman, G., 1964 - Reuter, F., 1968) et le Polonais Stamatello, H., (1965) se préoccupent de la construction ou reconstruction de quartiers urbains. Aux Etats-Unis, sont préparées des cartes permettant l'élaboration de schémas directeurs d'urbanisme (Radbruch, D.H., 1968), tandis qu'en URSS des études sont destinées aux projets de planification du territoire (Golodkovskaya, G.A. et al., 1968). Les pays de l'Europe de l'Est et de la Tchécoslovaquie en particulier (travaux de Pasek, J. et Rybar, J., (1961), Simek, R. (1962), Zaruba, Q. (1948 et 1968)) se sont intéressés aux problèmes méthodologiques et de représentation cartographique".
>
> (Gigan, 1973, p. 148).

1-1-2-8: Les cartes d'aptitudes.

On a tendance à confondre zonage géotechnique et carte d'aptitude. L'auteur d'une carte de zonage

géotechnique se limite à cerner les zones à comportement et caractéristiques géotechniques approximativement semblables. Dans la carte d'aptitude, il tente d'apprécier la valeur des sites en vue d'un aménagement particulier. Il existe une gradation entre ces deux types de cartes dont l'importance varie selon l'appréciation technique et économique donnée aux différentes "zones" géotechniques. Par exemple, entre la carte de "zoning géotechnique" de Gigan (1973) Région de la Défense et la carte d'"Aptitude des terrains à l'urbanisation, région de Cournon-d'Auvergne - Carte I: Habitat individuel" de Humbert (1973, p. 187), il est possible d'insérer la carte de Maranda (1975, p. 51) "Carte Géotechnique de la ville de Bécancour" ou dite carte d'"Aptitude".

Une carte synthèse d'aptitude doit être élaborée par l'utilisateur ou en collaboration étroite avec l'utilisateur. Celui-ci peut choisir les facteurs s'appliquant à son problème, les pondérer selon l'importance qu'il leur attache et finalement, les superposer de façon quelconque pour définir des zones plus ou moins influencées par ces facteurs. Une façon élégante de résoudre le problème: l'élaboration d'un système de récupération par ordinateur permettant, jusqu'à un certain degré, la production d'une carte "faite sur mesure" selon les spécifications de l'uti-

lisateur (Dumper, 1972 - Turner & Smedes, 1974 - Kugler-Gagnon, 1974). Un tel système permet de multiples manipulations. L'importance attachée à différents facteurs (pondération) et plusieurs appréciations statistiques deviennent possibles.

> "Alternative solutions can be tested and evaluated by varying the weighings. Later, using any one of the maps (facteurs *) as a dependent variable, a multiple regression analysis of the remaining independent variables can be performed to determine the possible predictable relations between maps (facteurs *)."
>
> (Turner & Smedes, 1974, p. 8).

Cette approche, d'origine nord-américaine semble la plus prometteuse et sera étudiée en détail plus loin. Il est à noter de nouveau que ce type de cartes, pas plus que les cartes de facteurs et de zonage géotechnique, ne dispense pas les constructeurs d'effectuer des études spécifiques pour chaque ouvrage en particulier. Ces cartes demeurent toujours très générales et n'apportent qu'une première appréciation des conditions géotechniques.

---

* Dans l'étude de Turner & Smedes (1974) chaque facteur justifiait l'existence d'une carte.

1-1-2-9: Les techniques et principaux problèmes.

Il n'est pas possible de décrire toutes les techniques de cartographie géotechnique employées dans le monde. Ghiste (1972) admet que son étude sur la cartographie géotechnique ne touche que les principales réalisations, cependant, cette étude, déjà vieille de quelques années, comporte quand même près de cent (100) pages.

Par des lignes, des aires, des couleurs, des symboles, des motifs et des descriptions, la carte géotechnique transmet de l'information. Pour être utile, cette carte doit être simple et facile à lire; elle doit pouvoir souligner l'information importante sans aucune équivoque. Il est important de bien choisir et de définir honnêtement les unités représentées (données bien documentées ou données provenant d'une interprétation ou extrapolation quelconque). Finalement, comme tout produit destiné à la consommation, elle doit être attrayante.

Ce résumé simplifié des qualités d'une carte géotechnique, applicable à toute autre cartographie, permet d'aborder les problèmes de techniques.

En discutant de ces problèmes, on tentera de démontrer les principaux domaines de recherche en techniques

de cartographie géotechnique, afin de mieux dégager, dans la deuxième partie de ce chapitre, les différentes tentatives d'innovation apportées par cette thèse dans ce domaine.

1-1-2-10: Problème du choix des catégories.

Varnes (1974, p. 32) maintient l'idée que les unités cartographiées ne peuvent pas être indépendantes les unes des autres: les liens, toujours présents entre les unités, peuvent être génétiques, spaciaux, logiques et ordonnés selon une relation géométrique temporelle, séquentielle, ou une combinaison de ces liens.

Ce problème s'applique surtout aux cartes d'aptitudes. Dans leur cas, il s'agit d'élaborer une classification basée forcément sur plusieurs facteurs et comportant des unités progressivement défavorables à l'aménagement. L'erreur serait, soit de laisser croire que chacun des facteurs choisis devient lui aussi progressivement défavorable au même rythme que l'unité de la classification, soit de mal évaluer l'importance de certains facteurs pouvant gêner l'aménagement. L'examen de l'exemple fourni par les facteurs pente, nappe phréatique et profondeur de la roche en place, indique que l'unité la

plus favorable à l'aménagement de grands édifices délimiterait les endroits de pentes faibles, de nappes profondes et dont la roche en place serait enfouie sous une épaisse couverture meuble. Par extension, l'endroit le moins favorable: pentes importantes, nappe phréatique et roche en place affleurantes. Mais, si une roche en place résistante affleure, la pente n'est pas aussi importante et elle peut même renverser sa valeur, le site étant recherché pour son esthétique, malgré la difficulté de construire des sous-sols. Enfin, il semble peu probable que la nappe phréatique puisse affleurer au sommet d'une pente sans drainage. La logique de la classification n'est donc pas valable.

Mais alors, quels facteurs choisir pour caractériser une unité à cartographier? Toute réponse peut facilement mener au même cul-de-sac car les facteurs varieront en importance selon les régions, les différentes parties d'une même région, selon l'aménagement projeté et selon différents facteurs économiques et esthétiques ... La même conclusion revient toujours: l'évaluation de l'importance des facteurs ne peut être spécifiée que par l'utilisateur, et seulement pour un problème particulier.

1-1-2-11: Problème de l'échelle.

L'échelle d'une carte varie selon le but visé par la carte et selon le genre et la précision de l'information à transmettre. Dans le cas des cartes d'aménagement du territoire:

Au niveau national.

Ces cartes sont habituellement dressées à des échelles inférieures à 1:125 000. L'URSS en dresse au 1:1 000 000 et même au 1:2 500 000 (Churinov, Tsypina et Lazareva, 1970). A cette échelle, seules les grandes caractéristiques des terrains peuvent être délimitées.

Au niveau régional.

Il s'agit de cartes dont l'échelle peut varier de 1:25 000 à 1:125 000. A ce niveau, la cartographie s'oriente vers un type d'aménagement particulier (urbain, projet hydro-électrique, tracés d'axes routiers, etc...).

> "La carte géotechnique fournit alors des informations qualitatives sur la nature des terrains, les principales contraintes liées au sol ou au sous-sol pouvant influencer sur la rentabilité économique des opérations projetées, les ressources naturelles".
>
> (Gigan, 1973, p. 149).

Au niveau local.

L'échelle peut varier entre 1:5 000 et 1:25 000. Ces cartes présentent d'une manière plus quantitative les facteurs et paramètres influençant un aménagement bien défini. Il s'agit d'avant-projets détaillés (délimitation de sites résidentiels, industriels, de tracés de route, etc...).

> "A ce stade, des reconnaissances spécifiques (géophysique, sondages, essais in situ, essais d'identification géotechnique) seront nécessaires".
> (Gigan, 1973, p. 149).

Au niveau du site.

A ce niveau, domaine particulier des ingénieurs-conseil et maîtres-d'oeuvre., la cartographie s'effectue à très grande échelle (plus de 1:5 000). Les études sont très détaillées. Les propriétés géotechniques et hydrologiques du sol, sa lithologie et sa stratigraphie sont connues de façon précise pour chaque structure de soutien de la construction projetée. Ou encore, les dimensions, réserves et qualités d'un gisement de matériau utile sont mesurées. Chaque document constitue un dossier géotechnique de mesures ponctuelles pour un volume de sol très restreint.

1-1-2-12: Problème de relation verticale.

En cartographie géotechnique, ce problème consiste à trouver un moyen de représenter les relations spatiales entre plusieurs unités situées dans une succession verticale. Comment montrer que les unités sous-jacentes à celles en surface s'épaississent, diminuent ou disparaissent sans avoir à recourir constamment aux profils. Varnes (1974, p. 32) résume quelques méthodes.

Méthodes.

Pour montrer qu'une unité repose sur une autre, il suffit d'imprimer une couleur mi-ton sur un motif symbolique ou une seconde couleur. Ce motif, ou seconde couleur représente l'unité sous-jacente.

Si la stratigraphie se complique:

a) On peut enlever une tranche de matériel superficiel. De cette façon une "surface" paraît sous la surface réelle. Cette nouvelle "surface" peut-être:
... selon une altitude constante déterminée à partir d'un niveau de référence.
... selon une profondeur constante à partir

de la surface réelle (voir figure 1-1).

... selon un horizon géologique en particulier.

b) Ou encore, on peut tracer des bandes de couleurs verticales et horizontales, traversant les unités de surface pour représenter les deux unités sous-jacentes (voir figure 1-2). Il est possible d'utiliser des symboles pour indiquer l'épaisseur de ces unités. Zebera (1947) et Pasek (1968) développèrent ces méthodes en Tchécoslovaquie et Matula (1969), Debaille et Ghiste (1968), Gounon (1969) et plusieurs autres utilisent cette méthode. Bien que très élégante, cette technique ne permet de représenter que trois (3) couches superposées avant de devenir illisible. Par contre, le substratum peut-être ajouté sous forme d'un motif graphique superposé. Il est toujours possible d'ajouter une seconde feuille représentant la quatrième et la cinquième couche.

c) Enfin, il est possible de changer de symboles ou de couleurs pour représenter une succession particulière d'unités. Ainsi, les symboles ou les couleurs sont choisis non seulement en

Figure 1-1

Une partie de la carte géologique de Varsovie, Pologne.
Les unités représentées reposent à deux (2) mètres sous la surface.

A: argile à varves;

B: moraine;

C: remblais;

D: gravier;

E: sable;

F: argile du Pléistocène;

(Stamatello, 1965, figure 1)

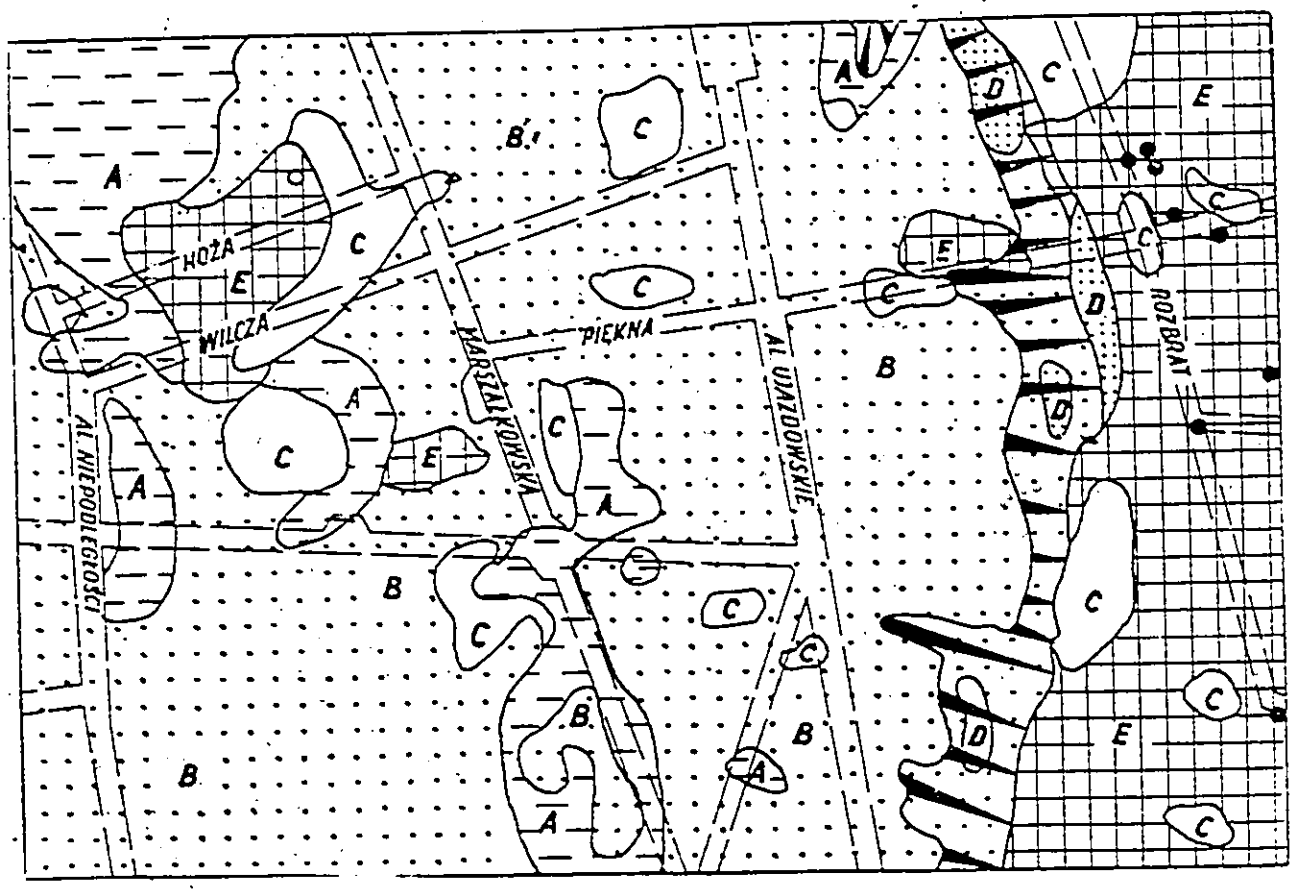

HOŻA
WILCZA
AL. NIEPODLEGŁOŚCI
MARSZAŁKOWSKA
PIĘKNA
AL. JAZDOWSKIE
ROZBRAT

Figure 1-1

fonction de l'unité superficielle, mais aussi en fonction des unités sous-jacentes.
Exemples: Grant (1968), Matula (1969).

1-1-2-13: Problème de la couleur et du symbolisme graphique.

La couleur.

Plus qu'une touche esthétique, la couleur devrait jouer un rôle élémentaire et essentiel dans la cartographie géotechnique. Ce rôle peut jouer principalement au niveau de la sensibilité visuelle et du symbolisme socio-culturel rattaché aux couleurs. Il n'est pas très original de faire remarquer qu'un rouge clair attire plus l'attention qu'un brun; l'interprétation à donner aux trois couleurs, rouge, jaune et vert, est universellement comprise; qu'une carte en blanc et noir attire moins l'attention qu'une carte en couleurs n'exige pas une démonstration complexe.

Sensibilité visuelle.

Cette préoccupation de la couleur a longtemps intéressé les peintres. Ils ont ressenti par intuition leurs associations harmoniques et suggestives: par exemple, le fait qu'une couleur pure paraît plus vive et plus

expressive sur un fond sombre, l'association des couleurs primaires et complémentaires, la "chaleur" relative associée à une couleur. Sur le plan de la réalisation d'un document géotechnique, pourquoi ne pas tirer avantage de ces phénomènes pour augmenter son impact. S'il faut attirer l'attention sur une argile sensible, une tourbière, des pentes instables, etc..., pourquoi ne pas choisir des couleurs vives et chaudes? Les couleurs plus froides et sombres seront alors réservées pour les formations ne présentant aucun problème.

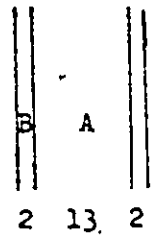
Symbolisme socio-culturel.

Un bon exemple du symbolisme socio-culturel des couleurs se retrouve dans les emblèmes nationaux. Plusieurs de ces emblèmes dépendent uniquement sur le symbolisme chromatique pour exprimer les aspirations, l'individualité d'une nation. En occident, le noir et le violet sont des teintes proclamant le deuil. En orient, le blanc exprime le même sentiment. Le rouge a toujours exprimé l'intensité, la passion; le vert, la vie et le bleu pâle, un idéal intouchable. Ce symbolisme, parfois rattaché qu'à une seule culture, ne demeure pas moins exploitable en cartographie. L'association de couleurs employées dans les cartes, appelées par les américains "stoplight", représente un exemple de l'utilisation du symbolisme chromatique.

Figure 1-2

Variations dans la méthode des bandes de couleurs pour représenter plusieurs unités superposées.

(Ghiste, 1972, p. V.10)

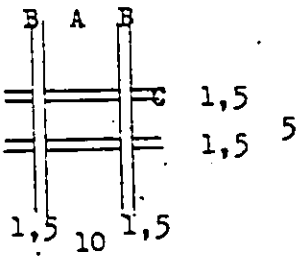


Carte de PASKOVO

A = 1ère formation

B = 2ème formation

L'intensité de la couleur donne l'épaisseur (< 2 - 2à5 - 5à10)



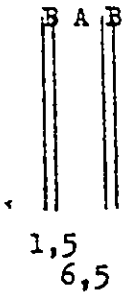
Carte de Creil

A = 1ère formation

B = 2ème formation

C= 3ème formation

L'intensité des couleurs donne l'épaisseur (< 2 - 2à5 -> 5)

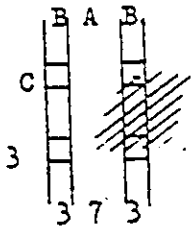


Carte de ZVOLEN BASIN

A = 1ère formation

B = 2ème formation

Epaisseur représentée par des signes



Carte de MONS

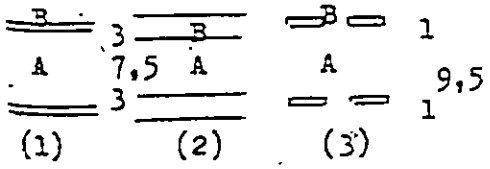
Remblais

A = 1ère formation

B = 2ème formation

C = 3ème formation

Epaisseur représentée par des signes



Carte de KUTNA HORA

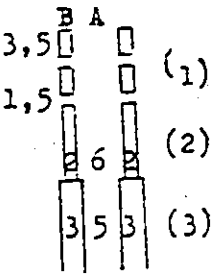
A = Formation superficielle

B = Roche de Base

(1)= B à moins de 1 m de profondeur

(2)= B entre 1 et 2 m de profondeur

(3)= B entre 2 et 4 m de profondeur



Carte de DESTNA

A = 1ère formation

B = 2ème formation

(1)= couche A épaisse de 0,5 à 2 m

(2)= couche A épaisse de 2 à 5 m

(3)= couche A épaisse de 5 à 10 m

Figure 1-2

Le rouge, jaune et vert servent à indiquer des degrés différents de restrictions à l'utilisation du sol. Un exemple: les cartes de Hackett et McComas (1969) dans lesquelles, le rouge (stop) représente les problème majeurs à surmonter, le jaune (caution), les problèmes majeurs mais possibles à contrôler et le vert (go), les problèmes mineurs.

Le symbolisme graphique.

Si la couleur attire l'attention et joue sur la sensibilité subjective de l'individu pour transmettre un message, le symbolisme graphique précise ce message et l'expose sans équivoque. Le symbolisme graphique (numérique, alphabétique et géométrique) est de confection humaine et introduit un symbolisme plus objectif, soit par conventions universelles (1, 2, ...347 ...A,B,C ... + -) soit par conventions arbitraires restreintes à certains domaines tels les sciences, les croyances religieuses, politiques, voire esotériques (π , Δ , $\therefore$,$\times$,$\pm$, Pb, etc...).

L'exploitation de ce symbolisme en cartographie résume toutes les tentatives de communication graphique de l'information. De façon générale, comme leur symbolisme se rattache à des conventions enseignées à tous et chacun depuis l'enfance, mieux vaut utiliser les symboles numériques

et alphabétiques pour leur valeur intrinsèque. Toute symbolisation excentrique risque de confondre et d'induire en erreur. Toute symbolisation doit être clairement définie dans la légende, que ce soit un symbole utilisé pour sa valeur propre ou traduisant une convention arbitraire. Enfin, les symboles doivent être, le plus possible, rapidement identifiable et ne réclamer qu'un raisonnement simple et logique pour conduire à leur pleine signification (exemple: Sb/Ar dépôt de sable sur de l'argile).

Problème de standardisation.

Varnes aborde un point sensible de la cartographie géotechnique (ou de génie géologique):

> "Visual emphasis logically should be placed on those elements of a map that are most important to the concept being presented. This may not be feasible for some purpose if colors, patterns, symbols, or other identifications of geologic units are based on a standard code derived from other real needs and logical justification. But maps derived from basic geologic data and directed toward one or a few specific engineering geological needs more often have freedom to emphasize any selected features."
>
> (Varnes, 1974, p. 37).

Pour cette raison, il semble donc préférable de s'en tenir à des recommendations générales concernant la présentation

des documents géotechniques cartographiés plutôt que d'élaborer une standardisation rigide qui risque de nuire à l'efficacité de ces documents. Toutefois, les cartes produites pour cette thèse proposent certaines conventions; ces dernières seront expliquées plus bas avec les cartes.

1-1-2-14: Conclusion.

Voilà donc, en bref, un aperçu des réalisations et des principaux problèmes de la cartographie géotechnique. Certains problèmes sont communs à toute cartographie. Ils prennent, en géotechnique, une importance singulière, car les documents produits sont très souvent destinés à un public ne possédant aucune notion de géologie, de géotechnique et même de génie civil. Les cartes doivent donc être simples, faciles à lire, franches et éviter d'induire en erreur.

1-1-3: L'utilisation de l'ordinateur pour l'exploitation d'un fichier géoscientifique.

1-1-3-1: Avantages évidents.

Impossible de nier les services immenses que rend l'ordinateur dans l'entreposage d'énormes quantités de données et leur récupération rapide au besoin. A cet avantage

s'ajoute le volume très restreint occupé par l'information ainsi entreposée. Une simple bande magnétique peut contenir l'information de plusieurs milliers de dossiers; leur mise à jour est facile, rapide et peu dispendieuse.

Ces avantages de l'ordinateur permettent la disponibilité de la documentation géologique et géotechnique à la collectivité. Cette documentation, pour une seule ville, s'accumule rapidement avec chaque nouvelle construction. En peu de temps, la consultation de ces dossiers entreposés selon un système traditionnel devient très difficile et très longue. Entreposés sur bande magnétique, ces mêmes dossiers sont facilement accessibles au moyen de l'ordinateur. A elle seule, cette consultation permet déjà de réduire le nombre et l'ampleur, donc les coûts, des études géotechniques requises avant d'entreprendre de nouveaux projets de construction.

1-1-3-2: Traitement des données.

L'ordinateur permet plus qu'une consultation rapide des dossiers. Il est aussi possible de traiter les données. Voici les principales phases de traitement suivies dans les recherches en ce domaine.

a) Traitement des données chiffrées (quantitatives):

"-mathématiques: calcul de relations, d'équations...

-statistiques;

-analyses probabilistiques: par recherche de corrélations ou d'analogie."

(Ghiste, 1972, p. III.4).

b) Traitement des données qualitatives (sémantiques):

-Permet l'analyse du contenu sémantique afin d'établir une corrélation entre différentes terminologies employées à l'origine et, pour enfin définir une terminologie unique pour tout le fichier.

c) Techniques de récupération cartographiée des données.

-Permettent de récupérer les données, traitées ou non, sous forme de cartes. Pour une telle récupération il faut, en plus de l'équipement électronique (matériel), un système intégré de programmes permettant la cartographie selon les spécifications de l'utilisateur (logiciel).

Essentiellement, cette récupération peut s'effectuer à trois niveaux.

Niveau 1. La récupération ponctuelle des observations (documentation, plans de localisation, résultats d'analyses, observations quantitatives et qualitatives).

La récupération des valeurs ne réclame aucune, ou très peu d'interprétation. Avec ces documents, véritables cartes de facteurs, l'utilisateur doit interpréter les données à la lumière de ses besoins et de sès limites. Ce niveau comprend aussi la récupération de cartes représentant des surfaces à caractéristiques semblables (Turner et Smedes, 1974), du moment que ces surfaces aient été compilées à l'origine et ne représentent donc pas des données manipulées.

Niveau 2. La récupération des observations après interpolation.

Après une manipulation, pouvant être statistique, les valeurs ponctuelles sont cartographiées à l'aide de courbes isovales (isobares, isopaques, isobathes, etc...). Cette manipulation est bien une interprétation puisqu'elle interpole automati-

quement, selon un algorithme prédéterminé, les valeurs ponctuelles. Le document doit donc être considéré comme une image approximative.

Niveau 3. La récupération d'évaluation ou d'aptitude.

Selon des techniques de superposition (taxonomiques ou autres) et selon des méthodes de pondération des facteurs, de corrélations, etc... les données sont traitées afin d'évaluer les qualités des sites en vue d'un aménagement ou d'un problème précis. Les facteurs (résultats d'analyses, paramètres dérivés, observations qualitatives ou quantitatives) perdent leur objectivité et prennent une signification rigoureusement prédéterminée dans une matrice de spécifications rigides. L'utilité de tels documents se limite à des emplois très restreints: (Exemple: sites favorables aux fosses septiques, aménagement d'un parc industriel, etc...).

d) Récupération et traitement des données par l'intermédiaire d'un écran cathodique. Arnould et Vantroys en précise quelques possibilités:

> "La coupe sera obtenue sur écran cathodique. Une fois sélectionné, un certain nombre de sondages les mieux alignés possible, on affichera leurs logs, espacés convenablement en fonction des distances entre chaque sondage. Les points correspondants sur les différents logs seront joints par des droites, à moins que le géologue ne l'interdise, ou n'impose des conditions supplémentaires, par exemple dans le cas ou il y aurait une faille. La coupe définitive affichée sur l'écran pourra être reproduite directement par la machine sur calque ou sur microfilm,"
>
> (Arnould et Vantroys, 1970, p. 1074).

L'intérêt se porte aujourd'hui à la recherche d'une méthode de traçage de profils géologiques par ordinateur. L'écran cathodique présente une solution au problème. Il est évident que la mise en service d'équipement toujours plus sophistiqué permettra de résoudre plusieurs autres problèmes.

1-1-3-3: Les problèmes.

Les problèmes rattachés à l'utilisation de l'ordinateur en cartographie proviennent du désir des réalisateurs de traiter et cartographier leurs données selon des spécifications toujours plus complexes et audacieuses poussant la machine à approcher le raisonnement et l'habilité humaine tout en les dépassant par sa rapidité d'exécution. Les principaux problèmes semblent se résumer aux algorithmes d'interpolation et à la symbolisation graphique.

Les algorithmes d'interpolation.

Le problème se résume à vouloir interpoler des valeurs ponctuelles pour les traduire en courbes d'isovaleurs. Une interpolation linéaire traditionnelle est possible et facilement réalisable avec l'ordinateur, mais nécessite une grande quantité d'information, condition irréalisable la plupart du temps. De plus, il devient impossible de répérer les endroits ou l'approximation linéaire n'est pas valable, ou, d'estimer le degré de fiabilité auquel elle est valable. L'emploi de différentes approches statistiques tente de résoudre ce problème. Le "Trend Surface Analysis" semble l'algorithme le plus employé jusqu'à maintenant. Une amélioration dans ce domaine, le krigeage universel n'est employé encore qu'en France.

Le "Trend Surface Analysis" (les tendances).

Il s'agit de représenter une surface à partir de valeurs ponctuelles.

> "Ceci mène au problème des tendances (Trend Surface Analysis); à partir de mesures rapportées à leur position géographique, il s'agit là d'estimer une surface représentative de la grandeur mesurée et de dessiner éven-

> tuellement les courbes iso-valeur de cette surface ... afin d'en déduire:
> - une indication générale sur la tendance de la grandeur mesurée, en dehors des fluctuations aléatoires de chacune des mesures;
> - une estimation de la grandeur mesurée aux points ou aucune mesure n'existe.
>
> Ce problème a été résolu de plusieurs façons:
> - Calcul de surface de meilleur approximation à formulation analytique (exemple: polynôme de degrés n en x et y, polynômes orthogonaux...).
>
> (Marsily de, 1970, p. 247-248).

Pour simplifier l'explication, il s'agit essentiellement, d'ajuster ces polynômes par la méthode des moindres carrés, exigeant donc des conditions d'homogénéité dans les données. Vantroys et Gros formulent les reproches suivants à l'égard de cette méthode:

> "Lorsqu'on choisit l'approximation polynomiale, plus la surface réelle semble complexe, plus le degré du polynôme devra être élevé. Mais alors on introduit des gradients très élevés ne correspondant à rien dans la réalité, surtout si l'on s'éloigne de l'ensemble des points connus. Ceci ne peut être évité qu'en se limitant à un étroit voisinage des données en ajustant plusieurs polynômes se "chevauchant" éventuellement, et donc oblige à disposer d'une très grande quantité d'information."
>
> (Vantroys et Gros, 1972, pp. 542-543.

Giardina et Kulhawy (1975) réalisèrent une application heureuse du "Trend Surface Analysis" dans les limites de la ville de Syracuse, New York. Il faut spécifier qu'ils ont restreint leur étude à la cartographie d'une zone de 4.5 km^2 (1.76 milles carrés) et ont bénéficié d'une densité moyenne de 137 forages par km^2. (voir figures 1-3, 1-4a et 1-5a). Ils ont qualifié de "cartes utiles" les documents produits avec un coefficient de corrélation de plus de 0.85 (la distribution des unités stratigraphiques déterminées par une analyse de régression du 7ième ordre).

En analysant les résiduelles (déviations des valeurs mesurées avec celles calculées pour établir et tracer la surface de régression) (voir figures 1-4b et 1-5b) les auteurs avouent que lorsque l'information se fait rare (dans le coin sud du site), le niveau des résiduelles devient inacceptable et invite l'intervention humaine pour assurer l'interprétation juste du document.

Figure 1-3

Site géographique de l'étude de Giardina et Kulhawy (1975).
Syracuse, New York, E.U.

(Points . = localisations des forages).

(Giardina et Kulhawy, 1975, p. 179).

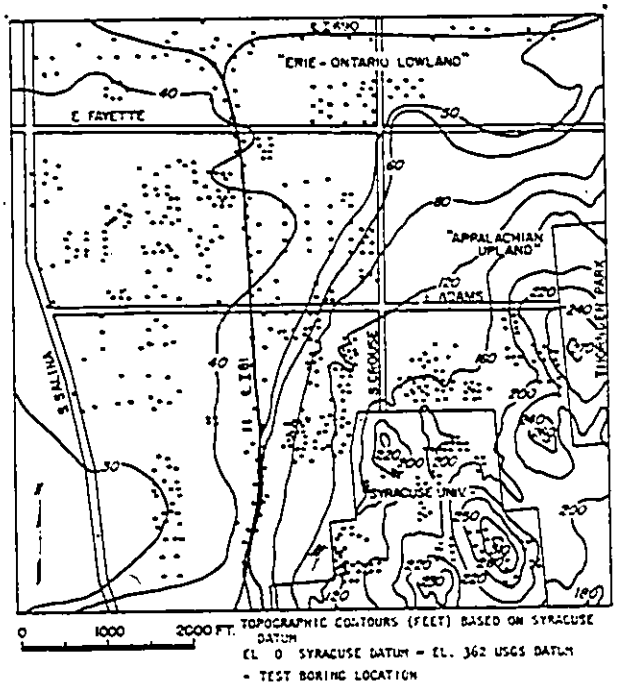

"ERIE - ONTARIO LOWLAND"
E FAYETTE
"APPALACHIAN UPLAND"
ADAMS
SYRACUSE UNIV.
0
1000
2000 FT.
TOPOGRAPHIC CONTOURS (FEET) BASED ON SYRACUSE DATUM
EL 0 SYRACUSE DATUM = EL. 362 USGS DATUM
= TEST BORING LOCATION

Figure 1-3

Figure 1-4a

Topographie de la roche en place,
tracée selon un algorithme d'interpolation
(Trend Surface Analysis) par l'ordinateur.

(Giardina et Kulhawy, 1975, p. 185).

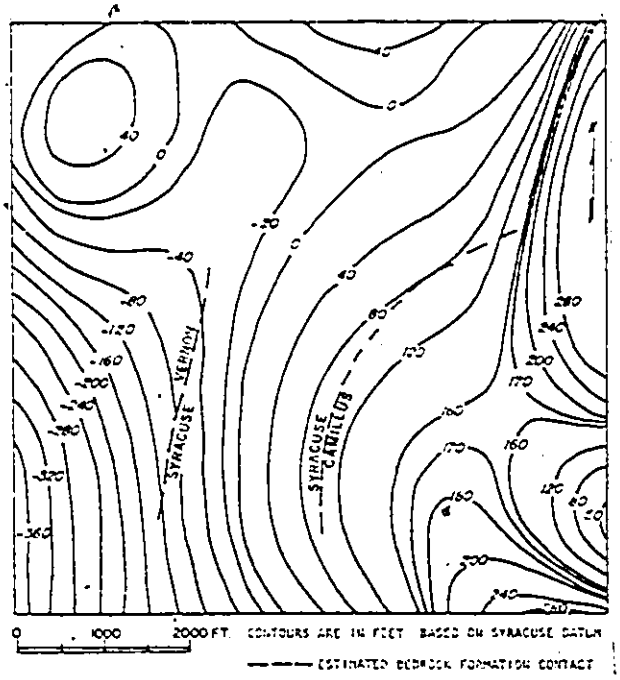

SYRACUSE
SEPHOY
SYRACUSE
CAMILLUS
0
1000
2000 FT.
CONTOURS ARE IN FEET BASED ON SYRACUSE DATUM
ESTIMATED BEDROCK FORMATION CONTACT

Figure 1-4a

Figure 1-4b

Topographie de la roche en place, valeurs résiduelles (déviations des valeurs mesurées avec celles calculées pour établir et tracer la surface de régression).

(Giardina et Kulhawy, 1975, p. 196).

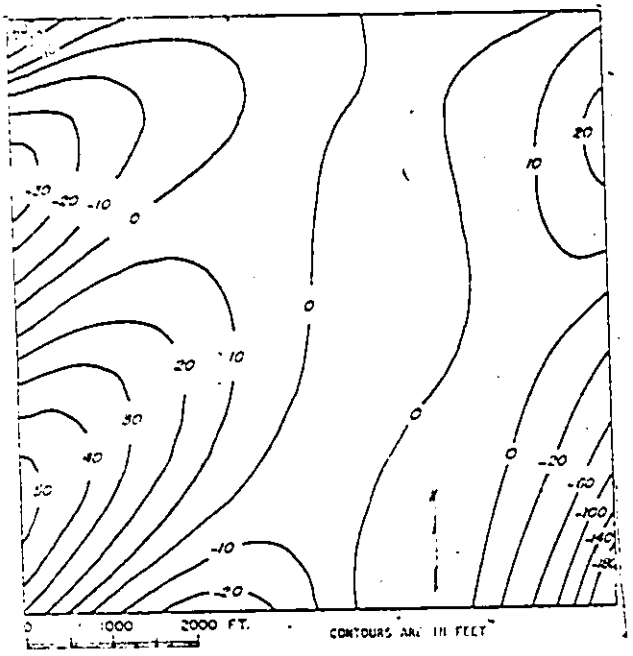

-30
-20
-10
0
10
20
0
0
0
0
-20
-60
-100
-140
-180
20
10
-10
-20
30
40
50
0
1000
2000 FT.
CONTOURS ARE IN FEET

Figure 1-4b

Figure 1-5a

Topographie des sédiments lacustres,
tracée selon un algorithme d'interpolation
(Trend Surface Analysis) par l'ordinateur.

Giardina et Kulhawy, 1975, p. 189).

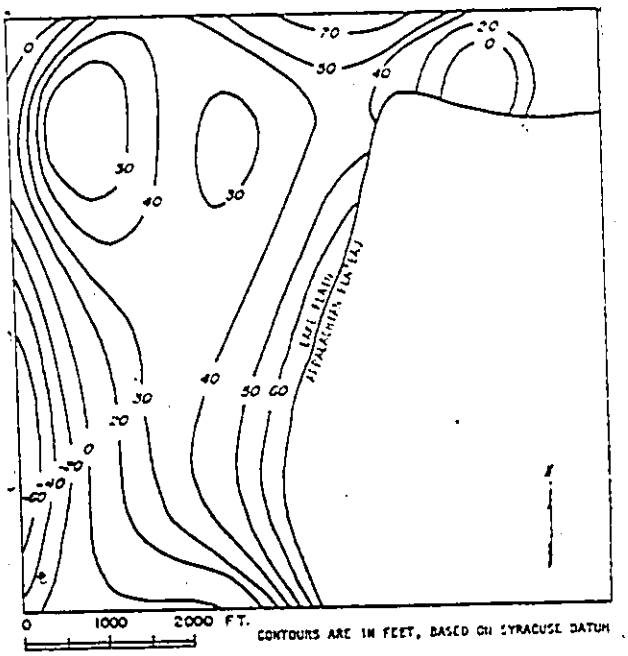

70
30
40
20
0
0
30
40
30
40
50
60
30
20
0
-20
-40
-60
0
1000
2000 FT.
CONTOURS ARE IN FEET, BASED ON SYRACUSE DATUM

Figure 1-5a

Figure 1-5b

Topographie des sédiments lacustres, valeurs résiduelles (déviations des valeurs mesurées avec celles calculées pour établir et tracer la surface de régression).

(Giardina et Kulhawy, 1975, p. 190).

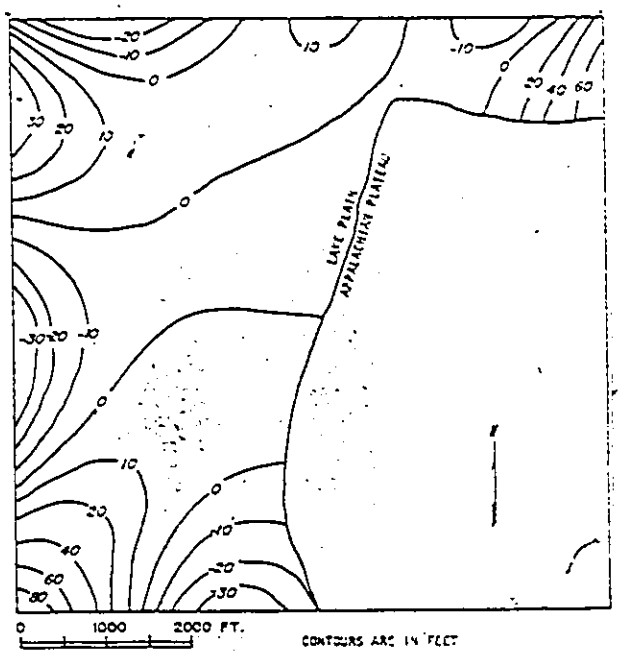

LAKE PLAIN
APPALACHIAN PLATEAU
0 1000 2000 FT.
CONTOURS ARE IN FEET

Figure 1-5b

Le krigeage universel. (Matheron, 1963, 1969 et 1972)

Le krigeage est une méthode statistique sophistiquée utilisée avec un ordinateur pour calculer des courbes de niveau ou d'isovaleur dont la fourchette d'erreur maximale possible est connue. Le krigeage universel, encore au niveau de la recherche géostatistique, semble comporter plusieurs avantages sur la méthode plus connue du "Trend Surface Analysis".

> "Le krigeage revient à effectuer une pondération, c'est-à-dire à attribuer un poids à la teneur de chaque échantillon, ces poids étant calculés de manière à rendre minimale la variance d'estimation résultante, compte tenu des caractéristiques géométriques du problème (formes, dimensions et implantation relative du panneau et des échantillons). ...L'intérêt pratique le plus important - et de loin - du krigeage provient non pas de ce qu'il assure la meilleure précision possible, mais qu'il permet d'éviter une erreur systématique."
>
> (Matheron, 1972, p. 355).

Le krigeage donne, au plus, une estimation statistique optimale dans un tracé d'isovaleur, indique l'erreur maximale possible, prévient lorsque l'estimation n'est pas valable et permet d'inclure des informations incomplètes (exemple 30 m ± 10 m pour une épaisseur).

Les figures 1-6a et 1-6b donnent un exemple de l'utilisation du krigeage avec un programme de cartographie.

Un algorithme d'interpolation linéaire.

La cartographie d'isovaleur effectuée pour cette thèse (cartes d'épaisseur des dépôts meubles et de la topographie de la roche en place provient des programmes de cartographie de Bélanger (1975) développés à la Commission géologique du Canada. Il s'agit d'un algorithme d'interpolation linéaire.

L'algorithme génère un réseau régulier de mailles rectangulaires de densité spécifiée. La valeur de chaque noeud de ces mailles provient d'une évaluation des données situées dans un rayon, spécifié ou non, de ces noeuds. La pondération des valeurs due a la distance, égale l'inverse des distances du noeud, au carré. De plus, l'algorithme pondère l'effet des données très rapprochées du noeud. Il n'y a aucune estimation statistique ou de tendance. Les mailles rectangulaires du réseau sont

divisées en triangles par les diagonales. Le point d'intersection des diagonales égale la moyenne des quatre coins. Les courbes d'isovaleur sont tracées par les côtés de ces triangles selon une interpolation linéaire.

En plus du manque d'appréciation statistique des valeurs cartographiées, cet algorithme ne considère pas les valeurs incomplètes. Par exemple, la méthode ne peut tenir compte de ces données si les nombreuses valeurs provenant de sondages ne se rendent pas au roc dans un creux ou une vallée enfouie, lors de la cartographie de la topographie de la roche en place. Seul les sondages atteignant le roc de chaque côté de la dépression seront considérés et cette dernière sera complètement ignorée. Il faut effectuer la correction.

Par contre, le programme est facile à utiliser et à modifier et s'avère un intermédiaire utile dans le dépouillement des données à tracer.

Figure 1-6a

Ville nouvelle d'Evry -
Epaisseur du limon des plateaux -
B: Courbes isopaques tracées selon l'algorithme d'interpolation du krigeage universel.

(Arnould et Vantroys, 1970, p. 1078).

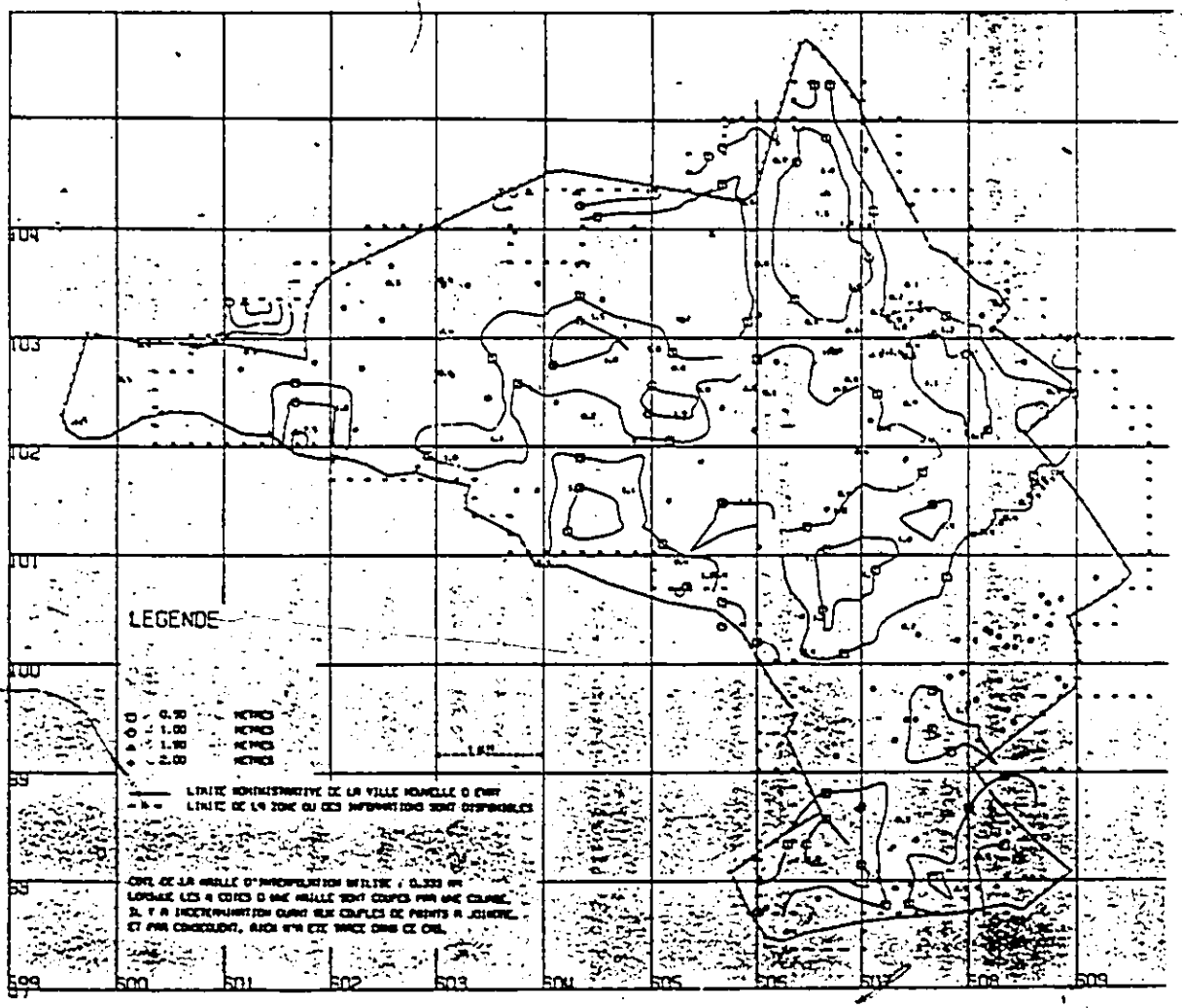

LEGENDE
104
103
102
101
100
99
98
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509

Figure 1-6a

Figure 1-6b

Ville nouvelle d'Evry -
Epaisseur du limon des plateaux -
C: Courbes d'isoerreur (erreur maximale possible, l'erreur réelle en pratique ne dépasse pas le quart de la valeur indiquée).

(Arnould et Vantroys, 1970, p. 1079).

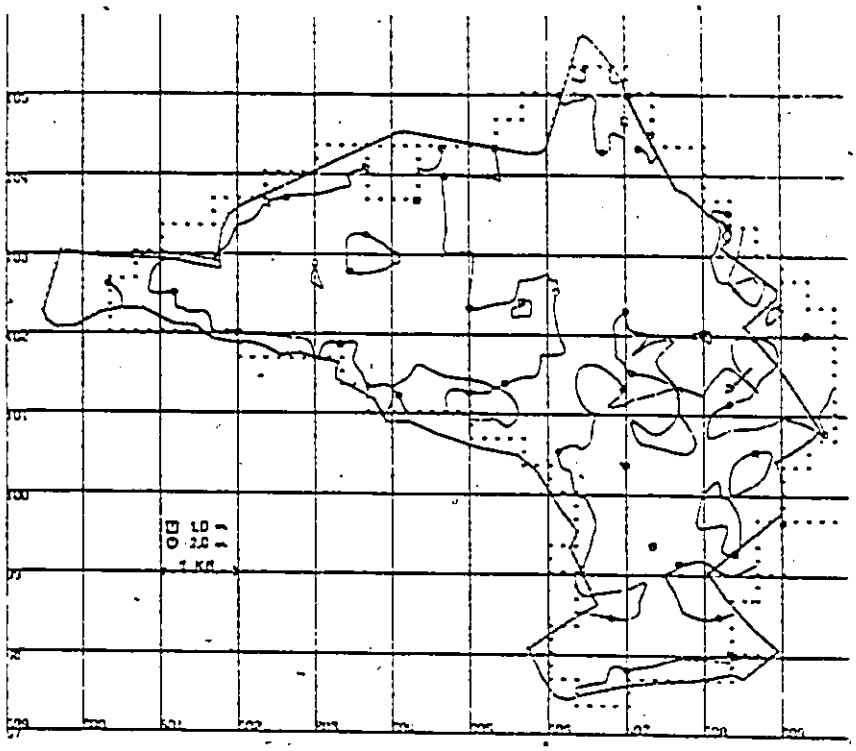


Figure 1-6b

Commentaires sur les algorithmes d'interpolation

Notons que toute approche d'interpolation basée sur un modèle mathématique peut ne pas correspondre avec la réalité. Si "... la nature n'a aucune raison d'avoir une forme polynomiale," (Vantroys et Gros, 1972, p. 543), elle n'a pas plus de raison de suivre une variation statistique ou linéaire. De là, l'utilité d'une appréciation de l'erreur.

Récupération "modulaire".

Il faut mentionner qu'il est possible de récupérer des aires cartographiées à l'aide de l'ordinateur. Les exemples fournis par Dumper (1972) et Turner et Smedes (1974) démontrent que l'interpolation a précédé la compilation du fichier. La méthode est simple, il s'agit de diviser la carte de la région étudiée au moyen d'un quadrillage assez fin pour les besoins (ici la question de l'échelle prend une importance particulière; plus l'échelle sera petite, plus chaque aire ou "module" délimité par le grillage couvrira

une grande superficie et moins la précision sera grande). Il s'agit de compiler une variété de facteurs (ou variables) géoscientifiques, socio-économiques, politiques, culturels, etc..., pour chaque point d'intersection du grillage (Dumper, 1972) ou chaque "cellule" délimitée par le grillage (Turner et Smedes, 1974) Il devient alors possible de pondérer ces différents facteurs pour étudier les différentes possibilités d'aménagement, de calculer et dresser la carte des facteurs d'aptitude ou de "desirability" pour différents plans d'aménagements et équipements du sol.

De plus, il est possible de prédire, en utilisant la régression multiple, jusqu'à quel point peut être déterminée la valeur d'un facteur en connaissant la valeur d'un autre facteur, ou encore l'effet de pondération d'un facteur sur le résultat final.

La méthode consiste à compiler, dans un fichier électronique, chacune des cartes spécialisées, réalisées à priori de façon conventionnelle. L'ordinateur n'établit pas réelle-

ment la carte, il permet simplement la manipulation de ces cartes pour en former de nouvelles. Il n'y a donc aucun algorithme d'interpolation dans le système.

La symbolisation.

La symbolisation graphique et chromatique adaptée aux besoins de la cartographie géotechnique constitue un domaine de recherche intensive dans plusieurs parties du monde (voir plus haut). Cette recherche demeure importante lorsque l'ordinateur est employé comme outil de cartographie. Par contre, les possibilités graphiques deviennent plus limitées et sont étroitement liées aux installations disponibles aux réalisateurs. Parfois, ces derniers doivent se limiter à l'imprimante et aux possibilités du programme de cartographie utilisé (Kugler-Gagnon, 1974). Muehrcke (1972) résume adéquatement les réalisations dans ce domaine. Il faut se rappeler que le réalisateur ne peut dépasser la capacité des installations à sa disposition et que souvent viennent s'ajouter des contraintes économiques (lenteur des traceurs pour certains symboles

dessinés avec les plumes - surtout si leur nombre est élevé - complexité de la programmation pour les obtenir, etc...). L'imprimante peut dresser une carte adéquate, mais il existe une vaste gamme d'appareils spécialisés pour réaliser la cartographie automatique. Les tables traçantes, les traceurs à tambour ou électrostatiques, les écrans cathodiques et autres traceurs électroniques, permettent une flexibilité accrue et continue dans le choix de la symbolisation graphique. Dans un proche avenir, l'ordinateur rendra possible l'emploi de tout l'éventail de la symbolisation graphique selon les méthodes traditionnelles, maintiendra les coûts abordables et permettra une rapidité d'exécution croissante.

1-1-4: L'exploitation d'un fichier géoscientifique composé essentiellement d'informations déjà existantes.

1-1-4-1: Les réalisations.

Legget affirme dans son ouvrage "Cities and Geology", au chapitre adéquatement intitulé "What Every City Should Do" (Ce que chaque ville devrait faire):

> "The program of collecting and coordinating local geological information that has been sketched show what every city can do with little effort and with a minimum of expenditure that will be many times repaid by the practical use that can be made of the resulting records. ...If, therefore, one can look ahead a few years, it is possible to imagine all such city record systems interrelated and tied in with the national systems of geological information in which records of boreholes and their exact locations can be stored and retrieved when needed from a centrally located computer establishment."
>
> (Legget, 1973, p. 505).

Si Legget se fait le promoteur de l'utilisation de données géoscientifiques enfouies dans les archives des municipalités et des organismes gouvernementaux ou reposant dans les filières des firmes d'ingénieurs-conseil et d'architectes, l'idée n'est pas neuve. Plusieurs pays le font maintenant, et de façon systématique (France, Suisse, Tchécoslovaquie, URSS...). En Tchécoslovaquie, Zaruba (1948) revisa les conditions géologiques sous la ville de Prague en se basant sur la littérature géoscientifique, et un dépouillement des rapports de forages disponibles. Habituellement, une étude d'aménagement, de l'environnement physique ou de cartographie géotechnique, commence par un dépouillement de l'information géoscientifique disponible. Il se peut que certaines contraintes (politiques, administratives ou économiques) viennent bousculer l'ordre normal d'une telle étude; le cas de l'étude géoscientifique de

Sainte-Scholastique par exemple, (Kugler-Gagnon, 1974). Mais il s'agit là de situations exceptionnelles. Pour des raisons économiques d'abord, toute étude de grande envergure doit tenter de réunir le plus de renseignements utiles disponibles à peu de frais, avant même de planifier un programme d'échantillonnage sur le terrain.

La Commission géologique du Canada a réussi à compiler, sur bande magnétique la majeure partie de l'information géoscientifique disponible pour vingt-cinq (25) zones urbaines canadiennes, dont la banque de données de Hamilton. Une critique plus sérieuse de cette dernière sera effectuée plus bas. (voir chapitre 4).

1-1-4-2: Les étapes.

Une critique sur les étapes nécessaires à la réalisation d'un fichier ordinolingue sera aussi abordée plus loin. Il suffit ici de décrire brièvement ces étapes (tirées de Bélanger, 1974).

a) La conception des fiches de compilation.

b) La localisation de sources d'information intéressantes et leur acquisition (la plupart du temps, soumissions volontaires des données

par leur propriétaire; dans certains pays, dont la France, il existe une obligation légale de la part des propriétaires de soumettre leurs données à un organisme public).

c) Transcription des données géoscientifiques contenues dans les dossiers, sur les fiches de compilation (en code mnémonique ou non, selon la fiche).

d) Entreposage préliminaire des données non-corrigées sur bande magnétique pour traitement subséquent.

e) Programme de reconstitution des fiches pour éliminer les données superflues (Bélanger, 1974).

f) Programmes de vérification pour éliminer les erreurs à la compilation et à la perforation.

g) Programmes de standardization et homogénéisation de la terminologie (étude sémantique).

Dans le cas des banques de données de la Commission géologique, à ce dernier niveau, un seul programme permet l'accès des données à toutes les banques car elles partagent maintenant un format standard. Les programmes de récupération sont alors très élémentaires (réproduction des données telles que compilées, la réalisation de cartes documentaires...).

1-2: Situation de cette thèse dans le contexte de la cartographie géotechnique automatisée et de l'exploitation d'un fichier géoscientifique ordinolingue.

Après avoir résumé, dans ses grandes lignes, les réalisations et les problèmes de la cartographie géotechnique, il sera maintenant entrepris de situer cette thèse pour en dégager les efforts d'innovation et d'amélioration méthodologiques, compte tenu des restrictions imposées par le fichier, et les ressources techniques et économiques disponibles.

Le fichier de la banque de données de Hamilton, Ont., contenait à l'origine 5234 fiches magnétiques, la plupart des données provenant du dépouillement des dossiers d'ingénieurs-conseil. Une firme d'ingénieurs-conseil, engagée à cet effet, avait réalisé la cueillette et la transcription sur fiches de ces données. La banque avait subi toutes les étapes préparatoires décrites plus haut. Des récupérations élémentaires étaient possibles.

A ce point, l'auteur se vit remettre le soin d'exploiter cette banque de données. L'essentiel de cette thèse consiste dans l'exploitation du fichier géoscientifique de Hamilton, Ont., la méthodologie suivie et les tentatives de résoudre les problèmes reliés à son

exploitation. Ajoutons que l'expérience acquise permet à l'auteur d'apporter des suggestions à la constitution de banques de données géoscientifiques futures (voir chapitre 5). En outre, le bilan d'une étude des besoins des utilisateurs s'y trouve inclus. (voir chapitre 3).

1-2-1: Situation au niveau de l'orientation conceptuelle et du traitement des données:

1-2-1-1: L'approche.

Au niveau conceptuel, la thèse se situe quelque part entre l'orientation nord-américaine qui évite un traitement statistique des données avant la cartographie et l'approche européenne qui n'hésite pas à pousser la recherche vers des algorithmes d'interpolation avancés.

Un traitement statistique des données permettant des dérivations de paramètres physiques (valeurs approximatives) ne peut qu'augmenter le potentiel d'un fichier. Il ne faut pas oublier que les données de ce fichier étaient à l'origine déterminées en vue de problèmes particuliers; elles sont donc très hétérogènes. Cette hétérogénéité des données constitue un problème très réel dans tous les fichiers géoscientifiques accumulés à partir de données disponibles. A ce problème universel, la solution suggérée

ne peut être que partielle, mais semble être dans la bonne voie.

1-2-1-2: Le traitement.

Les traitements basés sur des interpolations polynomiales (Trend Surface Analysis) ou statistiques (type krigeage) semblent hasardeux, du moins au niveau des réalisations actuelles. La nature ne suit pas d'algorithme précis, donc toute tentative d'interpolation algorithmique perd de sa crédibilité avec l'augmentation de la distance entre les points de contrôle.

La mise au point d'algorithmes, permettant d'attacher à telle ou telle courbe d'isovaleur une estimation de son erreur maximale possible, constitue une amélioration importante. Ces algorithmes semblent assurés d'un certain succès. Mais alors, comment faire accepter des cartes déja complexes pour le géotechnicien à l'utilisateur déjà embarrassé devant des cartes géotechniques très simples? Finalement, du dire même des créateurs et utilisateurs, ces méthodes d'interpolation ne sont pas encore au point (Matheron, 1972, p. 362; Gigan, 1973, p. 172; Arnould et Vantroys, 1970, p. 1076) et s'avèrent très onéreuses (Vantroys et Gros, 1972, p. 555).

Dans cette thèse, les méthodes statistiques sont utilisées dans le but d'homogénéiser les données et d'estimer les fourchettes optimales des paramètres d'un type de sol défini. L'approche se veut moins compromettante que l'interpolation automatique, tout en étant moins coûteuse et plus facile à comprendre par l'utilisateur. Les statistiques utilisées sont assez élémentaires et les résultats plutôt conservateurs (voir chapitre 4).

1-2-2: Situation au niveau de la cartographie géotechnique automatisée.

Au niveau de la cartographie géotechnique automatisée, cette thèse propose un mode de récupération ponctuel, une symbolisation employant chiffres, lettres, symboles et couleurs et un système de récupération de cartes "d'aptitudes" ou de synthèse dont les paramètres du sol peuvent être manipulés au bon gré de l'utilisateur.

1-2-2-1: La récupération.

Une première partie de la récupération vise à faciliter et seconder la cartographie traditionnelle. (Exemples: cartes d'épaisseur des formations et topographie de la roche en place).

Une seconde partie de la récupération consiste en produits "finis" (cartes de facteurs).

1-2-2-2: La symbolisation.

La symbolisation se veut constante et la plus simple possible. Les chiffres sont utilisés pour exprimer une fourchette quantitative. S'il y a deux fourchettes quantitatives, la couleur sera alors employée pour la seconde. La couleur toujours, prend une connotation interprétative. Des deux fourchettes quantitatives, par exemple, celle se prêtant le mieux à une mise en garde sera représentée par un code chromatique, par exemple: la résistance à la pénétration; la couleur représente dans ce cas les valeurs basses, donc pouvant indiquer un problème. Les chiffres représentent la profondeur à laquelle la lecture a été faite. Les lettres expriment, le plus souvent, une abréviation assez répandue, par exemple: "W" pour eau, cette abréviation se rencontre même dans des manuels techniques français.

L'imprimante de la table traçante utilisée ne contient qu'un nombre limité de symboles (cercle, carré, losange, astérisque ...). En outre, la valeur symbolique des symboles disponibles (figures géométriques simples)

n'est pas tellement évidente. Pour ces raisons, les symboles (autres que les symboles numériques et alphabétiques) sont peu employés. Le chapitre 6 traite ces sujets plus en détail.

1-2-2-3: Le système.

La partie traitant de récupération de cartes de synthèse ou d'aptitudes (voir chapitre 9) représente une approche inédite au problème d'exploitation d'une banque de données géoscientifiques:

> "Ces cartes (cartes d'aptitudes) ne peuvent être établies qu'avec la collaboration de l'utilisateur, qui seul pourra préciser ses objectifs, ses contraintes techniques et ses exigences économiques et financières. En parfaite connaissance du problème posé, l'influence de chaque paramètre sera appréciée à sa juste mesure, certains apparaîtront superflus, d'autres essentiels et il sera parfois nécessaire de remonter à la carte de facteur pour en préciser les variations."
>
> (Gigan, 1973, p. 152).

Cette thèse propose un système de récupération utilisable directement par l'utilisateur ayant une certaine formation en géotechnique ou pouvant s'assurer les services d'une telle personne. A partir d'une liste fixe de paramètres disponibles, l'utilisateur pourra en préciser

l'importance et les limites acceptables, en juguler l'influence, en varier les combinaisons, etc..., afin de répondre à son problème et les faire correspondre à ses objectifs particuliers. Le document résultant se conformera à toutes ses exigences.

Les structures et les spécifications géoscientiques du système de récupération proposé sont décrites. Un exemple est présenté et discuté. La mise sur pied de ce système relève toutefois en grande partie de l'informatique et non de la géotechnique. L'exemple démontre que le système est réalisable du point de vue informatique.

Mise à part les quelques cartes récupérées selon le programme d'interpolation de Bélanger (1975), toutes les récupérations sont ponctuelles. Plusieurs ont servi à l'élaboration de cartes tracées selon les méthodes traditionnelles. Cette cartographie traditionnelle s'inspire des réalisations tchèques et françaises

1-2-3: Situation au niveau de la compilation d'un fichier géoscientifique.

D'après l'expérience acquise auprès du fichier de Hamilton, cette thèse propose plusieurs améliorations

à la constitution de fichiers géoscientifiques, autant dans leur contenu que dans leur structure. Plusieurs de ces propositions sont inédites (voir chapitre 5).

1-2-4: Situation au niveau des besoins de l'utilisateur.

S'appuyant, en partie, sur l'enquête menée par l'auteur auprès des différents utilisateurs de données géoscientifiques dans la région de Hamilton, et aussi sur les discussions avec certaines personnes du milieu universitaire, public et privé, cette thèse tente de cerner quelques-uns des problèmes de communication entre l'utilisateur et le réalisateur de documents géotechniques. Certaines approches dans l'élaboration des documents géotechniques de cette thèse prennent ces problèmes en considération.

CHAPITRE 2

LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO

2-1: Introduction.

Aucun facteur géoscientifique n'a incité le choix du site de cette étude. L'auteur n'a pas choisi Hamilton pour y faire son étude, et en fait, le site importe peu. Toute autre ville canadienne aurait pu faire l'objet de cette étude, la condition essentielle étant l'existence d'une banque de données géoscientifiques compilées sur bandes magnétiques. Vingt-cinq (25) régions urbaines canadiennes répondaient à cette condition, mais seules les autorités de la ville de Hamilton témoignèrent leur intérêt pour une telle étude. La figure 2-1 indique les limites géographiques de la zone étudiée.

2-2: Situation géographique et aperçu historique.

Située à l'extrémité ouest du lac Ontario, dans les basses-terres du Saint-Laurent, la région de Hamilton faisait, à l'origine, partie du territoire des indiens Tobacco du groupe Iroquois. En 1663, Sieur Cavalier de LaSalle explora brièvement la région lors de son expédition vers le sud. Ce n'est qu'à la fin du 18ième siècle que des colons loyalistes s'établirent de façon permanente dans la région. En 1816, Hamilton formait un village, en 1846, une ville. En 1973, les municipalités de Hamilton, Ancaster, Dundas, Stoney Creek et les townships de Flamborough et Glanbrook du comté de Wentworth sont regroupés en une municipalité régionale (Hamilton-Wentworth Regional Municipality: soit 1118.8 km^2) (voir figure 2-1).

L'escarpement du Niagara domine son paysage physique. Cette grande cuesta délimite une étroite plaine en contre-bas sur la rive du lac Ontario. La partie abrupte de l'escarpement s'élève à environ 76 mètres. Au sommet s'étend une large plaine drainée vers le sud et le sud-est.

L'Atlas National du Canada (1974) résume adéquatement l'aspect socio-économique de la région.

Figure 2-1

Limites géographiques de la région étudiée.

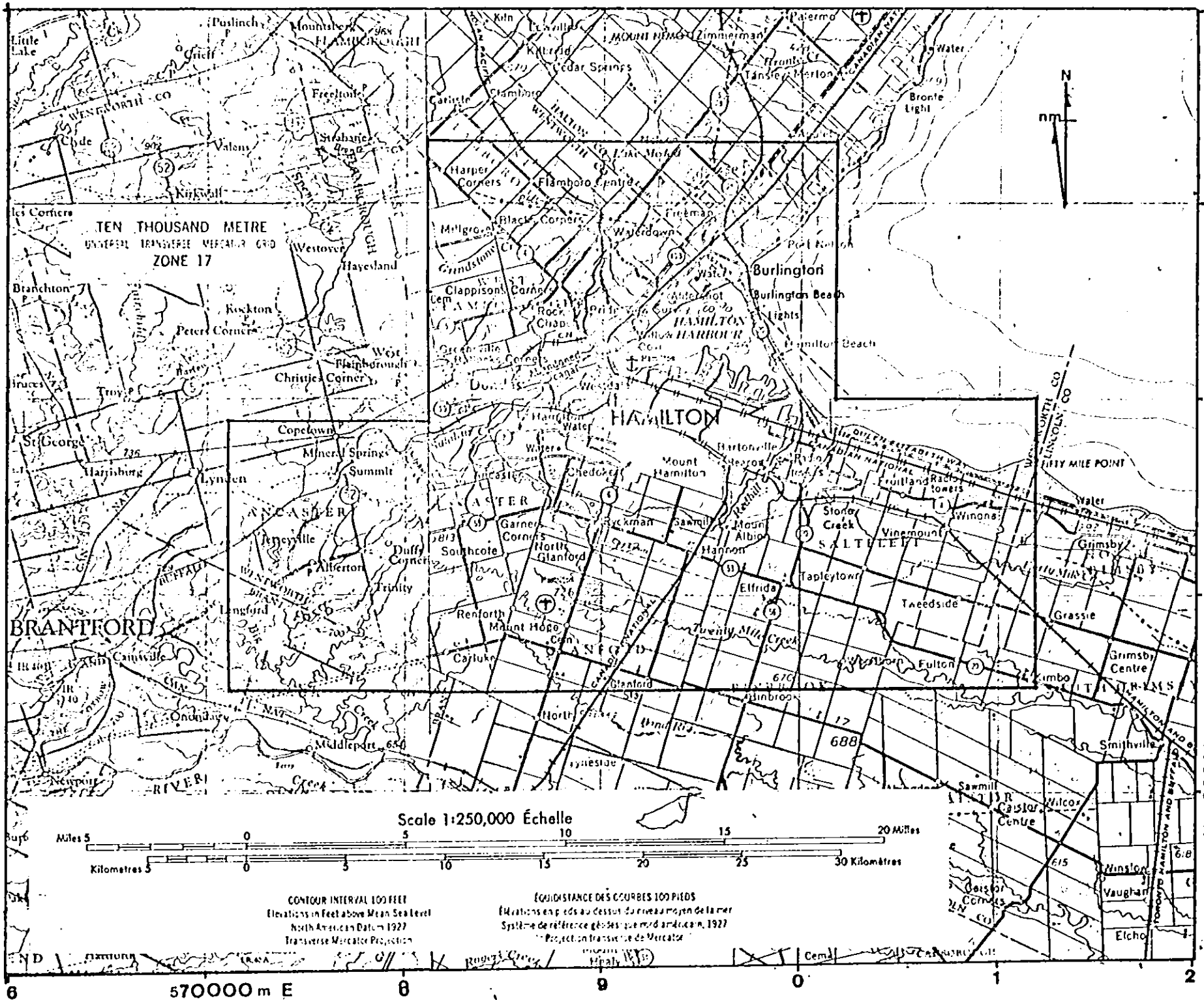

TEN THOUSAND METRE
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID
ZONE 17
HAMILTON
BRANTFORD
Burlington
Scale 1:250,000 Échelle
Miles 5 0 5 10 15 20 Miles
Kilometres 5 0 5 10 15 20 25 30 Kilomètres
CONTOUR INTERVAL 100 FEET
Elevations in Feet above Mean Sea Level
North American Datum 1927
Transverse Mercator Projection
ÉQUIDISTANCE DES COURBES 100 PIEDS
Élévations en pieds au dessus du niveau moyen de la mer
Système de référence géodésique nord américain, 1927
Projection transverse de Mercator
570000 m E
4770000 m N

Figure 2-1

2-3: Géologie de la région.

Un bref résumé de la stratigraphie permet de situer le cadre géologique de cette étude. La géologie de la roche en place et des dépôts meubles est décrite plus en détail dans l'annexe VI.

2-3-1: Le Paléozoique.

2-3-1-1: L'Ordovicien Silurien.

Le Queenston est la plus ancienne formation en présence dans les limites de la région de l'étude. Il affleure entre la base de l'escarpement du Niagara et le rivage du lac Ontario. Il est constitué essentiellement d'un mudstone rouge avec des lits de siltstone vert. Caley (1941) estime à 150 mètres la puissance de cette formation.

2-3-1-2: Le Silurien.

Toutes les autres formations qui affleurent dans la région étudiée sont siluriennes. L'escarpement du Niagara se compose du bas vers le haut de grès (Whirlpool), de calcaires (Power Glen) et de schistes sédimentaires (Grimsby) appartenant au groupe Cataract. Reposant sur ces formations,

le groupe de Clinton comprend des grès (Thorold), des dolomies (Reynales), des calcaires crinoïdes (Irondequoit) et des schistes sédimentaires (Rochester). Finalement, les dolomies résistantes de la formation de Lockport recouvrent le sommet de l'escarpement. Les dolomies de la formation de Guelph et de la formation de Salina complètent la colonne stratigraphique de la région de Hamilton.

2-3-2: Le Quaternaire.

2-3-2-1: Le Wisconsinien supérieur.

La formation du Quaternaire la plus ancienne dans la région est le till de Wentworth affleurant sous la forme de drumlins à la limite nord-ouest. Les sédiments fins du lac glaciaire Whittlesey suivent dans la colonne stratigraphique. L'avancée et le retrait du glacier de Halton entrecoupa de ses tills les sédiments des lacs glaciaires Warren I et Warren II. Enfin, avec le retrait graduel du glacier de Halton à l'est de l'escarpement, des sédiments lacustres postérieurs à ceux du lac Warren furent mis en place.

Les sédiments du lac Iroquois, à l'est de l'escarpement, ont finalement été mis en place dans le dernier lac glaciaire important de la région.

2-3-2-2: Les dépôts récents.

Les dépôts alluviaux, les sédiments de plages du lac Ontario et les marais constituent les dépôts les plus jeunes de la région.

CHAPITRE 3

BILAN DES BESOINS EN DONNEES GEOSCIENTIFIQUES
- REGION DE HAMILTON, ONTARIO -

3-1: Introduction.

Ce chapitre dresse le bilan d'une étude entreprise auprès des principaux utilisateurs de données géoscientifiques de la région de Hamilton-Burlington-Dundas en Ontario. En plus des utilisateurs traditionnels (ingénieurs municipaux ou de comtés, firmes de consultants en sols, aménagistes, urbanistes, architectes, etc...) l'auteur a tenté d'identifier et d'approcher d'autres utilisateurs éventuels ou occasionnels de données géoscientifiques. Les entrevues avaient comme but premier de permettre aux utilisateurs de données géoscientifiques de formuler leurs besoins et de suggérer des modes de présentation graphique (types de cartes et fiches techniques récupérées du fichier de la banque de données). Cette étude n'est pas exhaustive et l'auteur ne prétend pas que les données soient valables dans d'autres parties du pays. Elle sert, néanmoins, à mieux saisir la conception qu'ont les utilisateurs de données géoscientifiques de la région des possibilités de la cartographie géotechnique. En plus, ce sondage permit de déterminer le degré de complexité que les utilisateurs sont prêts à accepter dans ces documents.

3-2: Les utilisateurs de données géoscientifiques

Il est possible de diviser les utilisateurs de données géoscientifiques interviewés en quatre (4) groupes, selon leurs besoins, soit:

1) Les aménagistes et urbanistes responsables de la conception d'un schéma d'aménagement et de zonages à l'échelle d'une municipalité ou d'une municipalité régionale.

2) Les ingénieurs et autres spécialistes responsables de l'élaboration de projets très spécifiques (édifice, routes, égoûts, etc...).

3) Les firmes d'ingénieurs-conseil auxquelles les utilisateurs de données géoscientifiques des trois autres groupes font souvent appel pour l'étude des sols.

4) Les autres, soit toutes personnes utilisant des données géoscientifiques de façon continuelle ou occasionnelle (agronomes, universitaires, scientifiques étudiant l'environnement, responsables de la santé ou de la sécurité publique).

3-3: Les besoins.

Le genre d'information requis varie selon les domaines d'intérêts particuliers de chaque groupe d'utilisateurs de données géoscientifiques. Toutefois, il se dégage des besoins communs aux quatres groupes d'utilisateurs mentionnés plus haut.

3-3-1: Les besoins communs.

Les documents recherchés par la majeure partie des utilisateurs de données géoscientifiques interviewés sont:

- des cartes montrant la nature du matériel de surface défini selon une classification utilisée par les ingénieurs;
- des cartes et des profils illustrant l'épaisseur des dépôts meubles et de la topographie de la roche en place;
- des cartes indiquant la localisation et l'origine des sondages, ainsi que le type d'analyses effectuées sur les échantillons recueillis;
- des cartes localisant les anciens remblais et indiquant les épaisseurs;
- des fiches décodées des données originales.

Chacun des groupes d'utilisateurs de données géoscientifiques identifia des besoins particuliers.

3-3-2: Les aménagistes et urbanistes.

Ce groupe démontra le plus d'enthousiasme et identifia ses besoins particuliers comme suit:

- des documents démontrant la perméabilité des trois premiers mètres de la surface du sol en vue de planifier l'aménagement de fosses septiques et d'identifier les zones ou de telles installations ne sont pas possibles;
- des cartes de pentes afin de délimiter les zones à trop forte déclivité et les zones pouvant présenter des problèmes de drainage;
- des cartes où sont identifiés les risques à l'aménagement ("Land hazards maps" - soit: zones inondables, zones de glissement de terrain, zones d'érosion rapide des rives, zones de tassement important, zones d'éboulis, etc...).

Finalement, ce groupe d'utilisateurs de données géoscientifiques semble le plus réceptif aux cartes de synthèse et aux cartes interprétées (cartes synthèse: cartes d'aptitudes, de "zoning" géotechnique; cartes interprétées: cartes dont les facteurs ou les paramètres sont présentés avec une certaine interprétation).

3-3-3: Les ingénieurs et responsables de projets.

Ce groupe d'utilisateurs se montre le plus conservateur envers la carte géotechnique telle que proposée (voir chapitre 1). On comprendra facilement qu'étant les premiers responsables de constructions de toute nature, ces gens ne peuvent se permettre de placer une trop grande confiance à des documents qui représentent de ce fait des généralisations ou des interprétations de données. L'anonymat gardé sur l'identité des générateurs de données est un autre élément qui incite les ingénieurs à une grande prudence. A leurs yeux, les cartes les plus utiles seraient celles de documentation (localisation, types et numéros de sondages). Ils souhaitent, enfin, l'accès rapide aux fiches de données géoscientifiques entreposées dans la banque de données.

Ceci ne veut pas dire qu'ils n'utiliseront pas les cartes géotechniques de facteurs, de paramètres dérivés ou même de synthèse. Mais la nature spécifique et ponctuelle des projets sous leur responsabilité les oblige à exercer un contrôle intensif de tous les paramètres pouvant influencer ces projets. Les cartes géotechniques peuvent, toutefois, leur indiquer quels facteurs ou paramètres peuvent occasionner des problèmes.

Par ailleurs, les ingénieurs représentent un groupe très important en tant que générateur de données géotechniques. Ils contribuent à l'expansion de la banque de données en commandant, soit chez les firmes d'ingénieurs-conseil, soit de leur propre organisation (organismes publics ou gouvernementaux) les sondages et les analyses de sols nécessaires aux contrôles souterrains de leurs travaux.

3-3-4: Les firmes d'ingénieurs-conseil.

La plupart des firmes de consultants emploient des ingénieurs spécialisés dans l'étude des sols. Leurs travaux répondent, en partie, aux besoins des aménagistes/urbanistes ainsi qu'à ceux responsables de projets. Ces firmes sont naturellement très intéressées par toutes les

méthodes d'accès aux fiches de données géoscientifiques et aux cartes de documentation . En plus, elles expriment le désir partagé par certains ingénieurs du groupe précédent de pouvoir consulter les dossiers originaux ne se contentant pas du fichier de la banque de données.

Ces compagnies spécialisées dans divers domaines géotechniques apprécient la très grande utilité d'une banque de données accessible à tous ceux qui contribuent à l'enrichir. Ce fichier central permet à tout organisme intéressé d'évaluer la complexité d'un problème en se basant sur les études antérieures. Pour ces raisons, ces firmes furent les fournisseurs les plus importants de données géotechniques dans le fichier de la banque de données.

3-3-5: Les autres (utilisateurs occasionnels).

Plusieurs utilisateurs n'utilisent des données géoscientifiques que dans le cas où il n'existe pas de schéma d'aménagement pour une région, ou encore, lorsque ce schéma n'est pas suffisamment complet ou détaillé pour répondre à leurs besoins. Le plus difficile ne fut pas de contacter ces utilisateurs de données géoscientifiques, mais bien de les identifier. Les suggestions et les con-

tacts des aménagistes s'avérèrent d'un grand secours dans cette tâche.

On peut regrouper ces utilisateurs de données géoscientifiques par catégories très générales.

a) Les responsables de la santé publique.

(County medical officers). Ces responsables surveillent étroitement la qualité de l'eau potable et cherchent à en prévenir la pollution. Ce rôle les oblige à connaître la nature et la porosité des trois premiers mètres du sol dans les endroits dépourvus de services d'égoûts, afin de réglementer l'implantation de fosses septiques.

b) Les intéressés de la sauvegarde de l'environnement.

Ce groupe d'utilisateurs de données géoscientifiques se compose d'universitaires, de scientifiques de l'environnement et d'agronomes. Chez les universitaires et les scientifiques de l'environnement, il n'y a pas de besoins précis puisque toutes les données géoscientifiques leurs sont utiles. Leurs besoins s'apparentent

donc à ceux des ingénieurs, soit l'accès aux fiches de données géoscientifiques et aux cartes de documentation. Chez les agronomes, le souci de protéger les meilleures terres agricoles contre l'urbanisation les oblige à identifier ces espaces. De plus, ils cherchent à déterminer les facteurs à corriger afin de rendre plus productrices certaines terres agricoles présentement marginales. Leurs principaux besoins de données géoscientifiques sont les suivants:

- cartes de pentes afin d'évaluer le potentiel de drainage.
- la perméabilité des 1 à 2 premiers mètres du sol.
- la qualité et la quantité des eaux souterraines disponibles.

c) Divers.

Ce dernier groupe comprend le commissaire aux édifices (Building Commissioner), responsable de la sécurité publique. Cet utilisateur apprécie, évidemment, tout document indiquant

des facteurs et paramètres défavorables (cartes de facteurs et de paramètres interprétés, cartes de synthèse) tels les zones de tassement, d'inondation, de nappe phréatique haute, de glissement de terrain... Il recoupe les besoins de l'aménagiste mais à une échelle couvrant un territoire plus petit. Ce groupe comprend aussi le comité des cimetières. Les cimetières ne peuvent être localisés n'importe où. Il faut considérer la nature du sol, sa perméabilité, sa facilité de drainage et la hauteur de la nappe phréatique. La carte interprétée répond facilement à ce type de besoins.

3-4: La présentation des données.

Sur la façon de présenter les données, les utisateurs semblent consciemment ou inconsciemment former un consensus sur quelques points, soient:

- La facilité à l'accès aux fiches de données géoscientifiques dans la banque de données (telles qu'entreposées).
- La simplicité de lecture et de compréhension des documents émanant de cette banque de données.

Quelques suggestions furent proposées par certains utilisateurs de données géoscientifiques. En regroupant ces suggestions selon les principales catégories d'utilisateurs, il se dégage quelques idées directrices.

3-4-1: Les aménagistes et urbanistes.

Ces spécialistes sont chargés d'élaborer des synthèses de facteurs socio-économiques, culturels et physiques d'une région dans le but de mieux gérer les ressources et respecter la vocation d'un territoire. Ils sont,

par ce fait même, très réceptifs aux documents réalisant une certaine synthèse des conditions physiques (cartes d'évaluation d'une série de facteurs et paramètres géotechniques en vue d'un projet particulier, par exemple) ou une certaine interprétation des facteurs ou paramètres individuels.

Toutefois, les connaissances géotechniques de la plupart des aménagistes ne leur permettent pas de dégager l'importance à attribuer aux différents paramètres des sols et leur portée sur l'élaboration de leur schéma d'aménagement. Ils sont, en général, assez peu familiers avec les diverses méthodes de cartographie géotechnique. Ils sont donc fort peu enclins à se pencher sur des cartes relativement complexes comme celles produites en Tchécoslovaquie (Matula, 1969), en France (Sanejouand, 1972) ou dans d'autres pays européens où la carte géotechnique existe depuis plus d'une génération.

Les documents s'adressant à ce groupe d'utilisateurs devront être simples et logiques, donc de lecture facile et sans surcharge de symboles. En plus, ces documents devront contenir un élément d'interprétation. Les cartes dites "Land Hazards", illustrant les facteurs et paramètres pouvant représenter un péril à la vie ou à la propriété, sont particulièrement appréciées.

3-4-2: Les ingénieurs et responsables de projets.

Ce groupe s'intéresse particulièrement aux cartes de documentation et aux possibilités d'accès rapide aux fiches de données géoscientifiques dans la banque de données; sans nier pour autant l'utilité des cartes de facteurs et de paramètres. Les cartes de documentation leurs permettent d'évaluer rapidement, pour un territoire défini, la couverture en sondages, le type de sondages (une politique du ministère de l'Energie, des Mines et des Ressources du Canada protège l'anonymat des déposants de données géoscientifiques dans la banque de données) et les numéros de fiches contenant les données géoscientifiques se rapportant à ces sondages. De plus, ils souhaitent récupérer eux-mêmes, de la banque de données, les fiches de données, ou, à défaut, passer une commande à un organisme chargé de cette récupération.

Enfin, les ingénieurs insistent particulièrement pour que la représentation graphique de tout document provenant de la banque de données, surtout les fiches de données, se rapprochent le plus possible, par l'aspect et par la forme des documents qui leurs sont familiers. Les codes doivent apparaître le moins possible si ce ne sont ceux auxquels ils sont habitués (code de la classification unifiée des Etats-Unis (Unified Soil Classification), code des couleurs Munsells, etc...).

3-4-3: Les firmes d'ingénieurs-conseil.

Les suggestions provenant des firmes d'ingénieurs-conseil se rapprochent de très près à celles des ingénieurs, en ce qui concerne la façon de présenter les données. L'originalité des suggestions proposées par ce groupe provient de la nature commerciale de leurs intérêts.

En plus des cartes de documentation et de l'accès facile aux fiches de données géoscientifiques, ils désirent ce même service pour tout le réseau de banques de données, à l'échelle nationale, afin de rapidement évaluer les conditions d'un sol dans un coin étranger du pays. Ils proposent de centraliser l'accès à ces banques de données et de standardiser les modes et le format de récupération.

3-4-4: Les autres.

Une bonne partie de ce groupe, à l'instar des aménagistes et des urbanistes, préfère les cartes de facteurs et de paramètres interprétés et les cartes de synthèse. Beaucoup n'utilisent qu'occasionnellement les données géoscientifiques. Ne pouvant interpréter eux-mêmes la signification des données géotechniques, ils sont enclins à préférer les cartes de synthèse.

Il faut noter que les scientifiques de l'environnement et certains universitaires préfèrent les cartes de documentation et l'accès aux fiches de données. L'aspect des documents et la présentation des données récupérées sont pour eux d'importance secondaire. Les universitaires, surtout en génie civil, s'intéressent à tous les documents provenant de la banque de données. Ils ont même proposé de confier à l'université MacMaster le soin de tenir à jour le fichier géotechnique de la banque de données de Hamilton. Cette proposition a été bien accueillie.

3-5: Conclusion du bilan des besoins en données géoscientifiques.

Sans aucun doute, les documents géotechniques, quels qu'ils soient, seront appréciés de tous les groupes d'utilisateurs de données géotechniques. Mais leur réussite sera d'autant plus grande si l'on respecte deux conditions:

a) Une certaine promotion de ce genre de document illustrant leurs utilités s'impose à priori. Les utilisateurs de données géoscientifiques interviewés ne démontrèrent de l'enthousiasme que lorsque la nature et les possibilités de la carte géotechnique leur furent expliquées.

b) Pendant un certain temps, les documents produits devraient être simples, logiques, sans surcharge de symboles. Les limites de ces documents devront être honnêtement indiquées.

Précisons ce dernier point. Il aurait été simple de copier les très belles réalisations européennes récentes dans le domaine de la cartographie géotechnique. Ces réalisations rivalisent d'ingéniosité et permettent de passer soit beaucoup d'information sur peu de feuillets, (Sanejouand, 1972,

p. 74), soit de l'information dont la carte ne peut être dressée sans surcharge et un système très complexe de symboles (Barres, Bos, Gounon, Peter et Putallez, 1969). L'ordinateur peut seconder cette entreprise très adéquatement (voir la carte de l'épaisseur des formations, chapitre 7). Ces réalisations, s'adressent à des utilisateurs déjà sensibilisés et informés sur la carte géotechnique.

Si les premières productions doivent demeurer simples au début, elles doivent quand même évoluer et pourront devenir très sophistiquées à mesure que les utilisateurs se familiariseront avec ce type de carte.

Il ressort, finalement, que les documents géotechniques doivent répondre à deux grands besoins, variant selon les objectifs de l'utilisateur et sa connaissance du domaine de la géotechnique:

a) Les demandes de cartes de documentation et d'accès aux fiches de données géoscientifiques proviennent habituellement d'utilisateurs de données géoscientifiques intéressés aux propriétés géotechniques ponctuelles des sols pour des projets de construction très particuliers sur superficie restreinte. Ces uti-

lisateurs se retrouvent chez les ingénieurs et les firmes d'ingénieurs-conseil. Les données doivent être présentées sous une forme qui leur est familière.

b) Les requêtes pour des cartes de facteurs ou de paramètres et pour des cartes de synthèse proviennent des responsables de l'aménagement du territoire, des responsables de la protection de l'environnement, des universitaires et des responsables de la santé et de la sécurité publique. Les documents doivent être simples, logiques, donc sans surcharge de symboles et de lecture facile. De plus, la possibilité de pouvoir passer une commande pour une carte faisant une synthèse des facteurs et des paramètres est un aspect très intéressant.

Finalement, tous sont intéressés à contribuer à l'accumulation systématique de données dans le fichier de la banque de données géoscientifiques. Par contre, ils croient qu'une agence publique devrait se charger de la compilation et la gestion de cette banque.

CHAPITRE 4

HISTORIQUE DE LA BANQUE DE DONNEES DE HAMILTON, (ONT.)

4-1: Introduction.

Pour mieux orienter le lecteur et pour lui permettre de mieux apprécier les chapitres subséquents, il importe de tracer les principales étapes de la compilation de la banque de données géoscientifiques de la région de Hamilton, Ont.

4-2: La création.

En 1971, la Commission géologique du Canada a entrepris de réunir, sur bande magnétique, le plus possible de l'information géoscientifique pré-existante pour vingt-cinq (25) zones urbaines canadiennes, dont la banque de données géoscientifiques de Hamilton, Ontario.

4-2-1: La compilation.

La Commission octroya la responsabilité de compiler ces données à une firme d'ingénieurs-conseil. En plus d'un inventaire des données géoscientifiques contenues dans leurs dossiers, cette firme entreprenait la cueillette systématique des données géoscientifiques chez les autres firmes d'ingénieurs-conseil, dans les agences publiques et parapubliques, chez les principales aciéries de la région, à l'Université MacMaster, etc...

Certains préféraient remplir les fiches de compilation eux-mêmes. Une importante firme d'ingénieurs-conseil a refusé de contribuer. Cependant, la Commission géologique du Canada recevait finalement 5,356 fiches de compilation complétées, ce qui inclut la plupart des sondages de nature géotechnique effectués avant et pendant 1972.

Il faut noter ici que les données avaient été compilées sans un contrôle direct de la Commission géologique.

4-2-2: Fiches de compilation.

Le personnel de la Commission géologique du Canada a déterminé le format et la formulation des fiches de compilation. (Exemple de la première fiche de compilation des données géoscientifiques de la région de Hamilton, Ont. - voir figure 4-1).

Cette fiche comporte dix lignes de quatre-vingt (80) colonnes. Chaque ligne correspond à la capacité d'une carte perforée. La première ligne comprend une série de rubriques destinées à identifier, localiser et classer le sondage. Les neuf (9) lignes suivantes ont toutes la même série de rubriques servant à localiser verticalement l'horizon décrit, à recueillir le résultat des paramètres mesurés et à résumer les descriptions qualitatives.

Figure 4-1

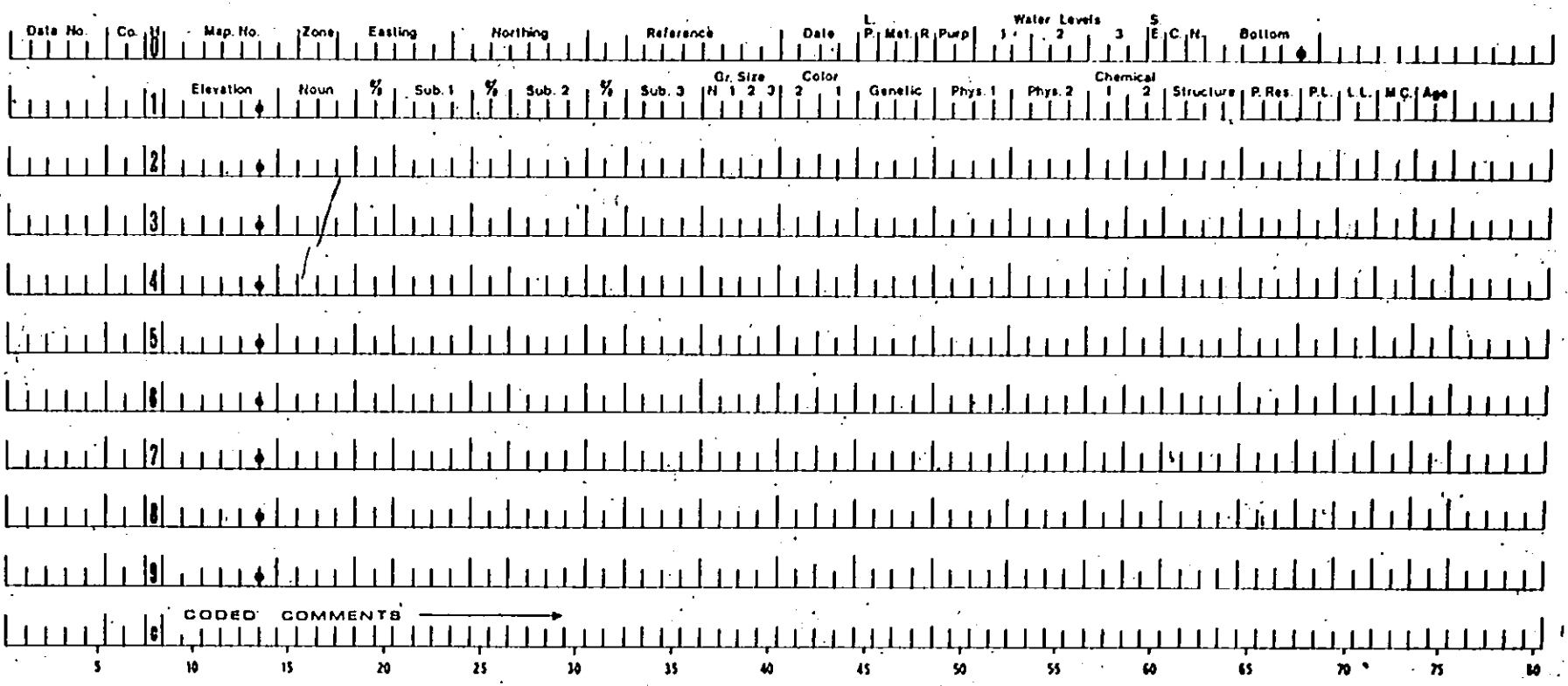
Exemple de la première fiche de compilation des données géoscientifiques de la région de Hamilton, Ont.

LOCATION SKETCH

DATA RECORD SHEET

FILE NO.: _____

DATE: _____



UNCODED COMMENTS: _____

_____

SIGNATURE: _____

Figure 4-1

Voici les rubriques de la première ligne: (Field I).

Data No.: Numéro de la fiche de sondage dans la banque de données.

Map No.: Numéro de la carte topographique (SNRC) dans les limites de laquelle se situe le sondage.

Zone:
Easting:
Northing: Localisation du sondage selon le système UTM. (Projection universelle transverse de Mercator).

Reference: Code donnant l'identité du propriétaire des données et son numéro de dossier.

Date: Date de la réalisation du sondage (mois et année).

L.P.: Précision avec laquelle le sondage a été localisé sur la carte (estimation arbitraire).

Met: Méthode employée pour exécuter le sondage (exemple: tarière motorisée, séismique, etc.).

R.: Estimation arbitraire du degré de la qualité de l'information du sondage (voir - Modifications).

Purp: But du sondage (échantillonnages géotechniques, puits, etc.).

Water Levels: Profondeur des nappes phréatiques (2 nappes possibles: la nappe confinée et la nappe non-confinée).

Commentaire:

Une seule lecture a été recueillie, celle de la nappe phréatique non-confinée. Il est probable que la nappe phréatique captive, si présente, n'a pas été reconnue dans les sondages géotechniques. De plus, il est impossible de savoir si la profondeur indiquée correspond au niveau ou l'eau a été rencontrée lors du forage, au niveau d'eau à la fin du forage (incluant les liquides

du forage) ou au niveau d'équilibre piézométrique mesuré quelques jours après le forage (après la stabilisation de la nappe phréatique). Il s'agit probablement de la première alternative dans la plupart des cas, bien qu'une confirmation de ce fait demeure impossible.

S.E.: Indique si l'élévation de la surface (2ième ligne) a été déterminée au théodolite ou estimée à partir d'une carte topographique.

C.: Indique la présence de commentaires écrits au bas de la fiche de compilation. (Voir figure 4-1 - Uncoded Comments:)

Bottom: Indique la profondeur totale du forage.

Voici maintenant les rubriques de la deuxième ligne: (Field II).

Data No.: Même que sur la première ligne.

Elévation: L'élévation en pieds, par rapport au niveau moyen des mers, du matériel échantillonné et analysé.

Commentaire:
La première élévation indiquée pour un type de sol particulier (unité stratigraphique) a dû être considérée comme celle de la surface de cette unité stratigraphique. Les élévations subséquentes mentionnées pour la même unité sont les élévations réelles d'échantillonnage.

Un coup d'oeil sur différents rapports de forages réflète une très grande irrégularité entre l'élévation de la surface d'une unité stratigraphique et l'élévation du premier horizon échantillonné dans cette même unité.

Il est à noter que tous les horizons compilés représentent que des horizons échantillonnés. La

variation entre l'élévation de la surface de l'unité stratigraphique et de son premier horizon échantillonné diffère selon la nature du sol, l'efficacité et l'expérience de l'équipe effectuant le forage, le type de forage et la profondeur de l'unité. De ces facteurs provient l'impossibilité de corriger, à moins de retourner aux dossiers originaux et de recommencer la compilation. Il est donc impossible d'apprécier l'importance de l'erreur sur la carte des "Epaisseurs des unités stratigraphiques". (Voir chapitre 7).

Noun:
Sub 1:
Sub 2:
Sub 3:

Description qualitative du matériel. Les codes des quatre (4) constituants principaux sont indiqués en ordre d'importance décroissante.

Commentaire:

A l'origine "Noun" devait représenter le nom générique du matériel, "Sub 1", "Sub 2" et "Sub 3" devant représenter la composition du sol par ordre décroissant d'importance de chaque constituant. Ainsi, l'intention de décrire, par exemple, un sable:

Noun: Sand (Sable)
Sub 1: Sand (Sable)
Sub 2: Silt
Sub 3: Gravel (Gravier)

Mais règle générale, à la compilation, on n'a pas remarqué, de toute évidence, cette subtilité. Ainsi, ce même matériel était décrit ainsi:

Noun: Sand (Sable)
Sub 1: Silt
Sub 2: Gravel (Gravier)
Sub 3: (rien ou matériel de 4ième importance).

Il s'agit d'une description d'un sol ayant quatre (4) constituants en ordre d'importance décroissante et non d'un sable ... sans sable.

%: Pourcentage de chaque constituant du sol décrit selon "Sub 1", "Sub 2" et "Sub 3".

Commentaire:
Dans toute la banque de données géoscientifiques, seules les fiches compilées par l'auteur (analyses effectuées par la Commission

géologique du Canada) contiennent des chiffres dans ces colonnes (limites: argiles-silts 0,004 mm., silts-sables 0,06 mm., sables-graviers 2 mm.). Ce manque apparemment total d'analyses granulométriques dans les dossiers géotechniques s'explique lorsqu'un représentant de la firme chargée de la compilation des données a avoué que ces analyses existent en très grand nombre dans ses dossiers, mais, qu'il avait fallu systématiquement et volontairement omettre de trouver les pourcentages nécessaires sur les courbes granulométriques, faute de temps, vu la quantité énorme de sondages à compiler. Ainsi, la qualité de l'information a été sacrifiée à la quantité. Cette omission déprécie terriblement l'utilité de cette banque de données.

Le chapitre 5 décrit les lectures d'un minimum d'utilité à prélever sur une courbe granulométrique, entendu qu'il n'est pas pratique d'entreposer toute la courbe granulométrique sur la bande magnétique.

Grain Size: Description qualitative du diamètre des grains de sable constituant un matériel. Ainsi, en théorie, un sable "grossier" peut être indiqué comme constituant principal; un sable "moyen" et un sable "fin" comme constituants de deuxième et troisième ordre. La description "très fin" est aussi possible.

Commentaire:
Malgré l'ingéniosité de cette description des sables, elle n'a pourtant jamais été compilée dans toute la banque de données. Les raisons de cette omission demeurent inconnues. Cette description est très subjective et son omission ne constitue pas une perte sérieuse pour la banque de données.

Color: Les couleurs du dépôt (description subjective).

Genetic: L'origine du dépôt si elle est connue.

Phys. 1:
Phys. 2: Description qualitative des propriétés physiques du sol analysé.

Chemical 1: / Chemical 2: Description qualitative des propriétés chimiques du sol analysé.

Structure: Description qualitative des structures géologiques présentes dans le dépôt.

P. Res.: Résistance à la pénétration d'un échantillonneur à tube fendu de diamètre standard. Il s'agit d'indiquer le nombre de coups de pilon, de poids standard et tombant d'une hauteur uniforme, cet échantillonneur doit recevoir afin de le faire pénétrer de 30 cm. (1 pied) dans le sol.

Commentaire:
Si une ou plusieurs de ces spécifications diffèrent, cette mesure s'en trouve modifiée. A la compilation, cette donnée a été indiquée sans tenir compte des modifications apportées lors de la mesure ... si modifications il y avait.

P.L.: Limite de plasticité, selon Atterberg (en pourcentage).

L.L.: Limite de liquidité selon Atterberg (en pourcentage).

M.C.: Teneur en eau naturelle (en pourcentage).

Age: Age géologique des formations.

C.R.: Le pourcentage de la carotte récupérée par rapport à la profondeur de pénétration (lors de l'échantillonnage continu).

S.S.: Résistance au cisaillement exprimée en livres au pied carré.

4-2-3: Commentaires de la firme d'ingénieurs-conseil responsable de la compilation.

Ces commentaires très brefs se résument à déplorer un manque d'uniformité dans la terminologie des dossiers consultés, et du manque de données dans ces dossiers pour compléter les fiches de compilation.

La responsabilité de cette firme d'ingénieurs-conseil se limitait à la compilation des données sur les fiches.

4-3: La correction.

Précisons que la banque de données de Hamilton a subi deux types de corrections, soit:

a) Correction visuelle préliminaire et par programmation à l'aide de l'ordinateur.

b) Correction visuelle poussée de chaque fiche.

4-3-1: Correction visuelle préliminaire et par programmation à l'aide de l'ordinateur.

Ces corrections ont été effectuées sous la direction du personnel de la Commission géologique. Il est possible de diviser ces corrections en trois étapes:

4-3-1-1: Examen visuel sommaire des fiches de compilation.

Cet examen, effectué par des gens non initiés à la géotechnique, se limitait à des vérifications et corrections d'ordre technique, soit:

a) A cause de la structure des programmes de correction et de récupération préliminaires conçus pour ces banques de données, il n'était pas possible de permettre la compilation de plus de neuf (9) horizons par sondage. Tous les sondages comportant plus de neuf (9) horizons ont dû, pour fins de compilation, être écourtés et condensés pour ramener le nombre d'horizons à neuf (9).

b) Toutes les corrections d'erreurs techniques pouvant exister dans la fiche de compilation. Essentiellement ces corrections se limitaient à vérifier si les données étaient inscrites correctement dans les bonnes colonnes.

4-3-1-2: Examen au moyen de l'ordinateur de toute la banque de données afin de découvrir d'autres erreurs techniques commises durant la compilation ou lors de la perforation des cartes.

De plus, la vraisemblance de certaines données a été vérifiée. Par exemple: vérification de toutes les localisations UTM afin de déterminer si elles tombaient toutes dans les limites de la région de Hamilton; vérification de toutes les élévations de la surface afin de déterminer si

elles se situaient entre 60 et 370 mètres (200 à 1200 pieds) au dessus du niveau moyen des mers. Dans la région de Hamilton, l'élévation de la surface du sol se situe entre 75 mètres (niveau moyen du lac Ontario) et 300 mètres environ (247 et 1000 pieds). Enfin, un autre exemple: la vérification des numéros de codes de différentes rubriques. Cette vérification consiste à déterminer si le code utilisé sous une rubrique existe dans son lexique, et non pas si le bon code a été utilisé.

4-3-1-3: Standardisation de la terminologie.

A l'aide d'un programme "dictionnaire" contenant un lexique des termes acceptés (arbitrairement) et toutes les équivalences possibles de ces termes, l'ordinateur uniformise la terminologie des données afin de faciliter la mise en codes et entreposer le tout sur bande magnétique (exemple: le terme "Till", code numérique 0101, remplaça till, moraine, hardpan, etc...).

Une fois le format de la banque de données uniformisé, tous les programmes conçus pour les 24 autres banques de données des zones urbaines canadiennes peuvent être utilisés.

4-3-2: Correction visuelle poussée de chaque fiche.

Cette correction n'a rien à voir avec la première correction visuelle sommaire du début. Toutes les fiches de données entreposées dans la banque de données de Hamilton (5234 fiches après les corrections préliminaires) ont été récupérées et chacune examinées par l'auteur afin d'y corriger les erreurs.

L'entreprise a requis plus d'un an complet de travail. Il est inutile d'énumérer en détail toutes les erreurs corrigées. Contentons-nous d'identifier les principaux types et de donner des exemples.

4-3-2-1: Erreurs techniques.

Il s'agit ici d'erreurs commises à la compilation ou à la perforation des cartes et non relevées lors des corrections visuelles préliminaires et des corrections par programmation.

Un manque d'uniformité de la part de l'exécutant explique les erreurs commises à la compilation et non détectées dans les étapes précédentes. L'exemple fourni par la profondeur de la nappe phréatique (water levels) illustre bien le cas. Peut-il exister une différence de profon-

Fiche numéro:	Localisation UTM	Date	Prof. de la nappe
2567	587010/4790460	12/64	43 (pieds)
2568	587080/4790270	12/64	395 (pieds)

deur de la nappe phréatique aussi grande en moins de 180 mètres (600 pieds) de distance? Bien que possible, le forage 2568 ne pénètre cependant qu'à peine 30 mètres (100 pieds) dans le sol. Supposons alors que le dernier chiffre soit une décimale, il s'agit alors de 4.3 et 39.5 pieds respectivement. Mais encore cela pourrait vouloir dire 43.0 et 39.5 pieds. En dépouillant d'autres fiches de forages effectués tout près, ces dernières confirmèrent que la profondeur de la nappe phréatique se situe effectivement à 43.0 et 39.5 pieds.

Certaines erreurs se sont glissées lors de la perforation des fiches de compilation sur carte d'ordinateur. En voici un exemple:

Fiche numéro:	Localisation UTM	Elevation (de la surface)
2642	591600/4788540	330.3 (pieds)
2643	591600/4788540	590.0 (pieds)

A remarquer que la localisation des deux fiches est identique. Même en supposant une erreur de localisation de quel-

ques dizaines de mètres, il s'agit tout de même d'un précipice de près de quatre-vingts (80) mètres (260 pieds). En présence d'une coupe de cette dimension, pourquoi effectuer un forage?

En reportant ces sites sur la carte topographique, on constate la présence d'une élévation d'environ 485.0 pieds, mais pas de précipice. Les fiches de compilation originales ont alors été consultées. Il s'agissait bien de 480.3 et 430.0 (pieds) mais les chiffres étaient mal formés expliquant l'erreur commise à la perforation.

4-3-2-2: Erreurs d'inattention à la compilation.

La plupart des erreurs prélevées sont des erreurs d'inattention de la part du compilateur et résultent en un mélange des codes.

Voici deux exemples:

1) Le code utilisé pour indiquer la couleur grise est GY, celui pour le vert, GN. L'une des firmes ayant compilé sur les fiches des données géoscientifiques pour la banque de Hamilton a systématiquement changé tous les gris inscrits de GY à GN.

2) Un dépôt argileux dont la résistance à la pénétration était indiquée comme moins de cinq (5) coups par pied pouvait avoir comme propriété physique le code STFH (very stiff to hard). Par contre, un till dont la résistance à la pénétration dépassait cinquante (50) coups par pied présentait comme propriété physique le code VSTT (soft to very soft). Après un dépouillement de plusieurs autres sondages possédant des irrégularités similaires, il fallut conclure que l'on avait confondu les codes: STVE (sensitive), STVS (very sensitive), STFF (stiff), STFH (very stiff to hard), VSTT (soft to very soft), VSTS (very stiff to stiff) et VSTV (very stiff to very hard).

Les propriétés physiques ne furent pas corrigées. Ces descriptions qualitatives n'ont qu'un intérêt marginal pour les besoins de la cartographie géotechnique.

4-3-2-3: Erreurs imputables au manque de formation des compilateurs.

En examinant la nature de certaines erreurs, il ressort que les compilateurs ne possédaient que peu de

notions en géotechnique.

Voici deux exemples:

1) Des résistances à la pénétration de 500 coups et plus (même 999) sont rapportées. Il est impossible d'expliquer l'erreur par une décimale oubliée; il s'agit donc d'ignorance de la nature de cette analyse.

2) Certaines limites de plasticité sont plus grandes que la limite de liquidité du même échantillon. Il est impossible qu'un sol devienne liquide puis, en ajoutant encore de l'eau, devienne moins liquide. Il semble peu probable qu'il s'agisse encore de décimales oubliées.

4-3-2-4: Erreurs introduites lors de la "correction" par programmation.

Certaines corrections effectuées par programmation ont introduit des erreurs systématiques dans la banque de données.

Voici l'exemple le plus frappant:

Un nombre important de sondages avaient dans le "Noun" de leur dernier horizon le code GARB ("garbage" ou déchets) situé, non pas sous des remblais, mais occupant une position impossible sous des dépôts naturels (argiles lacustres, tills, sables, etc...). En consultant les fiches de compilation, ces horizons avaient tous le code RFSL dans "Noun". (RFSL veut dire refus de pénétrer). La foreuse ne pouvait plus pénétrer ayant heurté soit la roche en place, soit un gros bloc erratique, il aurait fallu lire "refusal" (refus) mais non "refuse" (déchets).

4-4: Les additions.

A l'origine, la banque de données de Hamilton comptait 5234 fiches représentant la majeure partie des sondages effectués en vue d'échantillonner et d'analyser le sol pour en déterminer certaines propriétés géotechniques. Suite à l'addition de d'autres sondages géoscientifiques, la banque de données de Hamilton renferme présentement:

- 5234 fiches de données géotechniques (numéros de fiches: 0 - 5 234).
- 6677 fiches de forages de puisatiers compilées par l'OWRC (Ontario Water Resources Commission), (numéros de fiches: 5 235 - 11 911).
- 1348 fiches de sondages séismiques (au marteau) effectués par la Commission géologique du Canada (numéros de fiches: 11 912 - 13 259).
- 64 fiches de sondages géotechniques effectués pour le compte de la Commission géologique du Canada (numéros de fiches: 13 260 - 13 323). Ces sondages ont été exécutés comme points de contrôle des données géotechniques dans le cadre du projet de cartographie géotechnique de la

région de Hamilton, Ont.

- 956 fiches localisant les limites de la roche en place à découvert. Peu de sondages ont été effectués dans la roche en place car celle-ci ne présente apparemment pas de problèmes géotechniques sérieux. Cette lacune introduit, néanmoins, une distorsion des données lorsqu'il s'agit de dresser la carte de l'épaisseur des dépôts meubles et la topographie de la roche en place (voir chapitre 7). Cette distorsion disparaît avec l'introduction des limites de la roche en place à découvert telle qu'indiquées sur les cartes de Karrow (1963) et Feenstra (1975). (numéros de fiches: 13 324 - 14 280).

- 64 fiches permettant d'interpréter la configuration d'une partie de la vallée Dundas lors de la cartographie de l'épaisseur des dépôts meubles et de la topographie de la roche en place. (numéros de fiches: 14 281 - 14 344).

- 19 fiches résumant les analyses géotechniques effectuées sur des échantillons prélevés à la surface lors de nos travaux sur le terrain. (numéros de fiches: 14 345 - 14 363).

4-5: Les modifications.

Pour des raisons qui seront expliquées, il fut nécessaire de modifier la banque de données géoscientifiques de Hamilton en introduisant de nouvelles données géoscientifiques dans la banque et en réaménageant certaines données pour faciliter l'analyse statistique et la cartographie géotechnique.

4-5-1: L'introduction de nouvelles données géoscientifiques dans la banque.

S'il a été possible d'annexer les données de puisatiers (OWRC) à la banque de données géoscientifiques de Hamilton sans changer le format de cette dernière (les données de puisatiers constituaient déjà une banque de données différentes compilées par l'OWRC), le cas s'est présenté autrement lorsqu'il a fallu introduire les données séismiques et les résultats d'analyses effectuées pour contrôler les données géotechniques déjà introduites.

Il est plus facile d'apprécier ces modifications en comparant la première fiche de compilation utilisée (voir figure 4-1) et la fiche revisée (voir figure 4-2).

Figure 4-2

Exemple de la fiche de compilation revisée des données géoscientifiques de la région de Hamilton, Ont.

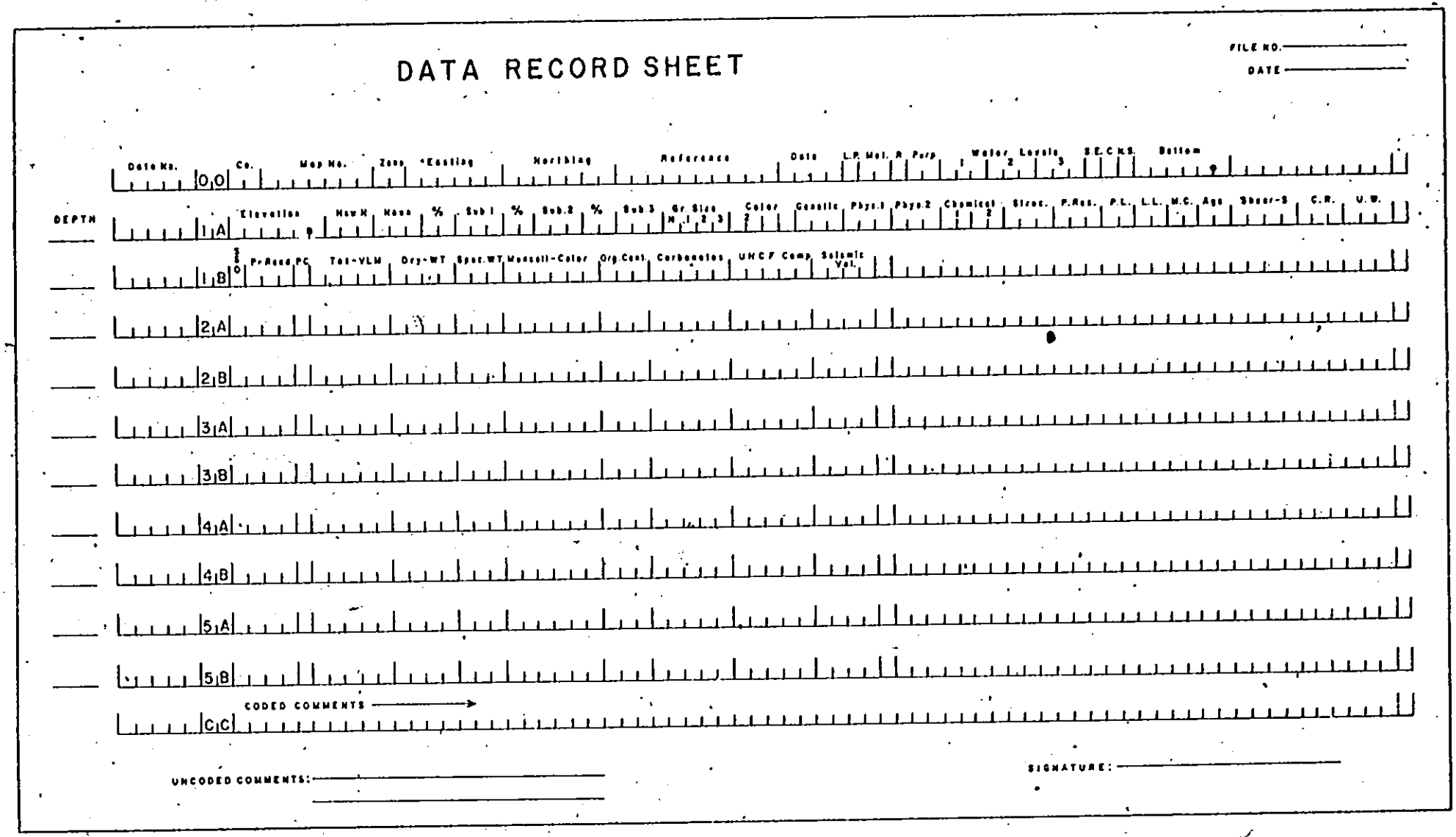

DATA RECORD SHEET
FILE NO.
DATE
Data No.
Co.
Map No.
Zone
*Easting
Northing
Reference
Date
L.P. Mol. R
Perp
Water Levels
S.E.C.N.S.
Bottom
DEPTH
Elevation
New K
Kess
Sub 1
Sub 2
Sub 3
Gr. Size
Color
Genetic
Phys. 1
Phys. 2
Chemical
Struc.
P.Res.
P.L.
L.L.
M.C.
Age
Shear-S
C.R.
U.W.
P-Reso.PC
Tot-VLM
Dry-WT
Spec.WT
Munsell-Color
Org.Cont.
Carbonates
UNC/F Comp
Seismic Vel.
1A
1B
2A
2B
3A
3B
4A
4B
5A
5B
CODED COMMENTS
C C
UNCODED COMMENTS:
SIGNATURE:

Figure 4-3

Essentiellement, on ajoute une ligne de données (ligne B) à chaque ligne (ligne A) représentant un horizon.

La ligne A de chaque horizon se termine (80 colonnes) par "U.W.":

U.W.: Poids spécifique de l'agrégat. Le poids unitaire du sol non remanié (avec son air et son eau), exprimé en g/cm^3.

La ligne B répète le "Data No.". Le numéro d'horizon vient en premier et sa subdivision (ligne B) le suit.

Voici les autres rubriques de la ligne B:

S.S.O.: La provenance de la mesure de résistance au cisaillement. Il s'agit d'indiquer si la mesure provient d'un instrument portatif du type "Torvane" (1), d'un essai en laboratoire (2), d'un essai "in situ" sur le terrain (3) ou d'une dérivation à partir d'autres paramètres (4). (Voir chapitre 6).

P-Read: Lecture de la résistance à la pénétration sur l'échantillon de sol à l'aide d'un pénétromètre de poche (type "Soiltest Cl-700").

P.C.: Spécification du type de pénétromètre utilisé. Seul le pénétromètre "Soiltest CL-700" a servi pour cette banque de données.

Tot-VLM: Volume total de l'échantillon non remanié en cm^3 (avec air et eau).

Dry-WT: Poids sec de l'échantillon (en grammes).

Spec. WT: Poids spécifique des solides, soit le poids unitaire de la fraction solide de l'échantillon, en g/cm^3.

Munsell-Color: Couleur de l'échantillon selon le code et la méthode de Munsell.

Org. Cont.: Contenu de l'échantillon en matières organiques (%).

Carbonates: Contenu total en carbonates de l'échantillon (%).

UNCF Comp.: Résistance à la compression simple (lbs/pi^2).

Seismic Vel: Vitesses des ondes séismiques dans le matériel de cet horizon.

Après ces modifications, la banque de données géoscientifiques de Hamilton contenait une plus grande quantité de renseignements utiles. Elle devenait, toutefois, très différente par rapport au vingt-quatre (24) autres banques de données des zones urbaines canadiennes. Leurs programmes de récupération de données ne pouvaient plus être utilisés pour la banque de Hamilton.

4-5-2: Le réaménagement de certaines données pour faciliter l'analyse statistique et la cartographie géotechnique.

Nous pouvons grouper ces modifications sous trois (3) rubriques:

4-5-2-1: Modifications logiques.

Une série de petites modifications ont permis d'introduire une certaine logique dans les codes utilisés et d'en uniformiser l'emploi.

Voici quelques exemples:

1) Dans "Noun, Sub. 1, Sub. 2, Sub. 3" se trouvent des matériaux comme ASPH (asphalte), BRCK (briques), CONC (béton), GARB (déchets)... mais sans FILL (remblais) dans "Noun" comme prévu et sans ARTF (dépôts anthropiques) dans "Genetic". La modification apportée a déplacé les codes d'une rubrique vers la droite ("Noun" est devenu "Sub. 1", "Sub. 1" est devenu "Sub 2", etc...), FILL fut alors inscrit dans "Noun" et ARTF dans "Genetic".

2) RFSL (Refus de pénétrer) dans "Noun" et BDRK (roche en place) dans "Sub. 1, Sub. 2 ou Sub. 3". BDRK a remplacé le RFSL éliminé dans "Noun". BDRK des autres rubriques fut ensuite effacé.

3) Si un nom de roche (LMSN: calcaire, DLMT: dolomite, SNDS: grès, etc...) apparaît dans "Noun", toutes les rubriques se rapportant à la description de ce matériel (Sub. 1, Sub. 2, Sub. 3) sont déplacées vers la droite et BDRK inscrit dans "Noun".

Il est inutile d'énumérer ici toutes ces petites modifications. Le résultat final a donné une banque de données plus homogène et contenant certains liens logiques entre les codes.

4-5-2-2: Modifications de la fiabilité. (Reliability ou R.).

L'évaluation arbitraire de la fiabilité des données était très inconsistante à l'origine. Ainsi, les firmes compilant les fiches à partir de leurs propres dossiers évaluèrent leur données même incomplètes, comme étant du plus haut degré de fiabilité. Les données provenant de sources autres étaient considérées d'une fiabilité inférieure malgré qu'elles provenaient peut-être de dossiers plus complets que les leurs. La décision fut prise de modifier cette estimation selon des critères objectifs:

Fiabilité 1: Sont considérés de fiabilité 1, tous les sondages dont le résultat d'au moins une des analyses suivantes est indiqué: limite de plasticité (PL), limite de liquidité (LL), teneur en eau (MC) ou résistance au cisaillement (Shear-S).

Fiabilité 2: Tous les autres sondages géotechniques.

Fiabilité 3: Tous les sondages puisatiers (OWRC).

Fiabilité 4: Tous les sondages séismiques.

Ainsi la fiabilité (R) peut servir à trier rapidement les données.

4-5-2-3: Programmes identifiant et regroupant les horizons selon les formations connues.

Sans modification, les données contenues dans la banque ne sont pas facilement et efficacement manipulables à des fins d'analyse statistique et limitent les possibilités de récupération cartographique. Il a donc fallu identifier des critères pour regrouper les données selon un classement logique et homogène.

Il s'est avéré que le regroupement des sols selon les formations identifiées par Karrow (1963) et Feenstra (1975) était réalisable, jusqu'à un certain point, avec les données géoscientifiques contenues dans la banque. Il a

fallu, néanmoins, séparer certaines formations renfermant plus d'un type de sol.

Cette besogne d'une simplicité apparente a nécessité en fait une programmation très sophistiquée. Il a fallu en premier lieu résumer les paramètres particuliers identifiant chaque formation (altitude, composition, propriétés physiques et chimiques, caractéristiques géotechniques, position stratigraphique relative, etc...).

Essentiellement, il revenait à l'ordinateur de "décider" dans quelle unité stratigraphique il devait placer chaque horizon décrit dans la banque de données en analysant les données de cet horizon. Un programmeur expérimenté a exécuté la programmation finale à partir des spécifications que l'auteur avait indiquées. C'est là un élément inédit dans la méthode de récupération de cartes géotechniques par ordinateur.

Pour cette raison, les étapes de cette élaboration des spécifications des programmes de transformation seront décrites.

Après avoir compilé un tableau des facteurs et paramètres particularisant chacune des formations connues et

divisé ces dernières, au besoin, en unités stratigraphiques homogènes, il a fallu déterminer les étapes que devait suivre l'ordinateur pour classer chaque horizon décrit dans l'une de ces unités stratigraphiques. Ces programmes prévoient une estimation de la confiance à apporter à ce choix effectué par l'ordinateur (doute ou certitude). De plus, il fallait prévoir les cas ou trop peu d'information ou trop d'information contradictoire rendaient impossible un choix par l'ordinateur. Une appréciation humaine des facteurs doit alors décider à quelle unité stratigraphique appartiennent ces cas difficiles. Les organigrammes des figures 4-3 et 4-4 résument ces étapes.

Avant de passer à la description de chaque étape, soulignons que l'élaboration de programmes si complexes a dû être effectuée selon une méthode conceptuelle appelée "tables de décisions" (Pooch, 1974). Cette méthode permet de communiquer plus facilement au responsable de la programmation les buts et spécifications du programme.

Figure 4-3

Organigramme des étapes de la première modification des données en vue de les subdiviser selon les unités stratigraphiques déterminées.

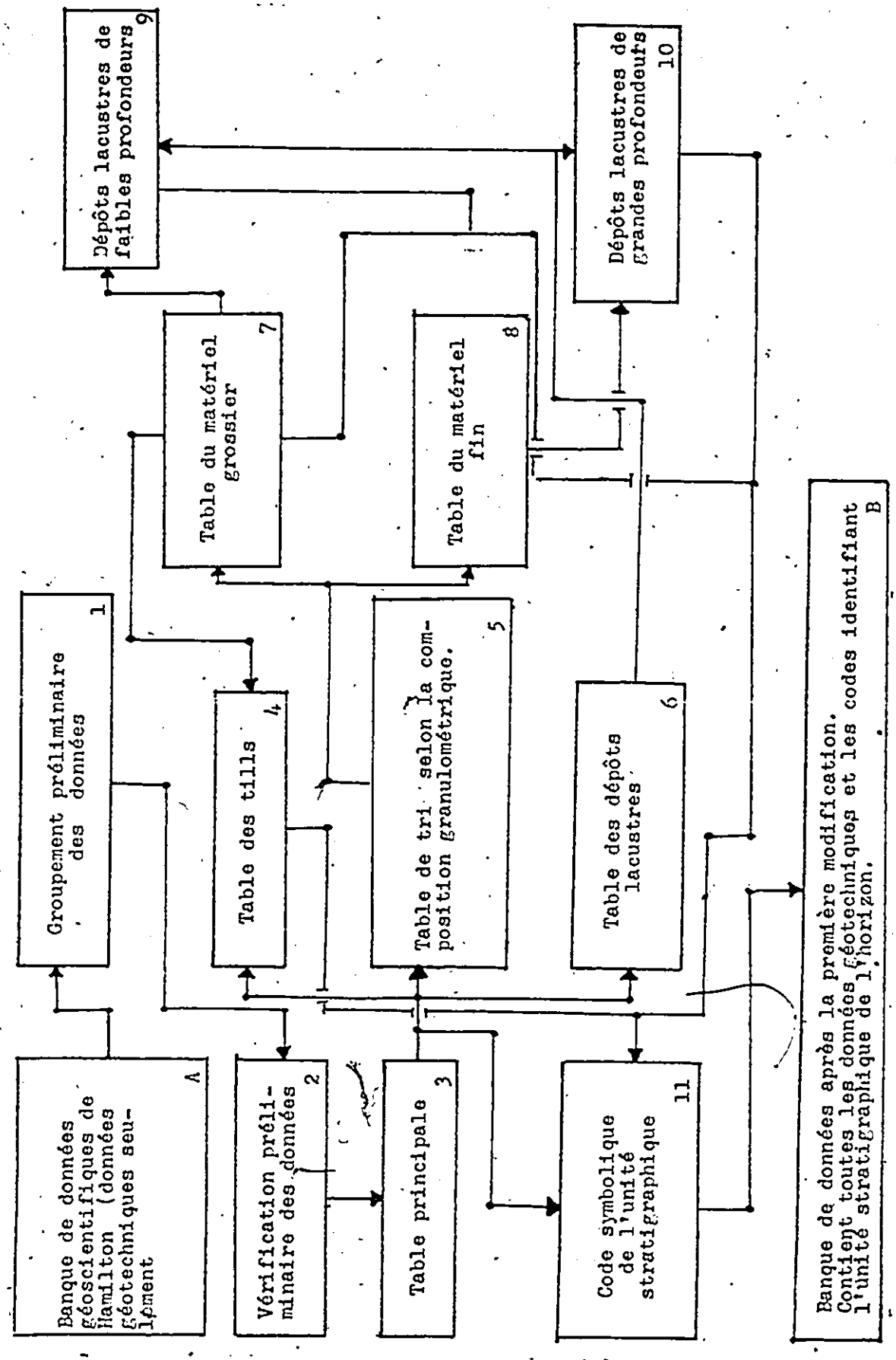

Dépôts lacustres de faibles profondeurs 9
Dépôts lacustres de grandes profondeurs 10
Table du matériel grossier 7
Table du matériel fin 8
Groupement préliminaire des données 1
Table des tills 4
Table de tri selon la composition granulométrique. 5
Table des dépôts lacustres 6
Banque de données géoscientifiques de Hamilton (données géotechniques seulement A
Vérification préliminaire des données 2
Table principale 3
Code symbolique de l'unité stratigraphique 11
Banque de données après la première modification. Contient toutes les données géotechniques et les codes identifiant l'unité stratigraphique de l'horizon. B

Figure 4-3

Figure 4-4

Organigramme des étapes de la dernière modification des données pour les regrouper selon les unités stratigraphiques déterminées.

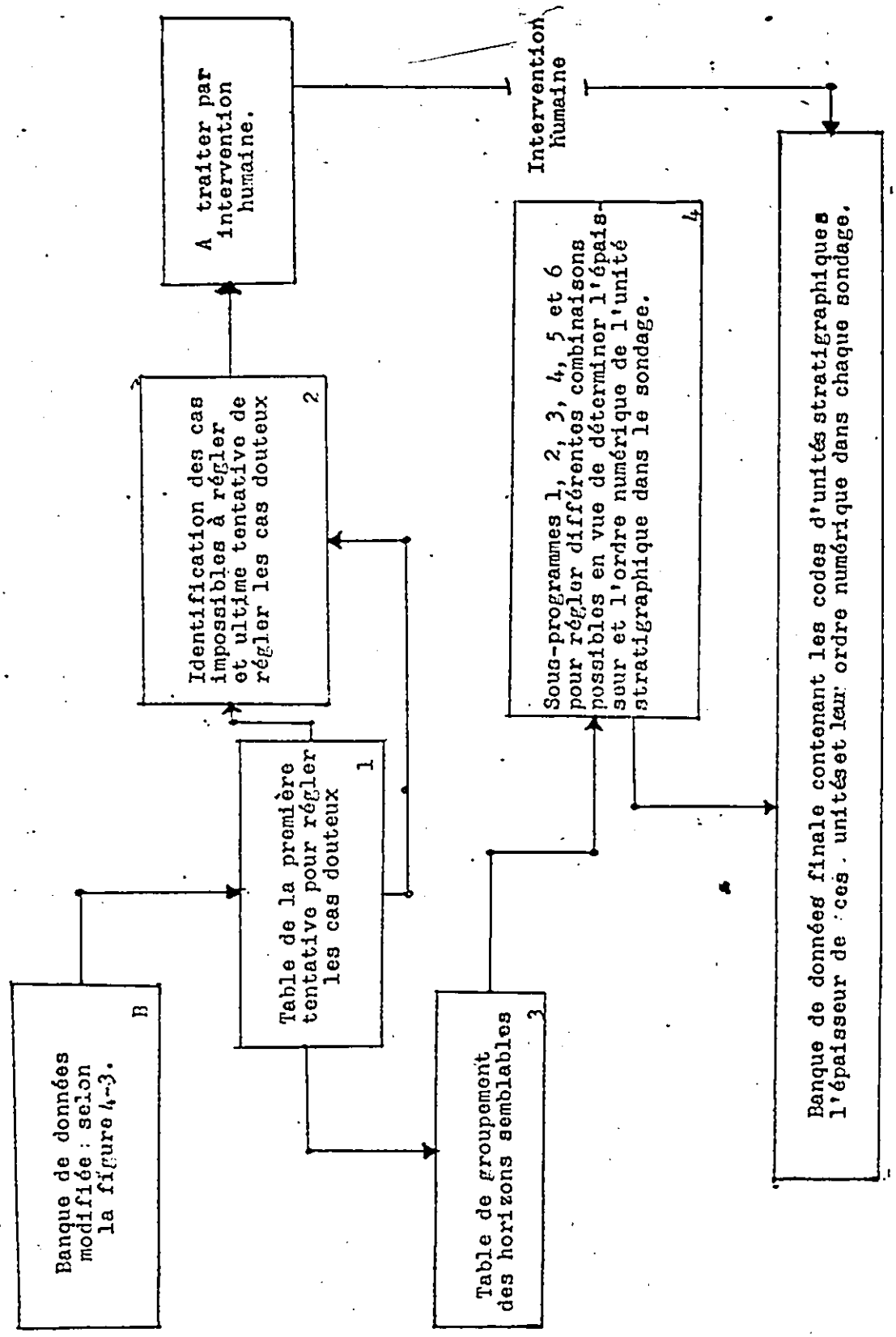

A traiter par intervention humaine.
Intervention humaine
Identification des cas impossibles à régler et ultime tentative de régler les cas douteux
2
Sous-programmes 1, 2, 3, 4, 5 et 6 pour régler différentes combinaisons possibles en vue de déterminer l'épaisseur et l'ordre numérique de l'unité stratigraphique dans le sondage.
4
Table de la première tentative pour régler les cas douteux
1
Banque de données modifiée : selon la figure 4-3.
B
Table de groupement des horizons semblables
3
Banque de données finale contenant les codes d'unités stratigraphiques l'épaisseur de ces unités et leur ordre numérique dans chaque sondage.

Figure 4-4

Description des étapes.

Seuls, les sondages auxquels se rattachent des données géoscientifiques assez complètes ont été considérés pour ces modifications, soit:

- Les forages géotechniques (numéros de fiches: 0 - 5 234).
- Les forages de contrôle réalisés pour le compte de la Commission géologique du Canada (numéros de fiches: 13 260 - 13 323 et 14 345 - 14 863).

Les autres données étaient réellement trop fragmentaires.

Groupement préliminaire des données (1).

Cet exercise réduit le nombre de codes à considérer lors du classement des sols selon l'unité stratigraphique déterminée.

Exemple: Le code CORS (grossier) a remplacé tous les codes: BRDS (bloc erratique), ROCK (roche), STON, PBBL, COBL (cailloux), GRNL (granules), GRVL (gravier).

Vérification préliminaire des données (2).

Cette première vérification élimine les horizons d'épaisseur moindre que un (1) mètre, les horizons mal définis (SOIL, RFSL, UNSP, etc...) et les horizons n'appartenant pas au Quaternaire (BDRK: roche en place, WATR: eau).

Table principale (3).

Cette table de décision aiguille l'ordinateur soit vers le code symbolique de l'unité stratigraphique ou vers d'autres tables pour tenter d'identifier le matériel.

Table des tills (4).

Cette table tente de subdiviser les tills. Il y a trois (3) tills possibles: le till de Halton gris, le till de Halton rouge et le till à grains grossiers (Wentworth?).

Table de tri selon la composition granulométrique (5).

Cette table divise les sols à grains fins (silts et argiles) de ceux à grains grossiers (sables et graviers). Enfin, elle dirige le choix vers une identification plus complète de l'unité stratigraphique.

Table des dépôts lacustres (6).

Cette table sépare les dépôts lacustres de granulométrie fine de ceux de granulométrie grossière.

Table du matériel grossier (7).

Cette table sépare le matériel grossier soit en tills, soit en dépôts lacustres de faibles profondeurs, ou en dépôts de matériel grossier autre.

Table du matériel fin (8).

Cette table sépare le matériel fin en dépôts de tills, en dépôts lacustres de faibles ou grandes profondeurs ou en dépôts de matériel fin autre.

Dépôts lacustres de faibles profondeurs (9).

Cette table partage les dépôts lacustres de faibles profondeurs entre ceux situés au-dessus de l'escarpement du Niagara (Lac Warren et ... Whittlesey ?), ceux au pied de l'escarpement (Lac Iroquois) et ceux dans l'escarpement même (dépôts pré-Iroquois).

Dépôts lacustres de grandes profondeurs (10).

Les profondeurs qualifiées de faible ou de grande sont relatives à la nature de l'échantillon et non à des profondeurs absolues sous la surface actuelle. Les dépôts lacustres de grandes profondeurs se divisent entre les dépôts au-dessus de l'escarpement (Lacs Warren et Whittlesey (?) et ceux au pied de l'escarpement (Lac Iroquois).

Code symbolique de l'unité stratigraphique (11).

Cette première transformation a permis d'identifier tous les horizons possibles et de leur assigner un code symbolique se rapportant à une unité stratigraphique déterminée et indiquant si l'identification était sans équivoque ou si un doute existait.

Tableau 4-1

Voici les codes et les unités stratigraphiques qu'ils représentent:

- Type -	sans - équivoque -	avec - réserve -
- Remblais:	FO	--
- Matériel organique:	XO	--
- Talus:	TO	--
- Kame, nappe d'épandage:	KO	--
- Alluvions:	AO	--
- Dépôts moyens à grossiers par l'action de l'eau:	WO	--
- Till de Halton gris:	90	91
- Till de Halton rouge:	80	81
- Till à grains grossiers:	70	71
- Dépôts lacustres - eaux profondes (Iroquois):	20	21
- Dépôts lacustres - eaux profondes (Warren et Whittlesey ?):	30	31
- Dépôts lacustres - eaux peu profondes (Iroquois):	40	41
- Dépôts lacustres - eaux peu profondes (Pré-Iroquois):	50	51
- Dépôts lacustres - eaux peu profondes (Warren et Whittlesey ?):	60	61
- Horizons non-identifiés:	YZ	--

Avant de regrouper les horizons identifiés afin d'en déterminer l'épaisseur et l'ordre numérique pour chaque sondage, le second programme tente, maintenant, de régler les cas d'horizons non-identifiés;

Table de la première tentative pour régler les cas douteux (1):

Lorsqu'un horizon non-identifié s'insère entre deux horizons semblables et identifiés sans équivoque ou avec un des horizons identifiés sans équivoque, l'horizon non-identifié prend le code de ces horizons, mais avec réserve:

Exemple:

Horizon	Description	Code avant transformation	Code après transformation
1	Till (Halton gris)	90	90
2	Non-identifié	YZ	91
3	Till (Halton gris)	90	90

YZ dans ce cas est remplacé par 91 (Till de Halton gris avec réserve).

Table d'identification des cas impossibles à régler et ultime tentative de régler les cas douteux (2).

Cette ultime tentative considère l'ordre stratigraphique des horizons et d'autres paramètres afin de pouvoir régler le cas des horizons non-identifiés. Lorsque ceci s'avère impossible, l'horizon conserve son code YZ en attendant correction par intervention humaine.

Certains horizons sont corrigés selon l'ordre stratigraphique et dans ce cas ils sont identifiés avec réserve. Par exemple, les dépôts lacustres sont habituellement plus récents que les dépôts de till (ils peuvent parfois être contemporain (réavancées glaciaires), mais il faut alors que l'identification soit sans équivoque). Ainsi, un till (identifié sans équivoque) avec un horizon de dépôts lacustres (identification avec réserve) en-dessous, sera transformé comme ceci:

Exemple:

Horizon	Description	Code avant transformation	Code après transformation
1	Till (Halton gris)	90	90
2	Dépôts lacustres (?)	21	91

Donc les dépôts lacustres seront remplacés par le code du même till susjacent, mais avec réserve.

Si cette décision peut sembler arbitraire, elle est néanmoins obligatoire pour regrouper efficacement les unités stratigraphiques et se justifie pleinement par la façon dont les rapports de forages ont été constitués à l'origine. Pour une même unité stratigraphique, les spécialistes se sont souvent contentés d'émettre un simple commentaire sur l'horizon échantillonné pour en souligner parfois une légère différence dans sa composition granulométrique.

Exemple: Description dans le rapport.

Profondeur:	Description:
5 pi.	Till gris argileux et silteux.
10 pi.	Plus argileux.
15 pi.	Till gris un peu plus silteux.

A la compilation, hélas, l'échantillon sera décrit comme suit:

Elévation:	Noun:	Sub. 1:	Sub. 2:	Sub. 3:
255 (pi.)	TILL	CLAY	SILT	
250 (pi.)	CLAY			
245 (pi.)	TILL	SILT		

Il s'agit toujours du même TILL mais la compilation ne laisse pas transpirer ce fait. De toute façon, les erreurs introduites à cause de la nature arbitraire de ce regroupement peuvent être éliminées en comparant les sondages voisins.

Grâce à un examen visuel des codes, il a été possible d'effectuer des corrections (erreurs de séquences stratigraphiques, erreurs de codes, etc...), et même

de résoudre l'identité de certains horizons non-identifiés en se basant sur les connaissances acquises de la géologie de la région et sur les sondages voisins.

Table de groupement des horizons semblables (3 et 4).

Grâce à cette table et aux six (6) sous-programmes considérant différentes alternatives, il fut possible de grouper tous les horizons successifs semblables et d'en donner l'épaisseur et la séquence numérique dans le sondage.

Exemple:

	Elévation	Code	Epaisseur	Séquence de l'unité
surface	540	20	-	1
	535	21	-	1
	525	20	030 (pi.)	1
	510	91	-	2
	500	90	015 (pi.)	2
	495	81	015 (pi.)	3
	480	(BDRK)		

Ainsi modifiées, les données peuvent maintenant se prêter à différentes analyses statistiques et à une gamme de récupérations cartographiques.

4-6: Les analyses statistiques.

Les méthodes d'analyse statistique sont introduites dans cette thèse pour deux raisons précises:

a) Synthétiser les connaissances géotechniques se rapportant à une unité stratigraphique particulière.

b) Tenter d'homogénéiser les paramètres géotechniques pour une unité stratigraphique en particulier en étudiant l'influence statistique d'un ou plusieurs paramètres sur un autre paramètre.

L'analyse statistique ne fut pas poussée avec trop d'audace pour préserver à tout prix une certaine fidélité avec la réalité. Les résultats de ces analyses n'ont été retenus qu'avec beaucoup de prudence.

L'analyse statistique a servi à reconstituer certains résultats d'analyses manquant en se basant sur les mesures compilées. Elle a servi également à trouver des relations entre les paramètres et l'influence d'un paramètre sur un autre, mais sa plus grande utilité a été de résumer les mesures d'une même analyse à l'intérieur

d'une même unité stratigraphique (voir annexe I).

A cause de la variété des méthodes statistiques disponibles et de la facilité de programmation, les programmes du SPSS (Nie, Hadlaihull, Jenkins, Steinbrenner et Bent, 1975) ont été choisis pour réaliser les analyses statistiques.

4-6-1: Synthèse des connaissances géotechniques.

Avant d'entreprendre une homogénéisation des données en vue de réaliser des cartes de paramètres, il a fallu résumer ces paramètres et les rattacher à un classement quelconque. Ce classement, soit l'unité stratigraphique décrite plus haut, permit de répondre à des questions telles que:

- Quelle variation y a-t-il dans les limites d'Atterberg, ou la résistance au cisaillement pour une même unité stratigraphique?
- Peut-on justifier le classement fait plus haut en se basant sur l'homogénéité des paramètres à l'intérieur des unités de ce classement?
- etc...

Plus de 5 300 sondages représentant près de 20 000 horizons ou lignes de données ne peuvent être traités adéquatement pour répondre à ces questions, ainsi qu'à d'autres, sans l'aide de la statistique et de l'ordinateur.

Les statistiques les plus utiles étaient:

- Les statistiques élémentaires: moyenne, écart-type, kurtose, skewness, maximum, minimum, etc ...
- Quelques statistiques d'associations: le Chi^2, coefficient d'incertitude, etc...
- Certaines statistiques d'inférences (déductives): la corrélation simple (Pearson's), la corrélation multiple, R^2, signification de R^2, etc...

Tous les résultats de ces analyses ne peuvent être présentés et discutés ici. Les principaux résultats et l'interprétation qui en découle seront résumés. L'annexe I présente les résultats des analyses élémentaires effectuées sur les données de la banque de Hamilton.

En réponse à la question:

- Peut-on justifier le classement effectué selon les unités stratigraphiques déterminées?

En examinant les statistiques élémentaires: le kurtose, le skewness, l'écart-type, le 95% CI (Confidence Interval) et le coefficient de variation de la moyenne.

Il s'agit d'examiner ces statistiques pour un même paramètre dans une unité stratigraphique déterminée puis, dans une autre unité stratigraphique et, enfin, dans ces unités regroupées ensembles (il faut être prudent ici car le nombre de cas peut prendre une grande importance). Enfin, le procédé recommence pour un autre paramètre.

Ces examens mettent en évidence les faits suivants:

a) La plupart des paramètres ont des moyennes et des 95% CI (Confidence Interval) différents pour chaque unité stratigraphique.

b) Certains paramètres, surtout ceux se rapportant à des unités stratigraphiques de même

nature (dépôts lacustres en eaux profondes par exemple), possèdent des valeurs très similaires et pourraient parfois être regroupés. Toutefois, certains critères de division (exemple: l'altitude de ces dépôts lacustres) ne permettent pas le regroupement. Si les unités stratigraphiques ont des caractéristiques géotechniques similaires, elles ont, aussi des caractéristiques géologiques et géotechniques différentes, justifiant ainsi la subdivision.

c) Les statistiques démontrent, généralement, une plus grande hétérogénéité dans les paramètres lorsque les unités sont regroupées.

Exemple:

Il est parfois difficile sur le terrain de séparer le till de Halton gris et les dépôts lacustres d'eaux profondes non stratifiés. En examinant les moyennes et les 95% CI (Confidence Interval) pour la majorité des paramètres, une différence sensible entre ces deux unités stratigraphiques et

une hétérogénéité réelle apparaissent à la suite du regroupement de ces unités. Ce résultat fait preuve d'un certain succès dans le classement des horizons. En examinant les paramètres des autres unités stratigraphiques, il semble que les statistiques démontrent que la subdivision, sans être parfaite, demeure tout de même heureuse et significative (voir annexe I).

4-6-2: Conclusions principales découlant des analyses.

En tentant des corrélations simples entre les paramètres des dépôts lacustres en eaux profondes (Iroquois) et les dépôts lacustres en eaux profondes (Warren et Whittlesey ?) ces derniers font preuve d'une plus grande hétérogénéité en raison de la difficulté éprouvée à départager ces dépôts lacustres du till de Halton gris, très argileux et caillouteux au-dessus de l'escarpement du Niagara. Plusieurs dépôts lacustres Warren et Whittlesey (?) identifiés avec réserve (31) sont en fait des tills et vice versa. Ainsi, en analysant seuls les dépôts lacustres Warren et Whittlesey (?) d'eaux profondes identifiés sans équivoque, ils font preuve d'une plus grande homogénéité malgré leur petit nombre.

De façon générale, la division des données par unités stratigraphiques s'avère un facteur presque constant influençant, parfois sensiblement, l'explication d'un paramètre par un autre. Le degré d'explication augmente lorsque les unités stratigraphiques sont considérées individuellement.

Exemple:

Il existe peu de corrélation linéaire, d'après les données disponibles, entre IP (indice de plasticité) et la résistance au cisaillement. L'examen des données selon leurs unités stratigraphiques plutôt qu'en bloc permet toutefois d'augmenter sensiblement cette corrélation (l'explication de la résistance au cisaillement par l'indice de plasticité).

Le coefficient de corrélation simple au carré de Pearson (R^2) passe de 0,001 pour tous les dépôts argileux regroupés, à 0,057 pour les dépôts du lac Iroquois (20 et 21) et 0,076 pour les dépôts du lac Warren et Whittlesey (?).

Cet exemple semble prouver l'existence d'une certaine homogénéité à l'intérieur des unités stratigraphiques et justifie, par le fait même, les critères de sélection pour ces unités stratigraphiques.

Toutefois la possibilité d'erreur dans l'identification de certains horizons ne peut être exclue.

4-6-3: Homogénéisation de paramètres géotechniques.

Cette homogénéisation s'effectue en vérifiant, si possible, certaines formules de dérivation trouvées dans la littérature géotechnique et en recherchant, à l'aide de statistiques d'inférence, des corrélations valables entre les paramètres. L'auteur a respecté les pré-requis à ces analyses d'inférence, soit: une distribution normale des données et une relation linéaire entre les paramètres comparés. Si la corrélation n'était pas linéaire, la transformation des données n'était pas poussée plus loin que la transformation logarithmique. Des transformations plus audacieuses (trigonométriques, polynômiales, etc...) auraient été trop difficiles à interpréter.

Voici, en résumé, les principaux résultats de ces analyses:

a) Le coefficient de corrélation simple (Pearson) indique la possibilité de prédire l'indice de plasticité (IP) en connaissant seulement la limite de liquidité (LL) pour les deux argiles lacustres (20, 21 et 30, 31). La variation de LL explique à 84% et à 89% respectivement la variation de IP (coefficient de corrélation simple au carré ou R^2), avec la possibilité de une (1) chance sur 100 000 de ne pas être valable.

b) La résistance à la pénétration mesurée avec le pénétromètre "CL-700 de Soiltest" (format de poche) tend à surestimer la résistance au cisaillement. Il est possible de calculer la résistance au cisaillement selon la mesure de cet instrument comme suit:

$$\frac{\text{Résistance à la pénétration (P-read)} \times 2\,000}{2} = \text{Résistance au cisaillement (lbs/pi}^2\text{)}$$

Pour les tills de Halton gris, la relation est satisfaisante lorsque la lecture du pénétromètre est moins de 5 t./pi^2.

Il ne s'agit pas ici d'une résistance au cisaillement selon une analyse de laboratoire, mais d'une mesure exécutée sur l'échantillon, lors de l'échantillonnage, avec un appareil de poche de type "Torvane". Ces analyses (résistance à la pénétration et résistance au cisaillement) furent effectuées sur le même échantillon et au même moment.

c) Il existe une relation curvilinéaire très marquée et indépendante des unités stratigraphiques, entre la teneur en eau et la résistance à la pénétration (de l'échantillonneur à tube fendu - P.Res - coups/pied de pénétration). Le "P.Res" a été épuré de toutes les lectures de plus de 100 coups. Cette relation indique que si la teneur en eau naturelle augmente, la résistance à la pénétration (coups/pied) diminue de moins en moins rapidement. Appuyée par la géotechnique et l'expérience sur le terrain, cette relation se tient.

d) L'emploi de la corrélation simple pour analyser les différentes formules de dérivation de paramètres trouvées dans la littérature géotechnique, permet d'arriver à un bon nombre de conclusions:

Exemple:

L'angle de frottement interne réel ($\phi \cdot r$) des argiles.

En comparant les deux (2) formules de Black (1962) à celle de Bjerrum et Simmons (1960), la corrélation est presque parfaite. Ceci s'explique par le fait que les même paramètres servent dans les deux formules de dérivation. En examinant cette corrélation de plus près, il appert que les deux formules de Black (avec la teneur en eau naturelle ou sans cette dernière) sous-estiment ϕr, par rapport à celle de Bjerrum et Simmons, surtout dans le cas des valeurs basses. Les valeurs se rapprochent lorsqu'elles sont plus hautes. (Voir figures 4-5, et 4-6).

Figure 4-5

Comparaison entre deux (2) dérivations de l'angle de frottement interne réel (ϕ_r) selon deux (2) formules différentes: la formule de Bjerrum et Simmons (1960) et la formule de Black (1962). La formule de Black considère la teneur en eau naturelle.

- Coefficient de corrélation (Pearson's) R - 0,88533
- R^2 - 0,78381
- Signification de R - 0,00001
- Nombre de valeurs considérées - 202

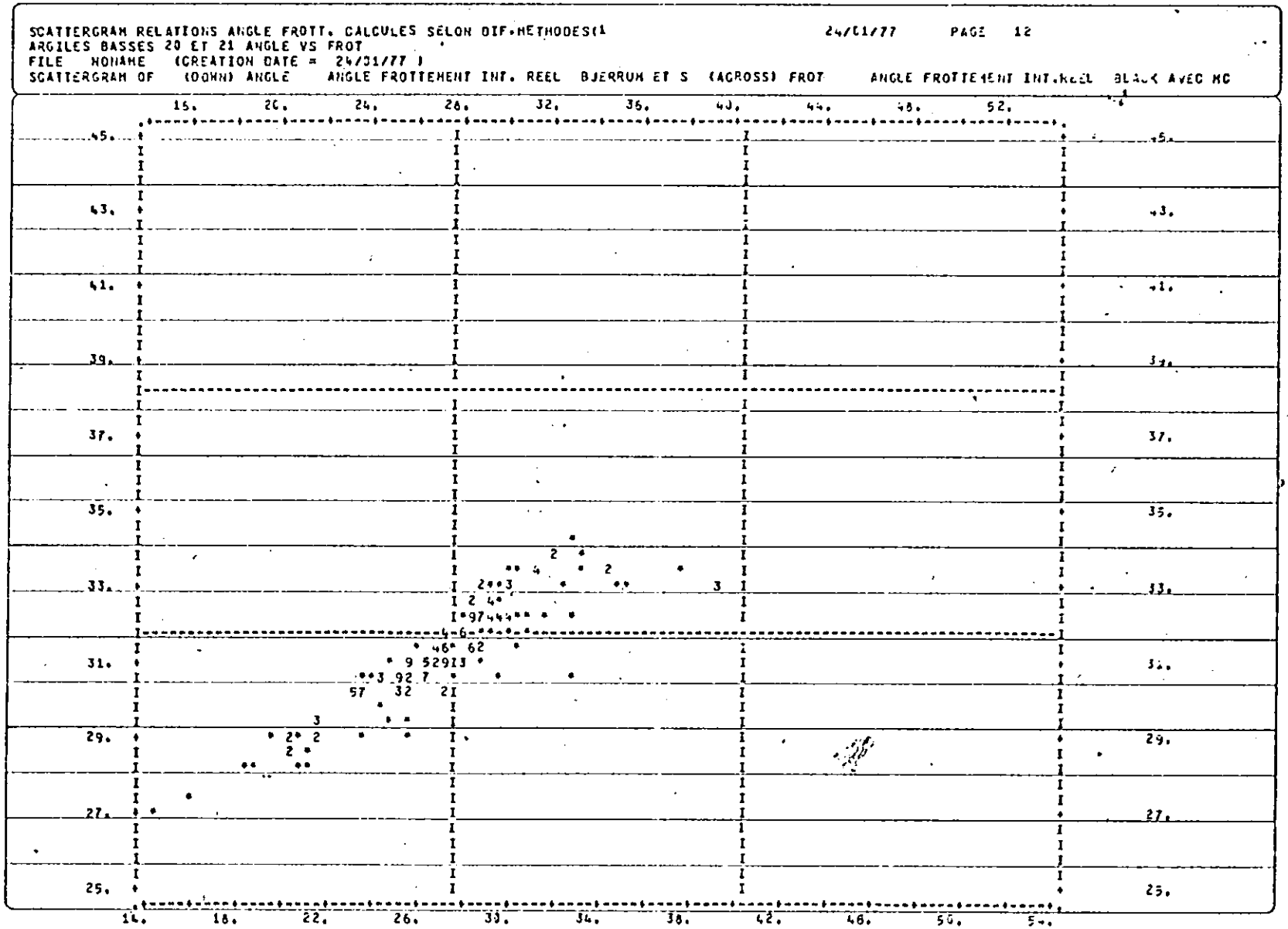

SCATTERGRAM RELATIONS ANGLE FROTT. CALCULES SELON DIF.METHODES(1
24/01/77 PAGE 12
ARGILES BASSES 20 ET 21 ANGLE VS FROT
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SCATTERGRAM OF (DOWN) ANGLE ANGLE FROTTEMENT INT. REEL BJERRUM ET S (ACROSS) FROT ANGLE FROTTEMENT INT.REEL BLACK AVEC MC
15. 20. 24. 28. 32. 36. 40. 44. 48. 52.
45.
43.
41.
39.
37.
35.
33.
31.
29.
27.
25.
14. 18. 22. 26. 30. 34. 38. 42. 46. 50. 54.

Figure 4-5

Figure 4-6

Comparaison entre deux (2) dérivations de l'angle de frottement interne réel (ϕr) selon deux (2) formules différentes: la formule de Bjerrum et Simmons (1960) et la formule de Black (1962). La formule de Black ne considère pas la teneur en eau naturelle.

- Coefficient de corrélation (Pearson's) R - 0,99328
- R^2 - 0,98661
- Signification de R - 0,00001
- Nombre de valeurs considérées - 234

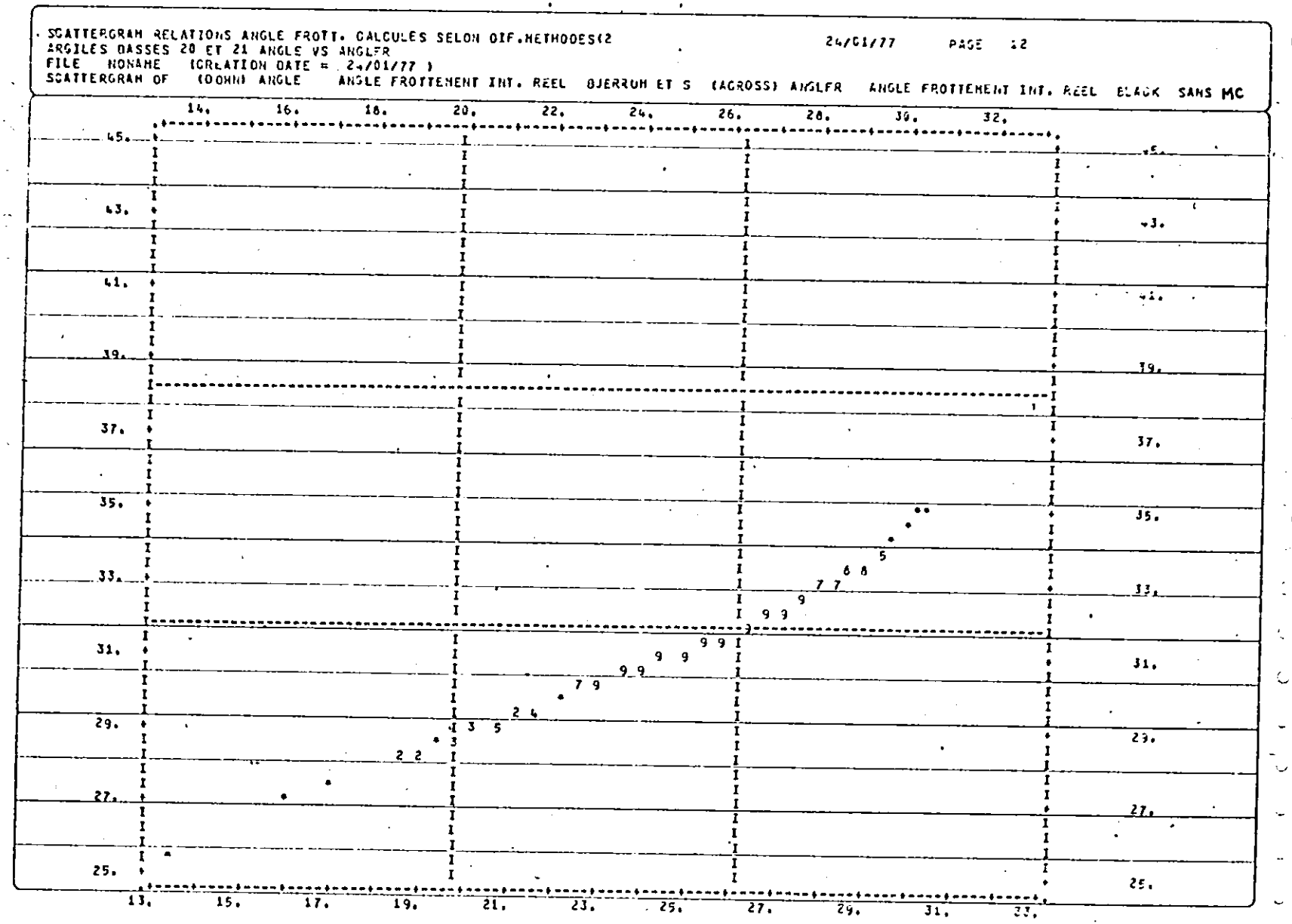

SCATTERGRAM RELATIONS ANGLE FROTT. CALCULES SELON DIF.METHODES(2
ARGILES BASSES 20 ET 21 ANGLE VS ANGLFR
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SCATTERGRAM OF (DOHN) ANGLE ANGLE FROTTEMENT INT. REEL OJERRUM ET S (AGROSS) ANGLFR ANGLE FROTTEMENT INT. REEL BLACK SANS MC
24/01/77 PAGE 12
14. 16. 18. 20. 22. 24. 26. 28. 30. 32.
45. 43. 41. 39. 37. 35. 33. 31. 29. 27. 25.
13. 15. 17. 19. 21. 23. 25. 27. 29. 31. 33.

Figure 4-6

Sachant que plus l'angle de frottement interne est petit, plus la résistance au cisaillement diminue, les formules de Black donnent une estimation plus conservatrice que celle de Bjerrum & Simmons.

En comparant entre elles les deux formules de Black, la formule ignorant la teneur en eau donne une estimation plus conservatrice (valeurs de ϕ_r plus basses) que celle tenant compte de la teneur en eau (figure 4-7).

e) Avec les régressions multiples par étapes (stepwise), deux approches entraient en considération:

1) Introduction des données sans transformation.

2) Introduction des données après transformation logarithmique (afin d'obtenir une relation linéaire).

En résumé, les coefficients de corrélation multiple sont très bas. Trop souvent, les données introduites ne répondent pas à deux

pré-requis essentiels à toutes corrélations multiples valables, soit:

1) Une distribution normale des données (selon la courbe de Gauss).

2) Une relation linéaire entre les variables indépendantes et la variable dépendante.

Il aurait été possible, grâce à des transformations mathématiques, de redresser la courbe des relations, mais toutes ces transformations auraient alourdi ou rendu très aléatoire l'interprétation de ces relations. Pour demeurer conservateur et prudent dans l'interprétation des relations statistiques, toutes les corrélations multiples ont été rejetées comme non-concluantes. Ce résultat prouve le manque de paramètres différents dans la banque de données pour entreprendre une étude poussée des corrélations entre paramètres géotechniques. Toutefois, les résultats, même très fragmentaires, obtenus par cette méthode d'analyse des données permettent

Figure 4-7

Comparaison entre deux (2) dérivations de l'angle de frottement interne réel (ϕr) de Black (1962): la formule considérant la teneur en eau naturelle et celle ne la considérant pas.

- Coefficient de corrélation (Pearson's) R - 0,88424
- R^2 - 0,78188
- Signification de R - 0,00001
- Nombre de valeurs considérées - 202

SCATTERGRAM RELATIONS ANGLE FROTT. CALCULES SELON DIF.METHODES11
ARGILES BASSES 20 ET 21 FROT VS ANGLFR
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SCATTERGRAM OF (DOWN) FROT ANGLE FROTTEMENT INT.REEL BLACK AVEC MG (ACROSS) ANGLFR ANGLE FROTTEMENT INT.REEL BLACK SANS MG
24/01/77 PAGE 27

Figure. 4-7

d'entrevoir l'utilité d'une telle étude avec des données plus complètes.

4-6-4: Commentaires sur les résultats de l'analyse statistique.

En résumé, l'analyse statistique des données géoscientifiques de la banque de Hamilton a permis:

- Une compréhension plus intime des variations dans les paramètres des sols. La statistique a permi de résumer les données se rapportant à ces paramètres.
- De prouver que le regroupement des données selon des unités stratigraphiques connues était statistiquement valable.
- D'élaborer des formules de dérivation permettant d'estimer la valeur de certains paramètres en se basant sur les valeurs de paramètres mesurés.

Exemple:

Teneur en eau naturelle selon la résistance à la pénétration (selon le nombre

de coups de pilon sur l'échantillonneur/- P.Res). IP selon LL, poids spécifique de l'agrégat (UW) selon la teneur en eau naturelle (MC), résistance au cisaillement selon P.Read, shear selon P.Res.

- Un recours occasionnel pour justifier certaines récupérations cartographiques.

  Exemple:

  Voir la description de la carte - Epaisseur des remblais, chapitre 7).

- Une première analyse entre les paramètres pour tenter de déterminer certaines corrélations. Cette analyse indique une carence dans la variété des paramètres permettant de mettre en lumière des relations intéressantes. En plus, certains paramètres n'ont pas été mesurés en nombre suffisant pour permettre une analyse statistique valable (résistance au cisaillement, compression simple, poids spécifique des solides, volume total, etc...).

Il aurait été intéressant de vérifier à l'aide de la statistique toutes les formules de dérivation trouvées dans la littérature géotechnique et utilisées dans cette thèse. Pour cela, il aurait fallu posséder suffisamment de mesures réelles de ces paramètres pour comparer aux dérivations de ces mêmes paramètres. Ces mesures n'existent pas dans la banque de données et existent probablement en très petit nombre dans les rapports originaux. Il n'est donc pas possible de vérifier statistiquement la validité de ces formules de dérivation pour les sols de Hamilton. Toutefois, ces formules sont considérées comme à peu près universelles et pèchent par excès de conservatisme, surestimant l'importance de ces paramètres. Pour cette raison, et aussi parce qu'il s'agit d'une première approximation, ces dérivations ont été utilisées sans aucun support statistique pour justifier leur validité.

Chapitre 5

PROPOSITION:

METHODE DE COMPILATION DES DONNEES.

5-1: Introduction.

Ce chapitre traite d'une méthode inédite de compilation de données géoscientifiques devant être entreposées sur cartes perforées et sur bandes magnétiques. Les données ainsi compilées pourront être corrigées, mises à jour, manipulées et récupérées par un ordinateur. Cette façon d'entreposer et de traiter les données innove tant sur la base conceptuelle que sur la méthodologie à suivre pour constituer une banque de données géoscientifiques et pour effectuer une cartographie géotechnique. Les propositions exposées dans ce chapitre résultent des efforts de recherche et de l'expérience acquise avec les banques de données de Ste-Scholastique (Québec), de Hamilton (Ontario) et de Rivière-du-Loup (Québec).

5-2: Banque de données idéale.

Avant de décrire les propriétés de la banque de données de Rivière-du-Loup, il importe d'énumérer les caractéristiques que possèderait une banque de données idéale.

Une telle banque devrait répondre aux critères de logique géotechnique suivants:

1) Afin d'assurer l'homogénéité dans les données, toutes les étapes, depuis le stade initial jusqu'à la compilation, doivent être sous la responsabilité d'un seul coordinateur: choix des sites de sondage, échantillonnage, analyses sur place et en laboratoire et compilation.

2) Toutes les analyses "clefs" doivent être effectuées systématiquement pour tous les échantillons de tous les sondages. En théorie, il s'agit de déterminer les paramètres physiques des sols susceptibles de décrire complètement leurs propriétés et leur comportement sous différentes contraintes en vue de leur utilisation dans

la conception d'une grande variété de projets d'aménagement.

3) Tous les facteurs physiques des sols doivent être indiqués: élévation et nature de la nappe phréatique, teneur en eau naturelle, granulométrie, etc...

4) La nécessité d'une mise à jour régulière en suivant le schéma de compilation.

5) La présence d'une densité de points d'information suffisante pour permettre une représentation adéquate des conditions du sol (Ghiste, 1972 p. I.5 propose une densité de 20 à 50 sondages par kilomètre carré "... pour autant que leur profondeur soit valable").

La standardisation des méthodes d'échantillonnage, d'analyse et de compilation en homogénéisant la qualité des données permet de définir le niveau de confiance à accorder aux documents géotechniques récupérés.

S'il n'est pas pratique d'introduire le contenu de documents de synthèse (cartes géologiques, hydrologiques,

géodynamiques, etc...) dans la banque de données, il importe d'introduire toutes les informations géoscientifiques disponibles. Ceci comprend l'information ponctuelle ayant servi à l'élaboration de cartes synthèse existantes. Cette information peut dès lors servir à de nouvelles synthèses

La banque de données de Ste-Scholastique (Kugler-Gagnon, 1974) est très près d'une banque de données géotechniques idéale. Elle répond à toutes les exigences établies ci-dessus à l'exception du choix des analyses. Les analyses effectuées correspondent d'assez près au concept d'analyses "clefs". Il existe, néanmoins, des lacunes: aucune résistance à la pénétration, au cisaillement et aucune compression simple ou triaxiale ne fut mesurée et peu d'analyses permettant de dériver ces paramètres, ...

La même équipe générait et contrôlait toutes les données, puis les consignait sur les fiches de compilation. Il était dès lors possible de récupérer des documents géotechniques avec un niveau élevé de confiance dans leur qualité.

Le concept de banque de données géoscientifiques idéale s'avère utopique dans la majorité des situations réelles. Pour réaliser une telle banque de données, il

faut générer, une fois pour toute, les données géoscientifiques de densité acceptable, exécuter toutes les analyses pouvant servir à tous les projets d'aménagement possibles et ignorer totalement les données géoscientifiques déjà existantes, les estimant incomplètes et de qualité inégale, donc inutilisables. La banque de données géoscientifiques de Ste-Scholastique ne contenait pas la densité d'information permettant d'ignorer les autres données existantes, de même nature, pour la région. Il fallut donc ajouter à la banque de données de Ste-Scholastique les résultats de mesures effectuées pour des fins très variées. Ces données ne résultant pas des mêmes critères d'échantillonnage et d'analyse que les données générées pour la banque, celle-ci perd donc son homogénéité; la qualité des données échappe aux contrôles et devient inégale. Ce n'est plus une banque de données géoscientifiques idéale.

Il est probable que l'amélioration dans la qualité des données ne peut justifier les sommes additionnelles pour réaliser une banque de données idéale. Il est toutefois suggéré de tenter de rejoindre cet idéal dans certaines de ses composantes.

5-3: Banque de données pratique.

5-3-1: Information pré-existante.

Il existe aux endroits d'activité humaine intense, d'importantes quantités d'informations géotechniques provenant d'études de sols (établissement d'édifices, de routes, de ponts, d'aqueducs, d'égoûts, de réservoirs, etc..., ainsi que d'innombrables forages de puisatiers). La majeure partie de ces informations comporte des résultats d'analyses de mécanique des sols.

Cette richesse de renseignements géoscientifiques disponibles chez les ingénieurs municipaux, les ingénieurs de grosses entreprises, les architectes, les bureaux des ministères de la voirie et des travaux publics, divers ingénieurs-conseil représente de gros investissements de fonds et d'efforts. Malgré l'hétérogénéité de ces données et l'inégalité dans leur qualité provenant de la diversité des buts poursuivis et de la variété des méthodes de sondage, d'échantillonnage, d'analyse et de l'habileté inégale des exécutants, ces données n'en demeurent pas moins très utiles lorsqu'elles sont compilées de façon cohérente et avec discernement. Le coût de l'étude géotechnique devient dès lors acceptable et raisonnable.

Une méthode de compilation de banques de données géoscientifiques réalisables, basée sur l'expérience de Ste-Scholastique et de Hamilton sera donc proposée. De plus, un exemple de cette méthode sera présenté.

5-3-2: Cueillette de l'information.

Le problème de la cueillette d'information efficace ne peut être résolu sans législation adéquate dans ce domaine. Pour réunir toutes les informations disponibles et éparpillées un peu partout, il faut présentement:

a) Identifier les dépositaires d'informations géoscientifiques.

b) Contacter ces dépositaires pour demander la permission de consulter leurs dossiers.

c) Compiler l'information sur place.

Cette façon de procéder occasionne des coûts de déplacement. L'accès à l'information demeure toujours sujet au bon vouloir de son propriétaire. Un refus de ce dernier rend cette information innaccessible. Les organismesresponsables d'études géotechniques doivent alors combler les vides à leurs propres frais.

Dans plusieurs pays, l'Etat exige que tous les sondages d'importance déterminée soient rapportés à une agence publique chargée d'émettre les permis de sondage. Tous les résultats d'analyse, les descriptions qualitatives et les mesures sont mis en archives dans un dépôt central accessible à tout utilisateur. Une législation semblable existe au Canada en ce qui concerne les sondages pétroliers. Les journaux de sondage et les diagraphies doivent être remis à l'Etat et peuvent être consultés par le public après quelques années. Une telle législation dans le domaine de la géotechnique faciliterait la cueillette d'information et réduirait les coûts et le temps nécessaire à la compilation des données existantes.

5-3-3: Sources d'information.

Au chapitre 3, sont identifiés les principaux utilisateurs de données géoscientifiques. Ces utilisateurs sont en même temps des dépositaires de données. En se basant sur ces catégories d'utilisateurs, il est possible d'établir une liste des entreprises et des organismes locaux à visiter lors de la cueillette des données pour une région déterminée.

5-3-4: Le compilateur.

La cueillette de l'information ne devrait pas relever d'une volonté autre que celle responsable de la qualité des documents géotechniques qui en seront retirés. Cette condition exclut donc une compilation de données effectuée sous contrat par un organisme privé, sans supervision étroite, de peur de voir se répéter les omissions de données de première importance pour des motifs étrangers à la géotechnique (voir chapitre 4).

Dans le contexte actuel et devant l'absence de cueillette systématique et de législation dans ce sens, la compilation d'une banque de données géoscientifiques devrait être uniquement motivée par les besoins d'un projet de cartographie géotechnique dans une région particulière. De cette façon, les erreurs systématiques se retrouvant dans une série de banques de données sont évitées. L'expérience acquise dans la compilation d'une banque de données permet de compiler la suivante en éliminant certaines erreurs. Le compilateur doit posséder un minimum de connaissances géologiques et géotechniques et doit connaître parfaitement la procédure à suivre pour remplir les fiches de compilation.

5-3-5: Choix des paramètres à compiler.

Le concept d'analyses "clefs" est mentionné plus haut. Ce sont les analyses mesurant les paramètres physiques d'un sol susceptible de décrire le comportement de ce sol sous différentes contraintes possibles et pouvant être utiles dans la conception d'une variété de projets d'aménagement. Ces paramètres "universels" pourraient être utilisés directement ou servir à une dérivation acceptable de paramètres utiles. Ces paramètres varient selon la nature du sol, sa composition, sa génèse, ses propriétés chimiques et mécaniques et ses caractéristiques stratigraphiques et structurales. Il devient donc très difficile de déterminer une liste de tels paramètres universellement applicables. Toutefois ce concept, même s'il n'est jamais complètement satisfait, guide le choix de l'information à compiler et la méthode à suivre pour compiler ces paramètres. De plus, une consultation de la littérature géotechnique n'a pas permis de découvrir une liste précise des paramètres géotechniques dont il est recommandé de mesurer et de compiler pour un type particulier de sol. Seul le but précis de l'utilisation d'un sol détermine les paramètres que l'on doit connaître.

Par contre, il existe des listes de facteurs utiles à la cartographie géotechnique (voir chapitre 1). Il est à noter que, sous la rubrique "Les facteurs géotechniques" les facteurs et paramètres dont la mesure est recommandée ne sont que vaguement identifiés. Toutefois, l'auteur exprime son accord avec les principaux types de facteurs identifiés dans cette liste et qu'il faut considérer lors de l'élaboration de cartes géotechniques. Il sera entrepris de cerner de plus près les facteurs géotechniques utiles et importants à compiler. Suivra, une discussion des différentes données géoscientifiques, autres que géotechniques aptes à être ajoutées à la banque de données.

Il faut se rappeler que les données recueillies proviennent d'analyses exécutées dans le but de permettre une utilisation précise et unique du sol (construction de grands édifices, de ponts, de barrages, routes, etc...). Une gamme plus ou moins complète de paramètres sera considérée et mesurée selon l'importance et les caractéristiques du projet d'aménagement. Il existe de l'information pour un grand nombre de projets différents. La grande variété de paramètres mesurés aboutit en une banque de données à contenu très hétérogène, limitant de ce fait son utilité. Il importe alors d'accroître l'homogénéité des paramètres. Le texte présent considérera trois (3) méthodes à suivre:

1) Les formules de dérivations de paramètres décrites dans la littérature géotechnique devraient être utilisées systématiquement. Ces formules permettent une estimation approximative de paramètres complexes à partir de paramètres généralement plus faciles à déterminer et souvent mesurés de façon systématique dans une étude de sol, indépendamment du but du projet.

Exemple:

Les limites d'Atterberg sur les argiles servent à l'estimation de l'indice de compression, etc... . (Voir chapitre 7).

L'auteur a déjà tenté de réunir quelques unes de ces formules (Morin, 1974), mais il ne s'agit pas d'une collection exhaustive de ce type de formules. En utilisant ces formules, il importe de bien comprendre qu'elles ne sont valables que si les conditions et les limites spécifiées pour leur application sont respectées. Chaque fois que la chose est possible, il est recommandé de comparer sta-

tistiquement pour un même type de sol, et dans les mêmes conditions, les paramètres mesurés et dérivés afin de justifier ou d'infirmer de telles dérivations. Toutefois, avant de rejeter une formule de dérivation, il faut se rappeler qu'il s'agit de déterminer les caractéristiques approximatives des sols à l'échelle régionale. Une dérivation permettant de déterminer la valeur d'un paramètre à l'intérieur d'une fourchette prédéterminée, demeure précieuse comme première approximation même si elle n'est pas basée sur une analyse statistique rigoureuse.

2) L'analyse statistique permet de définir des formules de dérivations propres aux sols d'une région étudiée. La statistique inférencielle permet de reconnaître des relations entre paramètres et rend possible la dérivation d'un paramètre en se basant sur un ou plusieurs autres. Il importe de fonder ces relations sur un raisonnement géotechnique plutôt qu'exclusivement statistique. Si la relation se justifie sur une base géotechnique,

elle peut devenir universelle et pourrait être applicable à tous les sols du même type. Les limites de ces formules de dérivation, et les conditions de sol pour lesquelles elles sont valables, devront être spécifiées et respectées.

3) Une série de sondages de contrôle permet de procéder à une série complète d'analyses "clefs" sur les échantillons récupérés dans des conditions bien définies. Cette série de sondages et l'analyse des échantillons représentent un noyau de données qui sert de référence à l'interprétation, la manipulation et l'utilisation des apports de données incomplètes. Un tel noyau permet, en même temps, la vérification statistique des formules de dérivation. Pour réaliser une telle vérification, il faut que chaque analyse contienne une mesure du paramètre à dériver et une mesure de chaque paramètre nécessaire à la dérivation.

L'auteur n'est pas entièrement d'accord avec le commentaire suivant de Kugler-Gagnon:

> "Nous estimons qu'il faudrait développer des systèmes d'information en évitant d'utiliser des facteurs trop coûteux à récolter ou trop subjectifs. Ce type de facteur trop sophistiqué risque de faire échouer l'objectif principal du système d'information qui est d'aider le planificateur dans un language qu'il faut comprendre et dont il connaît, si possible, les limites de validité."
>
> (Kugler-Gagnon, 1974, p. 84-85).

Il est à noter, avant de passer à la critique de cette assertion, que l'optique qu'elle présente (banque de données géoscientifiques de Ste-Scholastique), diffère de notre étude (banque de données géoscientifiques de Hamilton, Ont.). La première partie de cette recommandation peut être valable s'il s'agit, non seulement de compiler les données géoscientifiques, mais aussi, de les générer. Ce fut le cas dans les premiers temps de la banque de Ste-Scholastique. Cette recommandation, toutefois, ne s'applique pas si ces "facteurs trop coûteux à récolter" existent déjà dans les rapports de sol examinés lors de la compilation. Par ailleurs, l'auteur est d'avis qu'il faut introduire le plus possible de données géoscientifiques disponibles dans la banque, à plus forte raison lorsque ces données sont coûteuses à établir. On ne détermine pas des paramètres coûteux si ces paramètres ne sont pas importants.

Ainsi, ignorer ces paramètres déjà disponibles diminuerait la valeur et l'utilité de la banque de données.

L'auteur rejète complètement la seconde partie de la proposition de Mme Kugler-Gagnon. Si des facteurs géotechniques contenus dans la banque de données s'avèrent "trop sophistiqués" pour certains utilisateurs, ces derniers peuvent toujours les ignorer et s'en tenir à ceux qui leur sont familiers, donc plus faciles à interpréter. Il existe d'autres utilisateurs capables d'apprécier la valeur de cette information et aptes à s'en servir. Ainsi, la banque de données géoscientifiques pourra être utile à un plus grand nombre de gens utilisant des données géoscientifiques.

En plus de données géotechniques, la banque doit contenir des données provenant de facteurs géologiques, hydrologiques, géomorphologiques et autres (voir chapitre 1). Ces données doivent toutefois obéir à certaines règles avant de pouvoir être incorporées à la banque:

1) Les données doivent être ponctuelles afin de pouvoir rattacher mesures ou phénomènes à un point précis.

Exemple:

Roche en placé à découvert.

2) Les mesures doivent être uniques ou se résumer en une série de mesures uniques. Une courbe (de granulométrie, de consolidation, etc...) s'introduit mal dans une banque de données compilées pour l'ordinateur. Il est plus raisonnable de résumer cette courbe par une série de points de mesures précises.

Exemple:

Une courbe granulométrique se résume par ses pourcentages d'argile - au diamètre de 0,002 mm et moins -; de silt - entre 0,002 et 0,06 mm -; de sable - entre 0,06 et 2mm - et de gravier - à plus de 2 mm -. On peut aussi considérer D_{10} (ou le diamètre des particules à 10% de la courbe granulométrique cumulative), D_{30}, D_{60} et D_{85}.

3) Les mesures peuvent être qualitatives ou quantitatives, mais les mesures qualitatives ne doivent jamais être préférées aux mesures quantitatives. Tandis qu'un paramètre peut toujours être qualifié à partir de mesures quantitatives, l'inverse n'est pas possible. Les mesures qualitatives ne sont valables qu'en l'absence de mesures quantitatives ou lorsqu'il s'agit de remplacer une fourchette de valeurs bien définie.

Exemple:

"K" représente le coefficient de perméabilité en cm/sec. S'il s'agit d'exprimer "K" selon une fourchette de valeurs pour un sol, il est important de bien définir les seuils. Un sol sera de perméabilité "moyenne" pour "K" entre 1×10^{-1} et 1×10^{-3}, etc...). Il va sans-dire que la fourchette ne doit pas varier de valeur pour un même qualificatif.

4) Les unités de mesure doivent demeurer les mêmes pour une même rubrique. Il n'est pas question d'introduire, tantôt une mesure métrique, tantôt une mesure en pieds/tonne, tantôt une mesure en pouces/livre. L'unité de mesure choisie importe peu, mais elle doit demeurer constante pour toute la banque de données. L'ordinateur peut transformer des données inscrites selon une unité de mesure en une autre unité de mesure au besoin. Il n'est pas aberrant d'introduire les mesures de poids spécifique de l'agrégat en lbs/pi^3 et les mesures de poids spécifique des solides en g/cm^3. Au Canada, la plupart des rapports de sol indiquent ainsi ces mesures. Par ailleurs, si le poids spécifique de l'agrégat est rapporté en g/cm^3 et que cette mesure a été compilée jusque là en lbs/pi^3, la transformation de l'unité de mesure s'impose avant d'effectuer la compilation.

5) A la compilation, les unités stratigraphiques doivent être définies selon les indications du rapport de forage. Il ne s'agit pas de

donner le nom officiel de la formation géologique, mais plutôt de spécifier les limites des unités stratigraphiques rencontrées et souvent illustrées dans les rapports de sol par le dessin de la colonne stratigraphique. Le nom de l'unité n'est souvent qu'une description de sa nature et de sa composition granulométrique. Cette mesure est proposée pour éviter de répéter les erreurs de la banque de données de Hamilton. Dans cette banque, par exemple, la présence d'un peu plus de gravier dans une unité de sable pouvait être compilée comme une unité de gravier distincte. La compilation s'effectue en indiquant clairement l'élévation de la surface de l'unité stratigraphique et l'élévation de la surface de l'unité stratigraphique suivante, ou le fond du sondage. Tout changement secondaire dans la composition de l'unité peut alors être distingué sans pour autant qu'elle soit interprétée comme une nouvelle unité stratigraphique.

Toutes les données susceptibles de permettre une meilleure utilisation du sol devraient trouver leur place dans une banque de données géoscientifiques. Dans une optique idéale, il faudrait inclure, par exemple, des données pédologiques propres à l'agriculture, des mesures hydrologiques (tests de pompage, qualité de l'eau, etc...). Si ces données manquent, il ne faut pas y voir une perte d'intérêt, mais plutôt une restriction économique. Les moyens financiers et l'aide technique permettant d'incorporer toutes ces données ne furent pas disponibles.

Il est possible de séparer les facteurs intéressant l'aménagement en deux (2) catégories: les facteurs dont les paramètres sont permanents et ceux qui sont temporaires.

Les zones à bon potentiel agricole risquent de le demeurer longtemps, même après un début d'urbanisation. Par contre, la répartition de la faune et de la flore peut être complètement modifiée par des degrés variables d'aménagement.

Il faut éviter de surcharger une banque de données géoscientifiques, même destinée exclusivement à l'aménagement, de données ne relevant pas des sciences de la terre et surtout de ces facteurs sensibles à la moindre modifica-

tion de l'environnement (zones de bruit, aires d'influence des grands axes de circulation, faune, flore, etc...). Ces facteurs peuvent très bien constituer une banque autonome de données compilées selon des critères mieux adaptés à leur caractère éphémère et pouvant être plus efficacement mises à jour suivant leurs fluctuation. La banque de données géoscientifiques doit s'en tenir essentiellement à des données sur les propriétés fondamentales des sols. Certains facteurs variant rapidement pourront être tolérés, (exemple: élévation de la nappe phréatique) en ayant soin de bien les dater. La présence de valeurs se rattachant à l'achalandage d'un axe routier ou d'un facteur de bruit, etc... greffées aux résultats d'analyses géotechniques propres à un site de sondage peut parfois avoir une certaine utilité. La banque de données constituée par Dumper (1972) en est un exemple type. Par contre, une telle banque de données se voit vouée à une désuétude prématurée. Il suffit d'une légère modification dans l'aménagement urbain (ouverture ou fermeture d'une usine par exemple) pour que les facteurs d'achalandage et de bruit soient rapidement modifiés. Les données géoscientifiques, par ailleurs, demeurent valables.

5-3-6: Fiches de compilation.

Les fiches de compilation décrites au chapitre 4, de par leur conception, ne peuvent contenir la grande variété de données géoscientifiques possible. Des fiches élaborées uniquement selon le principe de la rubrique fixe particulière au résultat d'une analyse déterminée ne peuvent qu'entraîner des problèmes à la compilation. En effet, il est difficile de prévoir toutes les rubriques possibles. De plus, à la compilation, un grand nombre de rubriques devront être laissées sans valeurs, puisque la plupart des sondages ne justifient qu'un nombre restreint d'analyses. Finalement, les résultats d'analyses n'ayant pas de rubrique, ou encore des commentaires pertinents devront être écartés.

En réponse à cette situation Bélanger (1975) a imaginé et développé une fiche de compilation de "format libre" avec, au départ, un minimum de rubriques et en plus, la possibilité d'introduire de l'information qualitative ou quantitative sans la rattacher à des rubriques spécifiques. La flexibilité et la facilité d'utilisation sont les grands avantages de cette fiche de compilation. Le format a été intentionnellement conçu pour imiter les fiches de sondage habituellement retrouvées dans les dossiers d'ingénieurs en

sols. Cette similitude facilite le transfert de données d'une fiche à l'autre (voir figure 5-1).

Sans les avantages que procure cette fiche de compilation, il serait difficile d'appliquer les recommandations formulées plus haut sur la méthode de compilation et la nature des données géoscientifiques.

5-3-7: Mise à jour.

La quantité d'information géoscientifique disponible pour une région augmente avec le temps. La qualité de l'information peut aussi s'améliorer. Une banque de données géoscientifiques ne peut pas se permettre de demeurer figée dans le temps et garder son utilité indéfiniment. L'augmentation de l'information géoscientifique précise les propriétés des sols tout en ajoutant à la qualité des documents récupérés.

Il se dégage deux aspects à cette mise à jour:

1) L'intégration de nouvelles données devenues disponibles.

2) Le rejet d'anciennes données périmées.

Figure 5-1

Fiche de compilation UGAIS
(Bélanger 1975)

UGAIS DATA RECORD

FILE NO. _____ Maximum Char/Line

DATE _____

RECORD NUMBER _____ (Col 1) CARD 0 0 (6)

N.T.S. MAP _____ (8)

UTM ZONE __ (16)

EASTING _____ (18)

NORTHING _____ (24)

LOCATION PRECISION _____ ft. (31)

REFERENCE _____ (35)

DATE (M/Y) __ (49) __ (51)

SURFACE ELEV. _____ ft. ASL (53)

METHOD __ (59) PURPOSE __ (61)

PENETRATION: HAMMER _____ lb. (63)

DROP _____ in (65)

SPOON DIAM. _____ in. (69)

RELIABILITY __ (72)

BOTTOM OF HOLE (depth) _____ ft. (74)

RECORD NUMBER (5)	CARD	DEPTH (6)	SOIL TYPE (16)	DESCRIPTION Colour, %, Grain Size, Physical & Chemical Prop., Structure, Genetic. (27)	ATTERBERG DEPTH (4)	PL (3)	MC (3)	LL (3)	PENETRATION DEPTH (4)	BL/FT (3)	WATER (depth) (4)
	01										
	02										
	03										
	04										
	05										
	06										
	07										
	08										
	09										
	10										
	11										
	12										
	13										
	14										
	15										
	16										
	17										
	18										
	19										
	20										

Column 1 6 8 14 30 57 61 64 67 70 74 77

Figure 5-1

Plusieurs raisons peuvent causer la désuétude d'une donnée. Voici les principales:

a) Une amélioration dans la précision et la fiabilité d'une donnée.

Exemple:

Un sondage séismique détermine assez bien l'épaisseur des couches de sol meuble. Mais un forage géotechnique sur le même site, ou à proximité, doit être préféré car les épaisseurs des couches sont mesurées avec plus de précision. De plus, le sondage géotechnique sera accompagné d'essais sur place et d'analyses en laboratoire.

b) La présence de sondages de qualité égale trop rapprochés les uns des autres. Lorsque la proximité de deux (2) sondages est telle que leurs coordonnées tombent en deça de l'erreur de localisation (coordonnées semblables), le sondage le moins complet est rejeté et un amalgame des paramètres mesurés peut être effectué selon les données rapportées.

c) Des descriptions radicalement différentes pour des sondages de même type situés très près les uns des autres. S'il y a des erreurs dans l'un ou plusieurs des sondages, ces derniers seront rejetés. Un manque de concordance dans les paramètres mesurés pour un même type de sol rend souvent ces erreurs détectables.

En projetant la compilation et l'utilisation d'une banque de données géoscientifiques, il faut aussi prévoir un système de mise à jour. Que cette tâche relève d'une agence du gouvernement fédéral ou d'organismes publics locaux, la mise à jour requiert les services de personnes qui connaissent la banque de données et qui possèdent des notions de géotechnique. Ces personnes devront, en outre, s'assurer de la disponibilité d'un ordinateur et d'une série de programmes facilitant la mise à jour. Cette mise à jour pourra s'effectuer régulièrement une ou deux fois par année selon l'intensité des sondages effectués dans la région.

Une banque de données géoscientifiques ne s'avère utile que si elle est complète et à date. Les avantages ayant motivé la création d'une banque de données (accès rapide à toute l'information géoscientifique disponible,

manipulation rapide des données, etc...) s'amenuisent avec le temps si la mise à jour est négligée.

5-4: Exemple de compilation proposée.

5-4-1: Banque de données de Rivière-du-Loup (Qué.).

L'auteur a eu l'occasion de mettre en pratique plusieurs des recommandations discutées plus haut en ce qui a trait au choix des paramètres à compiler et sur la façon de les compiler. Les données ont été consignées sur les fiches de compilation UGAIS (voir figure 5-1) selon les spécifications et sous la surveillance immédiate de l'auteur.

La banque de données de Rivière-du-Loup est proposée comme la concrétisation des recommandations de cette thèse sur la compilation d'une banque de données géoscientifiques malgré que ces recommandations ne soient pas toutes remplies. Il n'existe pas de législation obligeant les exécutants de sondages géoscientifiques à remettre une copie de leurs rapports et résultats d'analyses à un organisme public; il n'existe pas d'organisme public chargé de les recueillir, de compiler les données et de veiller à leur mise à jour. Ces deux recommandations ne sont pas observées dans l'exemple de Rivière-du-Loup.

5-4-2: Choix des paramètres à compiler et méthode de consignation.

Il est opportun maintenant de présenter la façon dont furent remplies les fiches UGAIS lors de la compilation de la banque de données de Rivière-du-Loup.

Il est à noter que toutes les fiches ont été remplies en français. Il s'agit là d'une mesure de prudence puisque la majorité des rapports de sondages effectués dans la région de Rivière-du-Loup ont été rédigés en français. Il aurait été pénible, inutile et dangereux de tout traduire en anglais: pénible à cause du volume de l'information, inutile car il s'agit d'information régionale utilisée presque exclusivement par des francophones (le fait que les rapports originaux soient rédigés en français le prouve), dangereux car toute traduction peut introduire d'importantes erreurs de terminologie. Les fiches UGAIS sont suffisamment flexibles pour permettre la rédaction dans n'importe quelle langue. Il suffit que le programme "dictionnaire" décodant l'information contienne la terminologie géoscientifique dans la langue choisie.

La fiche UGAIS se divise en deux (2) parties distinctes:

a) La partie gauche de la fiche, représente une série de rubriques fixes de quatre-vingts (80) espaces, équivalents aux quatre-vingts (80) colonnes d'une carte d'ordinateur. Les rubriques sont:

- File No:

  Cette rubrique n'est pas introduite dans la banque de données. Ce numéro correspond au numéro de sondage déterminé par la firme ou l'organisme ayant effectué le sondage et rédigé le rapport.

- Date:

  Cette rubrique n'est pas introduite dans la banque de données. Date de la compilation.

- Record Number (1-5):

  Numéro identifiant le sondage dans la banque de données. Ce numéro est unique pour chaque sondage compilé. Si plus d'une fiche de compilation est nécessaire, le même numéro est répété sur les fiches additionnelles.

- Card (6-7):

  Cette rubrique, complétée à l'avance, identifie la première des cartes perforées décrivant un sondage (00).

- N.T.S. Map (8-15):

  Identification de la carte du système de référence cartographique national où se situe le sondage.

- U.T.M. Zone (16-17):

  Zone selon la grille du système de localisation UTM. (Projection universelle transverse de Mercator). Pour Rivière-du-Loup et la région étudiée, cette zone est toujours "19".

- Easting (18-23):

  Les coordonnées de la longitude selon le système UTM (au mètre près).

- Northing (24-30):

  Les coordonnées de la latitude selon le système UTM (au mètre près).

- Location Precision (31-34):

  Estimation arbitraire du compilateur évaluant la précision avec laquelle le sondage compilé est localisé sur la carte topographique. Cette estimation

permet d'évaluer la pertinence d'un sondage par rapport à un autre situé à proximité et présentant des discordances importantes.

- Référence (35-48):
  Code alphanumérique identifiant la firme ou l'organisme responsable du sondage et de la rédaction du rapport. Ce code contient, en outre, le numéro du dossier assigné par cette agence.

- Date (M/Y) (49-50 et 51-52):
  La date d'exécution du sondage: le mois et les deux derniers chiffres de l'année.
  Exemple: (09 64) = Septembre 1964.

- Surface Elev. (53-58):
  Elevation en pieds de la surface topographique au-dessus du niveau moyen des mers.

- Method (59-60):
  Code se rapportant à la méthode employée pour exécuter le sondage (la liste des codes telle qu'exprimée par Bélanger, 1975, p. 9).

- Purpose (61-62):
  Code indiquant la raison du sondage géoscientifique (la liste des codes dans Bélanger, 1975, p. 9).

- Penetration:

  Rubriques se rapportant au test de pénétration par battage de l'échantillonneur à tube fendu. Ces rubriques spécifient les critères lors de l'exécution du test, soit:

  1) Hammer (63-65):

     Poids du marteau battant l'échantillonneur.

  2) Drop (66-68):

     Hauteur en pouces de la chute libre du marteau.

  3) Spoon Diam. (69-71):

     Diamètre extérieur de l'échantillonneur.

- Reliability (72):

  Classification qualitative arbitraire du sondage selon un code déterminé par Bélanger (1975, p. 6). Ce code prend en considération la terminologie et la quantité d'information géoscientifique inscrites dans le rapport de sondage.

- Bottom of hole (depth) (73-76):

  Profondeur totale, en pieds, du sondage.

- Elevation of bedrock (77-80):

  Cette rubrique représente une modification apportée par l'auteur du présent document à la fiche UGAIS

telle que décrite par Bélanger (1975). Elévation en pieds de la surface de la roche en place par rapport au niveau moyen des mer. Cette rubrique n'est remplie que si le sondage a atteint ce contact.

b) La deuxième partie de cette fiche correspond à une possibilité de vingt (20) cartes perforées de quatre-vingts (80) colonnes chacune. Les rubriques sont beaucoup plus générales. Il est possible, sous une même rubrique, de continuer sur la carte suivante une entrée de données d'analyse ou une description qualitative.

- Record number (1-5):
  Même numéro de sondage que sur la carte de la première partie. Doit être répété pour chaque carte.

- Card (6-7):
  Cette rubrique déjà remplie identifie l'ordre des cartes perforées de la deuxième partie de la fiche.

- Depth (8-13):
  Profondeur en pieds, par rapport à la surface topographique, d'une entrée de données. Seulement les profondeurs se rapportant à la surface d'une unité stratigraphique déterminée selon la colonne strati-

graphique du rapport de sondage doivent être indiquées ici.

- Soil type (14-29):
  Description verbale (qualitative) du sol de l'unité stratigraphique décrite.

- Description (30-56):
  Toutes les données quantitatives et qualitatives sont inscrites sous cette rubrique avec ou sans codes (sauf les limites d'Atterberg, la teneur en eau naturelle, la résistance à la pénétration par battage de l'échantillonneur et la profondeur des diverses nappes phréatiques). Sous cette rubrique, il est permis d'indiquer la couleur du sol, des résultats d'analyse, des commentaires descriptifs sur les propriétés physiques et chimiques du sol, etc...

Les données géoscientifiques de Rivière-du-Loup ont été introduites de la façon suivante:

1) La profondeur en pieds, par rapport à la surface topographique et se rapportant aux données introduites, était indiquée. Cette profondeur correspond souvent à un horizon échantillonné, à un niveau ayant été soumis

à une analyse en place, à une observation ponctuelle le long de la colonne stratigraphique.

2) Toutes les analyses géotechniques introduites étaient codées et leurs résultats inscrits. Dans le cas de courbes, des points pertinents de cette courbe sont choisis et décrits.

Exemple:
La courbe granulométrique est décrite de deux façons:

a) Les pourcentages de gravier, sable, silt et argile selon la classification granulométrique du MIT (Massachusett's Institute of Technology).

b) Les diamètres des grains à des pourcentages fixes soit: D_{10}, D_{30}, D_{60}, D_{85} (Diamètres des grains du sol à 10%, 30%, 60% et 85% sur la courbe granulométrique cumulative). Ces diamètres sont parfois employés par les ingénieurs pour trouver différents coefficients permettant d'évaluer la qualité du dépôt selon sa granulométrie. Ces

coefficients permettent, par exemple, d'évaluer le potentiel d'un dépôt de gravier ou de sable comme matériel de remplissage, ou de drainage (sous des fondations ou des routes, etc...).

3) Si le responsable de la compilation ne peut évaluer l'importance d'une courbe comme donnée géotechnique (courbes de tassement. de compression, etc...), il est tenu de photocopier le document et de l'identifier correctement (numéro de sondage, profondeur de l'analyse par rapport à la surface topographique, etc...) et d'attacher le tout à la fiche de compilation pour réévaluation ultérieure.

Voici une liste partielle des résultats d'analyses compilés dans la banque de données géoscientifiques de Rivière-du-Loup sous cette rubrique:

- Code de classification des sols selon le "Unified Soil Classification".
- Le poids spécifique des solides.
- Le poids spécifique de l'agrégat.
- L'indice initial des vides.
- La pression interstitielle.

- Contrainte préconsolidée.
- Indice de consolidation.
- Compression simple.
- Compression triaxiale (drainée, non-drainée, drainée et consolidée).
- L'angle de frottement interne.
- La résistance au cisaillement (drainée et non remaniée), essai en laboratoire ou en place.
- Résistance au cisaillement (remaniée).
- Cône de pénétration (de 2 pouces).
- etc...

Aucune fiche de compilation à rubriques prédéterminées n'aurait pu, en pratique, incorporer toute cette information.

- Atterberg:

Cette rubrique comprend les informations suivantes:

1) Depth (57-60):

Profondeur en pieds (par rapport à la surface topographique) à laquelle étaient effectuées les limites d'Atterberg et/ou la teneur en eau naturelle.

2) P.L. (61-63):

La limite de plasticité.

3) M.C. (64-66):

La teneur en eau naturelle.

4) L.L. (67-69):

La limite de liquidité.

- Pénétration:

Résistance à la pénétration par battage de l'échantillonneur à tube fendu. Les spécifications se rapportant au poids du marteau, à la hauteur de sa chute et au diamètre de l'échantillonneur sont inscrites dans la première partie de la fiche, colonnes 63 à 71, sous les rubriques "Penetration: Hammer, Drop, Spoon Diam.".

Les données se rapportant à la pénétration sont:

1) Depth (70-73):

Profondeur en pieds (par rapport à la surface topographique) où a eu lieu le test.

2) BL/ft (74-76):

Nombre de coups de marteau pour faire pénétrer l'échantillonneur de 30 cm (1 pied).

- Water (depth) (77-80):

  Profondeur en pieds (par rapport à la surface topographique) de la surface d'une nappe d'eau souterraine.

5-4-3: La partie inédite.

Il importe ici de préciser que la partie inédite de ce travail ne réside pas dans la fiche de compilation même, conçue d'ailleurs par Bélanger, mais dans la méthode de remplir cette fiche. La fiche UGAIS permet une étonnante liberté de compilation et l'auteur propose donc une méthode inédite de la remplir de façon à retirer le maximum d'information des dossiers de sondage géoscientifique existant.

La figure 5-2 donne un exemple de la compilation sur fiche UGAIS des données pour la banque de Rivière-du-Loup.

Figure 5-2

Exemple d'une fiche de compilation des données de la banque de Rivière-du-Loup.

UGAIS DATA RECORD

FILE NO. M-1347 AX

DATE 20-07-76

RECORD NUMBER (Col 1) 702 CARD 00

NTS MAP (8) 21N/14

UTM ZONE (16) 19

EASTING (18) 465600

NORTHING (24) 5293180

LOCATION PRECISION (31) 20 ft.

REFERENCE (35) L1F-M1347-01

DATE (M/Y) (49) 09 . (51) 71

SURFACE ELEV (53) 402 ft ASL

METHOD (59) 15 PURPOSE (61) 11

PENETRATION: HAMMER (63) 140 lb.

DROP (65) 30 in.

SPOON DIAM. (69) 2.0 in.

RELIABILITY (72) 1

BOTTOM OF HOLE (depth) (73) 21.2 ft.

BEDROCK (depth) (77) 2 0 . 0 ft.

Maximum Char/Line

RECORD NUMBER (5)	CARD (6)	DEPTH (6)	SOIL TYPE (16)	DESCRIPTION Colour, % Grain Size, Physical & Chemical Prop., Structure, Genetic (21)	ATTERBERG DEPTH (4)	P L (3)	M C (3)	L L (3)	PENETRATION DEPTH (4)	BL FT (3)	WATER depth (4)
702	01	0.1	Sol arable								0.5
	02	2.5	Till; sable, silt	Gris rougeâtre; compacité							
	03		gravier	moyenne à dense							
	04			#2.5 pieds RE, 0.%					4.0	16.	
	05			#5.0 pieds RE, 67.%					6.0	18.	
	06			#7.0 pieds RE, 33.%					7.0	28.	
	07			#9.5 pieds RE, 67.% Gr,	9.5	18.	24.	32.	11.0	15.	
	08			Argile 42.% Silt 54.%							
	09			Sable 4.% D, D30 0.001							
	10			D 60 0.005 D85 0.035							
	11			#13.5 pieds RE, 60.% Gr	13.5	17.	20.	32.	15.0	45.	
	12			Argile 26.% Silt 38.%							
	13			Sable 16.% Gravier 20.%							
	14			D, D30 0.003 D60 0.04							
	15			D85 2.0							
	16	15.0	Till; sable silt	Gris; compacité moyenne							
	17		argile	#15.5 pieds GR, Argile 7.5%	17.0	12.	11.	18.	18.0	43.	
	18			Silt 16.5 Sable 76.%							
	19	20.0	Roc; Grès	Gris vert, Quartzitique							
	20										

Column 1 6 8 14 30 57 61 64 67 70 74 77

Chapitre 6

METHODES DE CARTOGRAPHIE GEOTECHNIQUE PAR ORDINATEUR.

6-1: Méthodologie.

Au chapitre 1, les différentes approches à la cartographie géotechnique ont été discutées sous la rubrique "L'utilisation de l'ordinateur pour l'exploitation d'un fichier géoscientifique". Les principaux avantages de l'ordinateur ont été discutés (rapidité de récupération, traitement des données, récupération cartographique, etc...). De plus, les principaux problèmes que soulève l'utilisation de l'ordinateur en cartographie géotechnique sont identifiés et les solutions que les chercheurs tentent d'apporter à ces problèmes sont discutées. Enfin, un inventaire des possibilités conceptuelles pratiques de symbolisation est dressé.

Il sera maintenant tenté d'approfondir l'approche conceptuelle de cette thèse et d'en dégager l'inédit.

Les traitements statistiques effectués sur les données de la banque géoscientifique de Hamilton ont été discutés au chapitre 4. La base conceptuelle de cette méthodologie en cartographie géotechnique par ordinateur se situe quelque part entre l'orientation nord-américaine, qui évite un traitement statistique des données avant la

cartographie, et, l'approche européenne qui n'hésite pas à pousser la recherche vers les algorithmes d'interpolations avancés et souvent fort complexes.

6-2: Rôle de la statistique dans la méthodologie.

L'auteur a utilisé le traitement statistique des données afin:

a) de justifier le classement des données selon des unités statigraphiques connues.

b) de résumer l'information sur les propriétés géotechniques de ces unités stratigraphiques afin de pouvoir en apprécier statistiquement l'homogénéité.

c) de tenter de découvrir des relations statistiques entre les différents paramètres d'une même unité stratigraphique afin d'homogénéiser les types de paramètres disponibles à la cartographie. Cet exercice devient nécessaire si on se rappele qu'à l'origine les sondages furent exécutés pour des besoins très précis sans lien a priori. Il en résulte une collection plus ou moins hétérogène de paramètres déterminés pour répondre à ces besoins.

6-3: Le traitement des données.

6-3-1: Algorithmes d'interpolations.

Les principaux algorithmes d'interpolations ont déjà été l'objet d'une discussion (chapitre 1). La plupart nécessitent des connaissances statistiques poussées pour leurs utilisations et leurs interprétations. L'auteur en est venu aux conclusions suivantes:

a) Les algorithmes d'interpolations obéissent à des lois mathématiques et statistiques précises, sans relation nécessaire avec la réalité des phénomènes géoscientifiques. Les courbes d'isovaleurs, même qualifiées d'une estimation de leurs erreurs statistiques possibles, peuvent ou non représenter la réalité. Elles ne sont donc utilisables qu'après une revision "manuelle" en profondeur. Ces algorithmes peuvent alors servir d'auxiliaires puissants à la cartographie.

b) Afin d'éviter d'introduire un facteur additionnel d'incertitude, les manipulations statistiques doivent se baser sur des données

de qualité égale. La nature même de la banque de données (accumulation de données de sources diverses) infirme cette supposition. L'inégalité dans la qualité des données est un élément important dans l'interprétation des statistiques.

c) Ces algorithmes introduisent un supplément de difficultés à l'interprétation du document. Comment faire accepter des documents déjà complexes et difficiles à interpréter pour des géotechniciens chevronnés, à des utilisateurs qui ont déjà du mal à comprendre une carte géotechnique simple et qui n'ont pas un bagage de connaissances statistiques?

6-3-2: Récupération ponctuelle.

La récupération la plus simple et la plus précise est la récupération ponctuelle. La valeur d'un paramètre déterminé est affichée en superposition ou en contiguité avec la localisation même du sondage.

Dans un premier temps, cette méthode simple de récupération est préférable car elle est immédiatement compréhensible par l'utilisateur et peut servir de base à l'interprétation et l'interpolation. Une amélioration de la qualité des données dans la banque et, surtout, une plus grande familiarité des utilisateurs avec des documents géotechniques rendront possible l'utilisation d'algorithmes plus ou moins audacieux discutée au chapitre 1. Les difficultés liées à l'utilisation de ces algorithmes ne peuvent jamais être tout à fait éliminées.

La récupération ponctuelle semble, de prime abord, dépouillée de problèmes. Il en existe cependant:

- Comment représenter la valeur la plus significative d'un paramètre cartographié si ce paramètre a été mesuré dans plusieurs horizons d'un même sondage?
- Comment représenter l'influence de plusieurs paramètres pour un même site sans multiplier les cartes?
- Comment, à une échelle donnée, prévenir la superposition graphique des mesures lorsque les sondages sont situés très près les

uns des autres?

- Sous quelle forme doit-on transmettre l'information pour qu'elle soit facilement comprise?

- Quels paramètres doit-on retenir pour la cartographie?

- Comment mettre en évidence les valeurs pouvant occasionner des problèmes?

- Etc...

Bien que la majeure partie des récupérations pour cette thèse soit du type ponctuel, l'auteur a néanmoins, tenté deux récupérations selon un algorithme d'interpolation en plus d'effectuer quelques essais d'interprétations des données en vue d'une interpolation empirique. Ces essais seront présentés après avoir discuté des solutions apportées aux problèmes soulignés plus haut.

6-3-3: Choix de la mesure à retenir pour un site.

Chaque forage peut posséder plusieurs mesures d'un même paramètre à des horizons différents. Il faut alors choisir la valeur la plus significative pour représenter ce forage à la cartographie, car il est impossible de retenir plus d'une valeur pour chaque site sans multiplier les cartes. Une solution serait de représenter toutes les valeurs d'un site selon une fourchette. Chaque site serait classé en considérant sa plus petite et sa plus grande valeur pour le même paramètre.

Exemple:

Un paramètre dont les mesures seraient au site A: 2.5, 4.5, 6.0, 5.8; au site B: 2.5, 3.0, 3.1, 2.4; et au site C: 2.3, 4.5, 7.3, 8.1 etc...

La fourchette pourrait être constitué ainsi:

Symbole	Fourchette
1 (site B)	2.0-3.5
2 (site A)	2.0-6.0
3 (site C)	2.0-8.5

Mais ce genre de fourchette ne représente, finalement, que le degré d'hétérogénéité d'un paramètre.

Par mesure de prudence et afin de prévenir toute situation difficile lors de l'évaluation d'un site, on doit retenir la valeur la plus défavorable pour un site donné. Si, par exemple, un paramètre infirme les possibilités de construction, ou représente un danger probable lorsqu'il atteint une certaine valeur, cette valeur indiquant les conditions les plus défavorables du site sera cartographiée.

Exemple:

> La valeur de la résistance à la pénétration selon le battage de l'échantillonneur dans une argile.

Plus le nombre de coups de marteau est petit, plus les propriétés physiques de l'argile sont adverses. En tenant compte de la profondeur de la lecture (voir chapitre 7), c'est la plus basse valeur de la résistance à la pénétration qui a été retenue pour la cartographie.

Toutefois, la situation du paramètre peut influencer considérablement l'importance de cette mesure. Si la mesure défavorable est obtenue à une grande profondeur elle aura moins d'importance qu'une même mesure enregistrée près de la surface ou directement sous les fondations. Il faut alors choisir la valeur la plus proche de la surface, et, soit cartographier la dimension profondeur du paramètre, soit pondérer la mesure selon sa profondeur. Ces procédures sont décrites de façon plus détaillée aux chapitres 7; 8 et 9.

Bien qu'il incombe à l'utilisateur d'évaluer l'importance des conditions adverses, la méthode adoptée dans le choix des valeurs cartographiées permet, en identifiant la nature du problème, d'orienter une étude plus détaillée.

6-3-4: Les fourchettes de valeurs.

La cartographie d'une mesure exacte entraîne des risques. Il faut se rappeler que l'objectif des cartes géotechniques est d'informer l'utilisateur sur les conditions physiques générales du sol sans prétendre se substituer à une étude précise et spécifique des sites. Il

s'agit, en premier lieu, de documenter une planification de l'aménagement d'un territoire dans ses grandes lignes et de souligner les zones présentant des sols aux propriétés défavorables; il ne s'agit pas de fournir des données précises pour servir l'élaboration de constructions spécifiques à un site particulier. En outre, il est généralement impossible de garantir l'exactitude des résultats d'analyses, ceux-ci étant d'origines variées, échappent au contrôle du compilateur.

Il est donc préférable de s'en tenir à des fourchettes de valeurs. Le choix de ces fourchettes s'en tient généralement à celles déjà établies dans la littérature géotechnique. Il arrive parfois que les valeurs et la raison de les cartographier se prêtent mal à une transformation en fourchettes de valeurs. C'est le cas, par exemple, du rapport de compression - (dérivation), (voir chapitre 8) où il faut cartographier une valeur précise dans le but de calculer une estimation du tassement.

Les données ponctuelles sont parfois uniques pour chaque site. Parfois, elles expriment un commentaire non quantitatif. Exemple: numéros de forage, type de forage, etc... (voir chapitre 7). Les valeurs quantitatives sont alors représentées ou, transformées en fourchettes

de valeurs pour être cartographiées selon le symbole représentant le palier qui inclut la valeur considérée. Les valeurs qualitatives sont représentées par un symbole. Les symboles représentent une fourchette de valeurs ou une valeur qualitative pouvant être numériques, alphabétiques ou géométriques.

6-3-5: Types de symboles et couleurs.

Les possibilités pratiques du traceur EAI 430-100 type "flat-bed" ont été exploitées à fond dans la réalisation des documents de cette thèse. Il s'agit bien de possibilités pratiques et de ce fait de méthodes rapides et simples à la réalisation des documents. Trois types de symboles sont possibles avec l'imprimante de ce traceur:

- Les symboles numériques.
- Les symboles alphabétiques.
- Les symboles spéciaux (géométriques, mathématiques, de ponctuation, etc...).

L'utilisation des plumes du traceur aurait augmenté la versatilité dans la réalisation des documents

cartographiés, mais le dessin des symboles et des figures avec ces plumes aurait pu demander plusieurs jours de traçage de la part de l'appareil. La méthode cesse dès lors d'être rapide et pratique. Par contre, avec l'amélioration technologique des traceurs reliés à un ordinateur on peut bientôt espérer disposer de traceurs capable de dessiner à la plume des documents avec une rapidité acceptable.

Pour augmenter la versatilité de l'imprimante du traceur, les possibilités chromatiques, d'ailleurs assez limitées, ont été exploitées. Ces possibilités se résument aux couleurs de rubans disponibles et utilisables par l'imprimante.

Les symboles sont employés pour exprimer la valeur d'une mesure (symboles numériques indiquant le numéro de forage - voir le chapitre 7), représenter une fourchette de valeurs (symboles numériques, alphabétiques et spéciaux - épaisseur des remblais, résistance au cisaillement - voir le chapitre 7) et pour illustrer une classification qualitative (symboles numériques, alphabétiques et spéciaux - nappe phréatique haute - voir le chapitre 7). Il est même possible d'exprimer plusieurs de ces appréciations qualitatives et fourchettes

de valeurs en une chaîne de symboles numériques, alphabétiques et spéciaux (dépôts de sable/gravier - voir le chapitre 7).

Pour exprimer une autre dimension des paramètres cartographiés, il est possible de les représenter par différentes couleurs. Cette possibilité chromatique se retrouve dans la plupart des documents mentionnés plus haut. En général, les symboles ont été le plus souvent utilisés pour exprimer une échelle de mesures ou une fourchette de valeurs relativement neutres. La couleur souligne une dimension du paramètre cartographié (mesure ou fourchette de valeurs) pouvant indiquer des conditions adverses des sols. Par exemple, pour réaliser la carte de la nappe phréatique haute (voir le chapitre 7), deux dimensions doivent être exprimées par un seul symbole. Une nappe phréatique haute peut causer des problèmes lors de la construction de fondations. La profondeur de la nappe phréatique fut exprimée par un code chromatique tandis que la saison à laquelle cette mesure a été prise fut indiquée par un code numérique. La saison n'est pas une dimension totalement neutre mais elle est moins importante à souligner que la profondeur de la nappe phréatique. Grâce aux deux dimensions du symbole cartographié (sa forme et sa couleur) il est possible de présenter deux paramètres reliés tout en soulignant

celui susceptible de causer un problème.

Le choix du type de symboles n'est pas laissé au hasard mais résulte d'une sélection répondant à une logique. En plus d'exprimer la valeur d'une mesure, les symboles numériques représentant une fourchette de valeurs (quantitatives ou qualitatives) possèdent une relation logique entre eux.

Exemple:

La profondeur est, la plupart du temps, représentée par un multiple de 5 pieds: (0 = 0 à 5 pieds, 1 = 5 à 10 pieds, etc...).

La relation logique est la suivante: le symbole numérique multiplié par 5 donne la valeur la plus faible de l'écart. En ajoutant 5, on obtient la valeur la plus grande de l'écart. Ainsi 5, le symbole cartographié, représente une profondeur. Ce symbole représentera l'écart suivant dans la fourchette de profondeur:

5 x 5... = 25 pieds (valeur la plus faible).

25 + 5... = 30 pieds (valeur la plus grande).

Le symbole numérique 5 représente donc l'écart 25 à 30 pieds dans la fourchette de profondeur.

Dans un autre exemple, celui de la carte de la nappe phréatique haute, (voir le chapitre 7), les symboles numériques représentent des trimestres correspondant approximativement aux saisons. Le symbole cartographié représente ce trimestre dans l'ordre, soit:

1 = décembre, janvier, février;

2 = mars, avril, mai;

etc...

Certains écarts sont parfois inévitables. Ces règles ne doivent pas être rigides au point de leur sacrifier la qualité de l'information. Il ne faut pas hésiter à modifier ces relations logiques pour résoudre des problèmes de représentation graphique particuliers. Il faut toujours chercher à augmenter la simplicité, la lisibilité voire l'utilité de la carte:

Dans l'exemple de la fourchette d'épaisseur de la carte de l'épaisseur des remblais

(voir le chapitre 7), le symbole "+" représente une épaisseur de 0 à 2 pieds et "0" = 2 à 5 pieds... Ceci permet de subdiviser le premier écart (0-5 pieds) en deux dans la fourchette.

Les symboles arithmétiques sont très utiles pour exprimer des mesures du type: "+" (plus de 30 pieds), ou une donnée qualitative. Les symboles géométriques prêtent moins à confusion pour représenter de l'information qualitative neutre.

Par exemple, dans la carte des types de forages (voir le chapitre 7), des symboles géométriques représentent un type de forage particulier.

La faiblesse des symboles spéciaux provient du fait qu'il n'est pas toujours possible de leur associer un mot, une idée ou une valeur numérique.

Les symboles alphabétiques se prêtent bien à la représentation de données qualitatives. On peut facilement associer à ceux-ci des mots ou des idées.

Exemple:

W = (water) nappe d'eau souterraine à l'intérieur (ou au-dessus) du dépôt (voir le chapitre 7 - Cartes des: Dépôts de sable/gravier).

X = (extérieur) la surface de la nappe phréatique se situe à l'extérieur du dépôt.

La présence d'un symbole de type différent dans une fourchette peut exprimer une particularité ou attirer l'attention sur certaines valeurs de cette fourchette.

Exemple:

Dans la carte des dépôts de sable/gravier (voir le chapitre 7), un symbole alphabétique apparaît dans la deuxième fourchette, après une suite de symboles numériques. Le "P" souligne le fait que le dépôt de sable/gravier possible atteint une puissance de plus de 15 mètres (50 pieds).

Une omission dans une chaîne de symboles représentant un même forage peut exprimer l'idée d'une absence de mesure du paramètre. Par exemple, dans la carte des dépôts de sable/gravier, l'omission de symbole pour exprimer la position de la nappe phréatique par rapport au dépôt indique que pour le sondage en question, la mesure de la profondeur de la nappe phréatique n'a pas été effectuée.

L'exploitation de la sensibilité visuelle et du symbolisme qui se rattachent universellement aux couleurs, permet, en cartographie, de souligner l'importance relative des valeurs d'une même fourchette ou d'un paramètre par rapport à d'autres. La couleur retient le regard de l'utilisateur et rend moins ardu l'effort qu'il doit faire pour comprendre le document.

Les cartes présentées aux chapitres 7, 8 et 9 n'utilisent pas toujours les couleurs souhaitées. Les couleurs de rubans disponibles pour l'imprimante de la table traçante limitent le choix. Il s'agit là, cependant, d'un inconvénient d'importance secondaire. A la publication, les couleurs peuvent facilement être modifiées. Il s'agit d'ailleurs, le plus souvent, de variations plus ou moins prononcées de teintes.

Le rouge souligne les valeurs d'une fourchette ou une information qualitative particulière. Généralement, l'information soulignée en rouge représente une condition physique du sol pouvant poser des problèmes pour certains aménagements.

Si le vert est parfois présent sur les cartes de cette thèse, cette couleur sera évitée lors de la publication. Cette couleur fut utilisée uniquement parce que la variété de couleurs disponibles était très limitée. Le vert est trop souvent associé à une absence de contraintes. L'association symbolique - rouge, jaune, vert - des feux de circulation est universellement connue et comprise. Le vert permet de traverser un carrefour sans danger; le rouge ordonne l'arrêt. Utiliser le vert pour représenter une mesure ou une information qualitative risque, dans un contexte où il est tenté d'attribuer aux couleurs des associations d'idées, de donner l'impression que cette information enlève toutes contraintes à l'aménagement. Il s'agit, au contraire, d'insister sur le fait que les données sont incomplètes. Elles ne sont même parfois que des approximations. Cette cartographie tente de souligner les paramètres pouvant provoquer des problèmes d'aménagement. L'ensemble des sites doivent quand même faire l'objet d'analyse, même si les paramètres déjà mesurés indiquent l'absence de problèmes.

Dans une échelle relative, les couleurs "chaudes" (orange, jaune, brun ...) atténuent l'importance associée au rouge. Plus l'on s'éloigne du rouge, selon le spectre des couleurs, moins l'information représentée traduit des situations comportant des problèmes. Les couleurs "froides" (bleu, indigo, violet ...) représentent l'information la moins apte à susciter des problèmes d'aménagement. Les couleurs seront donc réservées pour exprimer un paramètre ou la dimension d'un paramètre à être le plus soulignée.

Pour pallier au manque de couleurs disponibles pour l'imprimante de la table traçante, deux couleurs ont été combinées pour le code à deux symboles d'un même site, ce qui a permis d'indiquer la puissance des cinq (5) premières formations de dépôts meubles (voir le chapitre 7). Les deux symboles cartographiés représentent le code assigné aux formations (voir le chapitre 4), alors que la couleur indique la fourchette de puissance des formations. Le premier symbole peut prendre l'une des deux couleurs (rouge ou bleu) indiquant dans quelle moitié de la fourchette se situe la mesure. La couleur associée au deuxième symbole précise la valeur de cette puissance.

6-3-6: Superposition des données.

En utilisant l'ordinateur pour cartographier des données ponctuelles, il faut prévoir le cas où les sites cartographiés seront tellement rapprochés que les symboles seront imprimés les uns sur les autres. Cette situation s'aggrave si chaque site est représenté par une chaine de symboles. L'importance des superpositions varie selon l'échelle du document réalisé. En diminuant l'échelle on augmente le nombre de superpositions (voir figures 6-1 et 6-2). Il faut, en plus, tenir compte de la grosseur des caractères de l'imprimante. Les caractères de la figure 6-2 occupent beaucoup plus d'espace sur la carte que ceux de la figure 6-1.

Il revient à R. Bélanger de la Commission géologique du Canada d'avoir résolu ce problème, et, c'est à titre d'information que sera discuté ce problème particulier de cartographie ponctuelle par ordinateur. La solution consiste à programmer l'ordinateur afin de vérifier si les données déjà imprimées n'occuperont pas l'espace nécessaire pour imprimer les symboles se rapportant à un sondage (ou plusieurs sondages) voisins. Si c'est le cas, les symboles de ce (ou ces) sondage(s) seront retenus et imprimés ultérieurement sur un second, un troisième, etc...

Figure 6-1

Surimpression des numéros de forage.
Une partie de la carte indiquant les numéros de forage.

(Echelle: 1:25 000 - petits caractères).

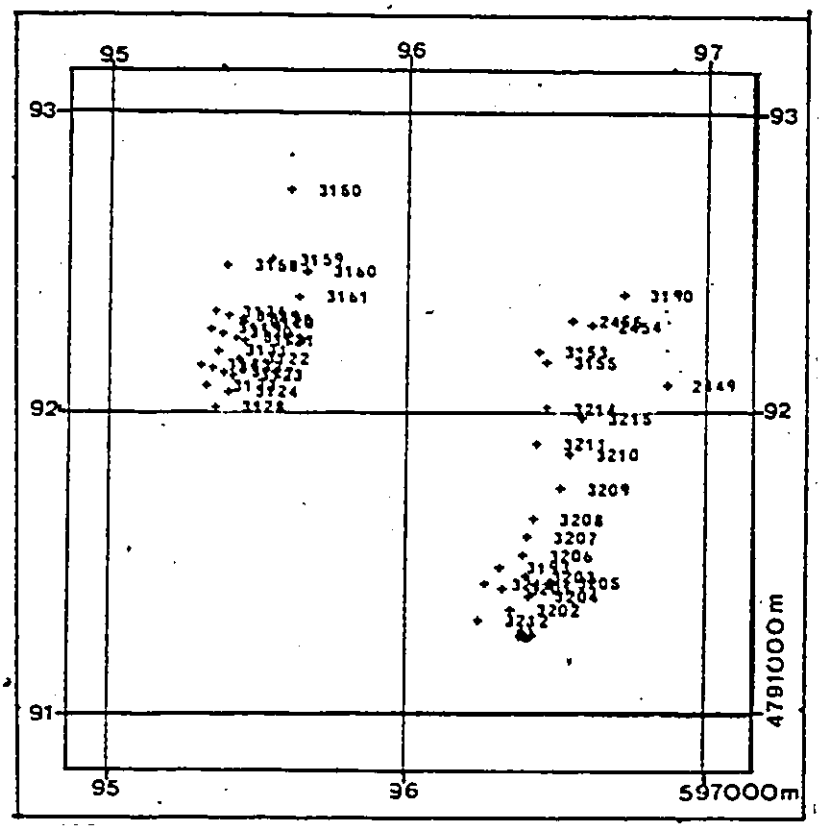

95
96
97
93
92
91
3160
3161
3190
3202
3203
3204
3205
3206
3207
3208
3209
3210
3211
3214
3215
2349
4791000m
597000m

Figure 6-1

Figure 6-2

Surimpression des numéros de forage.
Une partie de la carte indiquant les numéros de forage.

(Echelle: 1:10 000 - gros caractères).

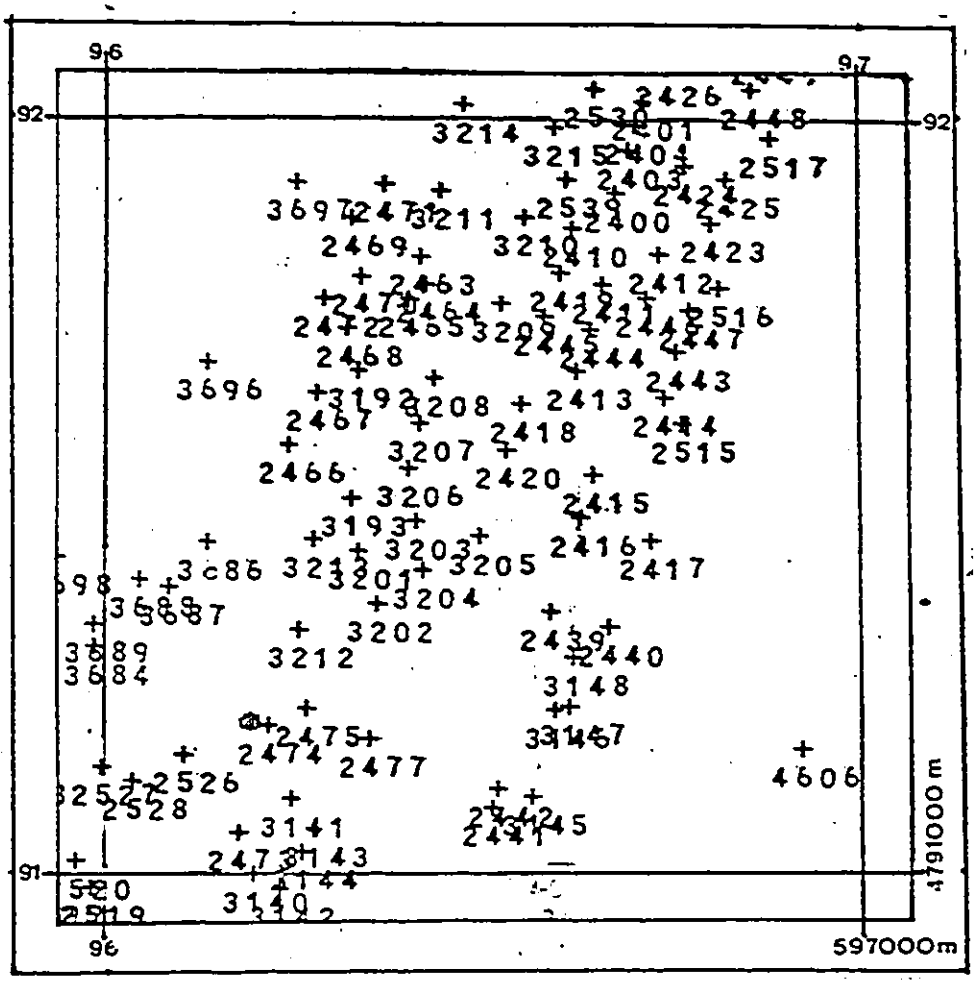


Figure 6-2

feuillet de ce document. Pour la carte indiquant le numéro de forage au 1:50 000 (voir le chapitre 7), il a fallu réaliser quinze (15) feuillets pour adéquatement présenter tous les numéros de forages pertinents. Le quinzième feuillet (figure 7-4) contenait encore des données pouvant se superposer.

6-3-7: Présentation des données.

Après avoir suggéré quelques règles régissant le choix des symboles et des couleurs, il est maintenant opportun de préciser les principaux critères de la méthode de présentation des données dans les documents de cette thèse.

6-3-7-1: Le choix de la vocation des documents.

Les documents réalisés sont groupés selon quatre (4) vocations générales:

1) La documentation des données. Dans ce genre de document, les données documentant les sondages sont récupérées.

Exemples:

"Numéro de forage" et
"Types de forages" (voir le chapitre 7).

2) Les états permanents et variables du sol. Ces documents présentent des paramètres traduisant un état permanent, variable ou temporaire du sol.

Exemples:

"Nappe phréatique haute",
"Puissance des formations",
"Topographie de la roche en place",
(voir le chapitre 7).

3) Les mesures d'analyses. Ces cartes indiquent les résultats des analyses pertinentes concernant les propriétés physiques du sol.

Exemples:

"Résistance à la pénétration",
"Résistance au cisaillement",
"C.B.R saturé", (voir les chapitres 7 et 8).

4) Les sélections. Ces documents résultent d'une cartographie à partir d'un choix de paramètres basé sur des critères de sélection prédéterminés.

Exemple:

"Dépôts de sable/gravier". (Voir le chapitre 7)

Les paramètres de documentation des données doivent être présentés de façon simple et directe. Il s'agit d'information de base sans importance hiérarchique à priori. Dans ces cas, les couleurs et les symboles ne cherchent pas à souligner certaines valeurs plus que d'autres, mais à présenter les données de la façon la plus claire possible.

La carte de la "Nappe phréatique haute" illustre les principes de cartographie décrits ci-haut. Il est à noter que la quantité de données pertinentes, leur distribution, la dispersion des lectures dans le temps (mois, année), obligent à renoncer à une carte hydrologique traditionnelle avec l'altitude de la nappe phréatique, la direction de l'écoulement, les zones de recharge, etc... Les données sont considérées du point

de vue de celui qui désire ériger un édifice ou une construction sur fondations. Il devient progressivement plus difficile d'excaver un site à mesure que la surface de la nappe phréatique se rapproche de la surface.

De plus, ce niveau de la nappe phréatique ne tient pas compte des variations saisonnières, des conditions climatiques particulières de l'année de la mesure, etc... Ce niveau doit être considéré comme le plus élevé enregistré à ce site et non comme le plus haut que peut atteindre la nappe phréatique pour ce même site.

Le choix du paramètre à souligner à la cartographie, n'est pas toujours évident. Lorsque l'importance des paramètres ou des différents aspects d'un paramètre s'équivalent, la couleur sera choisie pour traduire les valeurs ou la fourchette de valeurs comprenant le moins de variation. La raison est que la gamme de couleurs disponibles est limitée.

6-3-7-2: Le choix des paramètres.

Le choix des paramètres à cartographier doit répondre à des besoins précis dictés par la vocation du document.

> "Il est cependant utile de représenter sous forme cartographique tout ce qui peut l'être, c'est-à-dire tous les renseignements ponctuels (sondages, etc...) et tous les points de documentation particuliers d'une étendue limitée (fouilles, carrières, etc...). C'est en effet, pratiquement le seul moyen qu'on a pour indiquer la précision de l'étude géotechnique. Aucune difficulté particulière ne s'oppose à la réalisation d'une carte détaillée, c'est-à-dire indiquant pour chaque point de documentation sa nature, sa profondeur, les essais réalisés et même sa fiabilité (pour les sondages anciens en particulier)."
>
> (Sanejouand, 1972, p. 16).

a) Les paramètres documentant l'information disponible (localisation du site, numéro de forage, type de forage, méthode utilisée, etc...).

b) Les paramètres illustrant certains facteurs utiles à l'aménagement (topographie de la roche en place, épaisseur des remblais, puissance des formations, etc...).

c) Les paramètres traduisant les conditions physiques des sols pouvant causer des problèmes à l'aménagement (nappe phréatique

haute, résistance à la pénétration, résistance au cisaillement, etc...).

d) Les paramètres synthétisant les propriétés géoscientifiques d'un site afin d'évaluer son potentiel pour une utilisation ou un aménagement très précis. Il s'agit d'évaluer les effets combinés de deux ou plusieurs paramètres sur les spécifications d'une exploitation ou d'un aménagement souhaité.

Deux possibilités ont été considérées:

1) Récupération de documents finals, sans pondération, selon des critères précis: la carte des dépôts de sable/gravier illustre ce cas (voir le chapitre 7).

2) Différentes récupérations selon les critères et avec pondération définis par un éventuel utilisateur du document (voir le chapitre 9).

Ces exemples n'épuisent pas les possibilités de récupération de la banque de données géoscientifiques de Hamilton, mais illustrent les quatres (4) catégories de documents et démontrent la méthode. Aux chapitres 7, 8 et 9, chacun de ces types de récupérations est discuté en détail.

6-3-7-3: Le choix de l'échelle.

Dès le début, il fut décidé de réaliser les cartes de la zone urbaine de Hamilton au 1:25 000 et 1:50 000.

L'échelle du 1:50 000 permet de représenter la totalité de la région urbaine de Hamilton sur un même feuillet. De plus, les cartes topographiques du système topographique national (SNRC) sont disponibles, pour cette région, à ces deux échelles. Ceci permet la superposition de la carte topographique et de la carte tracée par ordinateur, les deux cartes couvrant la même région.

La plupart des cartes de synthèse (voir le chapitre 9), et toutes les cartes de paramètres dérivés (voir le chapitre 8) sont présentées à l'échelle du 1:25 000

afin d'inclure le plus possible d'information sur le même feuillet.

Les paramètres cartographiés au 1:50 000 expriment, pour la plupart, une information simple et facilement condensable ce qui permet de l'illustrer pour l'ensemble de la région. Ces cartes permettent de définir des zones particulièrement intéressantes pour un besoin donné, il est alors possible de récupérer plus de détails sur ces sites à une échelle appropriée. Le choix de cette nouvelle échelle sera laissé à l'utilisateur.

6-3-8: Les cartes synthèses.

Les cartes de synthèse présentent des problèmes complexes que plusieurs auteurs ont tenté de solutionner (Gigan, 1973; Humbert, 1973; Barres, Bos, Gounon, Peter et Putallez, 1969; Dumper, 1972; McHarg, 1969; etc...). Dans ce travail, la solution proposée permet d'éviter de nombreuses difficultés et d'en résoudre d'autres demeurées sans réponses jusqu'à maintenant.

Les cartes synthèses sont considérées selon deux points de vue:

1) Les cartes synthèses réalisées par un spécialiste qui n'est pas l'utilisateur des documents produits.

2) Les cartes synthèses réalisées par l'utilisateur ou selon ses spécifications.

Les documents de synthèse réalisés par un spécialiste n'étant pas l'utilisateur et ne suivant pas les spécifications précises de celui-ci traitent habituellement de caractéristiques pouvant avoir une application générale, ou encore servent à résoudre un problème commun à plusieurs utilisateurs (dépôts de sable/gravier, par exemple).

Les cartes de synthèse réalisées par l'utilisateur ou selon ses spécifications tentent de résoudre ou de délimiter un problème très spécifique (emplacement d'un édifice, zonage pour fosses septiques, tracé pour un réseau d'égout, etc...).

Comme mentionné au chapitre 1, seul l'utilisateur peut spécifier correctement ses objectifs et ses contraintes techniques et financières pour un projet d'aménagement particulier. Lui seul peut donc pondérer l'importance des paramètres et décider de leur pertinence.

Le concept proposé ici offre la possibilité à l'utilisateur de réaliser, grâce à l'ordinateur, des cartes géotechniques synthétisant les influences géoscientifiques pour ses besoins particuliers en les pondérant selon ses spécifications. Le chapitre 9 présente un exemple de ce genre de synthèse.

Les conditions nécessaires à ce système sont:

1) Une banque de données géoscientifiques pour la région considérée.

2) Des programmes logiciels (softwares) et des appareils électroniques (hardwares) pour l'exploiter.

Il est vraisemblable que grâce aux mini-ordinateurs utilisant des cassettes et auxquels il est possible de brancher un traceur ou un écran cathodique, on puisse

envisager que des organismes publics ou des firmes privées ne disposant que d'un budget modeste puissent accéder à ce système.

L'utilisateur, ayant choisi les données pertinentes dans la liste des paramètres disponibles à la récupération, doit alors les pondérer. Il existe deux options dans la pondération de données:

a) La pondération des valeurs d'un même paramètre.

Exemple:

La mesure de résistance au cisaillement - 1 000 Kg/cm^2 ou 4 000 Kg/cm^2.

b) La pondération des différents paramètres entre eux.

Exemple:

La hauteur de la nappe phréatique et la résistance au cisaillement.

Dans cette pondération, il ne s'agit pas de déterminer, une fois pour toute, la prépondérance d'une valeur ou d'un paramètre sur un autre. Certains facteurs, comme la nature du sol considéré, où l'influence d'autres paramètres peuvent modifier, voir renverser, la pondération. La programmation devient alors fort complexe (voir l'annexe IV).

Finalement l'utilisateur doit choisir la représentation cartographique. Trois (3) possibilités sont décrites ou chapitre 9, chacune possédant sa fonction propre et présentant un degré différent de sophistication et de complexité.

La conceptualisation méthodologique, la définition des étapes à suivre et la réalisation d'exemples cartographiques sont l'objet de ce travail (voir le chapitre 9). Toutefois, l'intégration de tous les programmes de manipulation et de cartographie en un système de traitement et de récupération des données géoscientifiques simple et efficace reste à faire. Cette tâche n'est pas du ressort de cette thèse, elle nécessite une expertise qui n'a rien à voir avec les sciences de la terre, mais relève de l'informatique. Un programmeur expérimenté peut, sans grande originalité, effectuer cette intégration,

car il s'agit de traduire dans un language d'informatique efficace les prescriptions et les spécifications de l'auteur déjà en language informatique.

6-4: Les paramètres disponibles à la récupération.

Tous les paramètres introduits dans la banque de données après les modifications mentionnées (voir le chapitre 4), sont récupérables pour en faire des documents géotechniques (cartes, listes). A ces données s'ajoutent les paramètres dérivés.

6-4-1: Les paramètres dérivés.

Ces paramètres résultent soit du traitement des données de base par une formule de dérivation établie par la statistique (voir le chapitre 4), soit en se basant sur des formules de dérivations couramment utilisées par les ingénieurs comme première approximation.

Voici la liste des paramètres dérivés à partir de formules géotechniques (le programme utilisé pour réaliser ces dérivations est reproduit dans l'annexe III).

- Indice de plasticité (IP):
  Différence entre la limite de liquidité et la limite de plasticité. Formule universellement connue.

- Facteur de capacité portante (Nq):
  (Black, 1962).

- Facteur de capacité portante divisé par 10 (Nq/10): utilisé pour dériver l'angle de frottement interne réel de l'argile:
  (Black, 1962).

- Indice de liquidité (IL):
  Le rapport entre la teneur en eau naturelle moins la limite de plasticité, le tout divisé par l'indice de plasticité (formule universellement connue).

- Estimation de l'indice de compression pour un sol remanié et non remanié:
  (Bowles, 1968; Grim, 1962; Skempton, 1944).

- Rapport de contrainte effective:
  La résistance au cisaillement non-drainé divisée par la pression effective des couches situées au-dessus du point de lecture (Skempton, 1957).

- Densité relative du sable (Dr):
  Appréciation approximative de la compaction du sable (Bowles, 1968, p. 125).

- Estimation de la sensibilité d'une argile (St): (Terzaghi et Peck, 1961, p. 32).

- Estimation du rapport de la saturation (Sr): Le rapport entre le volume d'eau dans un échantillon de sol sur le volume total des vides (formule universellement connue).

- Consistance relative d'un sol argileux (CI): Le rapport entre la limite de liquidité moins la teneur en eau, le tout divisé par l'indice de plasticité (Black, 1962).

- Estimation de la succion d'un sol (lb/po^2): La force exercée par ce sol pour y faire pénétrer de l'eau (Black, 1962).

- Le C B R ou "California bearing ratio" (sol saturé): Mesure la capacité portante d'une fondation de route (Black, 1962).

- Estimation de l'angle de frottement interne drainé: Estimation de la résistance au glissement de chaque particule d'un sol drainé par rapport à ses voisines (Bjerrum et Simmons, 1960 et Black, 1962).

- Estimation de l'angle de frottement interne non-drainé: Fourchette d'estimation de la résistance au glissement de chaque particule d'un sol non-drainé par rapport à ses voisines (Terzaghi et Peck, 1961, p. 87).

- Indice des vides (e):
  Le rapport du volume des vides sur le volume de substance solide (formule universellement connue).

- Estimation de la porosité (n):
  Le rapport du volume des vides d'un sol sur son volume total (formule universellement connue).

- Estimation du coefficient de perméabilité (k):
  Estimation de la vitesse d'écoulement de l'eau qui, dans l'unité de temps donnée, passe à travers l'unité de surface d'une section perpendiculaire aux lignes du courant (Sowers et Sowers, 1961, p. 37)..

- Estimation de la résistance au cisaillement (drainé) "Residual shear strength":
  Estimation de la pression maximale qu'un sol drainé peut soutenir avant de se rompre (Voight, 1973).

- Estimation du rapport de l'indice de compression sur l'indice des vides plus un:
  (Terzaghi et Peck, 1967, p. 354).

- Estimation qualitative du gonflement possible des argiles:
  (Terzaghi et Peck, 1967, p. 457).

- Estimation de l'angle de frottement interne des sables (Ø):
  (Bowles, 1968, p. 125).

- Appréciation qualitative de la perméabilité:
  (Terzaghi et Peck, 1967, p. 381).

Lorsque les relations sont exprimées selon une courbe relative des valeurs, l'équation géométrique de cette courbe a été utilisée pour calculer la dérivation, par exemple, la relation entre l'indice de liquidité et la sensibilité de l'argile. Cette relation est exprimée par Skempton (1953, p. 60), par une courbe semi-logarithmique. L'équation fut déterminée pour pouvoir calculer directement la relation sans se rapporter à la courbe (voir l'annexe III).

Certains paramètres furent également dérivés en se basant sur l'étude statistique décrite au chapitre 4.

- Estimation de l'indice de plasticité lorsque seul la limite de liquidité est disponible (pour une même formation).

- Estimation du poids spécifique de l'agrégat selon sa teneur en eau naturelle.

- Estimation de la résistance au cisaillement selon la résistance à la pénétration (pénétromètre de poche).

- Estimation de la résistance au cisaillement selon la résistance à la pénétration (en martelant l'échantillonneur à tube fendu).

6-4-2: Utilisation des paramètres dérivés.

Les paramètres dérivés demeurent toujours des estimations qui ne doivent être utilisées qu'en l'absence de mesures précises. Ce sont des données de première approximation extrêmement importantes qui permettent de mieux déterminer les études supplémentaires à effectuer.

L'utilisation des paramètre devrait être sujette aux considérations suivantes:

a) Ne considérer comme sérieuses que les valeurs suggérant un problème de stabilité des sols ou un quelconque empêchement à l'aménagement projeté.

b) Utiliser toutes les valeurs (compilées ou dérivées) comme guide pour éliminer les sites où les problèmes sont sérieux et dispendieux à résoudre.

c) Toujours prévoir une étude préliminaire des sols pour les sites choisis afin de confirmer (ou infirmer) les valeurs des paramètres dérivés.

d) Prévoir une campagne de sondages et d'analyses détaillées des sols afin de planifier les détails des structures de la construction. L'importance de cette campagne dépend, évidemment, du type et de l'importance du projet et des résultats de la première approximation des conditions géotechniques du site.

Chapitre 7

CARTES DE DOCUMENTATION
ET DE
FACTEURS GEOTECHNIQUES NON-DERIVES.
(SERIE: I).

7-1: Introduction.

Les cartes réalisées dans cette première série relèvent de la documentation des données géoscientifiques et de la récupération de facteurs (interprétés ou non) provenant d'une mesure dont le résultat apparaît dans le rapport de sol original. Les cartes de facteurs dérivés (série II) seront discutées au chapitre 8.

La précision de ces cartes est fonction de l'exactitude des mesures originelles. La banque résulte d'une compilation de données recueillies de sources diverses. Les erreurs techniques ont été corrigées et les données manifestement fausses ont été éliminées après comparaison avec les données de sondages similaires adjacents ou à la connaissance de la région par l'auteur. Il est toutefois évident que plusieurs erreurs ont dû échapper à ces vérifications. De par le concept même d'une telle banque de données (contrôle de la qualité presque impossible, origines disparates des données) il est difficile d'éviter la présence d'erreurs. Mais, par ce même concept, l'accumulation continue de données dans la banque isole les valeurs erronées qui peuvent alors être rejetées. Dans une telle banque de données, la qualité de l'information augmentera avec la quantité de données compilées à condition de l'épurer régulièrement.

Les cartes de la série I sont subdivisées en cinq (5) catégories selon une sophistication croissante. L'auteur tente, malgré une augmentation sensible de la subtilité des manipulations, de conserver une présentation simple, directe et honnête, répondant à une certaine logique et préservant, autant que possible certaines règles de présentation ayant trait à l'utilisation des symboles et des couleurs (voir chapitre 6). Il est à noter que dans cette série de cartes, les quatres (4) vocations des documents géotechniques sont représentées. Pour les données démontrant une certaine concision dans la représentation graphique ou se prêtant mieux à une appréciation régionale l'échelle du 1:50 000 a été adoptée. La récupération à l'échelle du 1:25 000 était réservée, la plupart du temps, pour traiter un problème d'importance locale (exemple: Epaisseur des remblais) ou dans l'optique d'un problème élaboré (exemple: Epaisseur des formations).

La plupart des récupérations emploient l'algorithme qui permet d'éviter la surimpression des données. Les codes partageant entièrement, ou en partie, le même espace physique sur un feuillet sont reportés sur un feuillet supplémentaire (voir chapitre 6). Le tableau 7-1 dénombre les feuillets réalisés pour chaque carte de la série I.

Tableau 7-1

Nombre de feuillets réalisés
pour chaque carte de la série I.

- Titre de la carte -	- Nombre de feuillets -
Numéro de forage	15
Types de sondages	1
Nappe phréatique haute	3
Matières organiques dans les sédiments	1
Epaisseur des remblais	3
Résistance à la pénétration	1
Epaisseurs des formations	
- Formation 1	3
- Formation 2	3
- Formation 3	2
- Formation 4	1
- Formation 5	1
Dépôts de sable/gravier	3
Topographie de la roche en place	1
Puissance des dépôts meubles	1

Tous les feuillets d'une même carte n'ont pas été reproduits dans ce travail. Les figures 7-1, 7-3 et 7-4 représentent un exemple abrégé d'une série de feuillets (feuillets 1, 2 et 15 de la carte: Numéro de forage). Les feuillets 1 et 2 se complètent; les douzes (12) suivants sont similaires. Le feuillet 15 illustre comment l'algorithme de récupération évite la surimpression des valeurs et consigne les données sur le dernier feuillet (voir plus loin: Récupération intégrale).

Les dix (10) cartes de la série I n'épuisent pas toutes les possibilités de la banque de données mais tentent plutôt de démontrer le potentiel de manipulation permis par l'ordinateur en cartographie géotechnique. Ces dix (10) documents concrétisent les propositions présentées au chapitre précédent. D'autres récupérations demeurent possibles.

7-2: Description des cinq (5) catégories de documents géotechniques de la série I.

7-2-1: Récupération intégrale.

Ce genre de récupération se caractérise par l'absence d'interprétation des valeurs cartographiées. Notons deux (2) types de récupération possibles dans cette catégorie:

- Type A: Les codes demeurent inchangés. Ils sont cartographiés tels qu'ils apparaissent dans la banque de données.
- Type B: Les codes sont modifiés par des symboles plus concis pour des raisons de présentation.

Aucun sous-entendu symbolique et interprétatif ne se rattache à la couleur. Celle-ci sert de deuxième dimension du code cartographique pour véhiculer une information neutre. Ce genre de récupération se prête bien aux cartes de documentation.

7-2-1-1: Type A.

Ce type de récupération ne présente aucune manipulation des données ni des codes. Les données sont récupérées intégralement telles qu'elles apparaissent dans la banque de données. Le seul soucis relatif à ce type de récupération consiste à bien centrer le premier chiffre du code sur la localisation du site concerné.

7-2-1-2: Exemple du type A.

Titre de la carte: Numéro de forage (voir figures 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 et 7-5).

Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

Cette carte de documentation comprend quinze (15) feuillets sur lesquels sont consignés les numéros de forage tels qu'ils apparaissent dans le fichier de la banque de données. Ces quinzes (15) feuillets étaient nécessaires pour éviter les surimpressions (voir figures 7-1, 7-3 et 7-4). La figure 7-2 représente, en gros plan, une partie du premier feuillet afin de mieux faire apprécier les détails de la carte. Un utilisateur désirant consulter le fichier pour des sites particuliers peut, par le numéro du forage retrouver les données se rattachant à ces sites. Seuls les

Figure 7-1

Carte du numéro du forage (premier feuillet) représentant la totalité de la région étudiée.

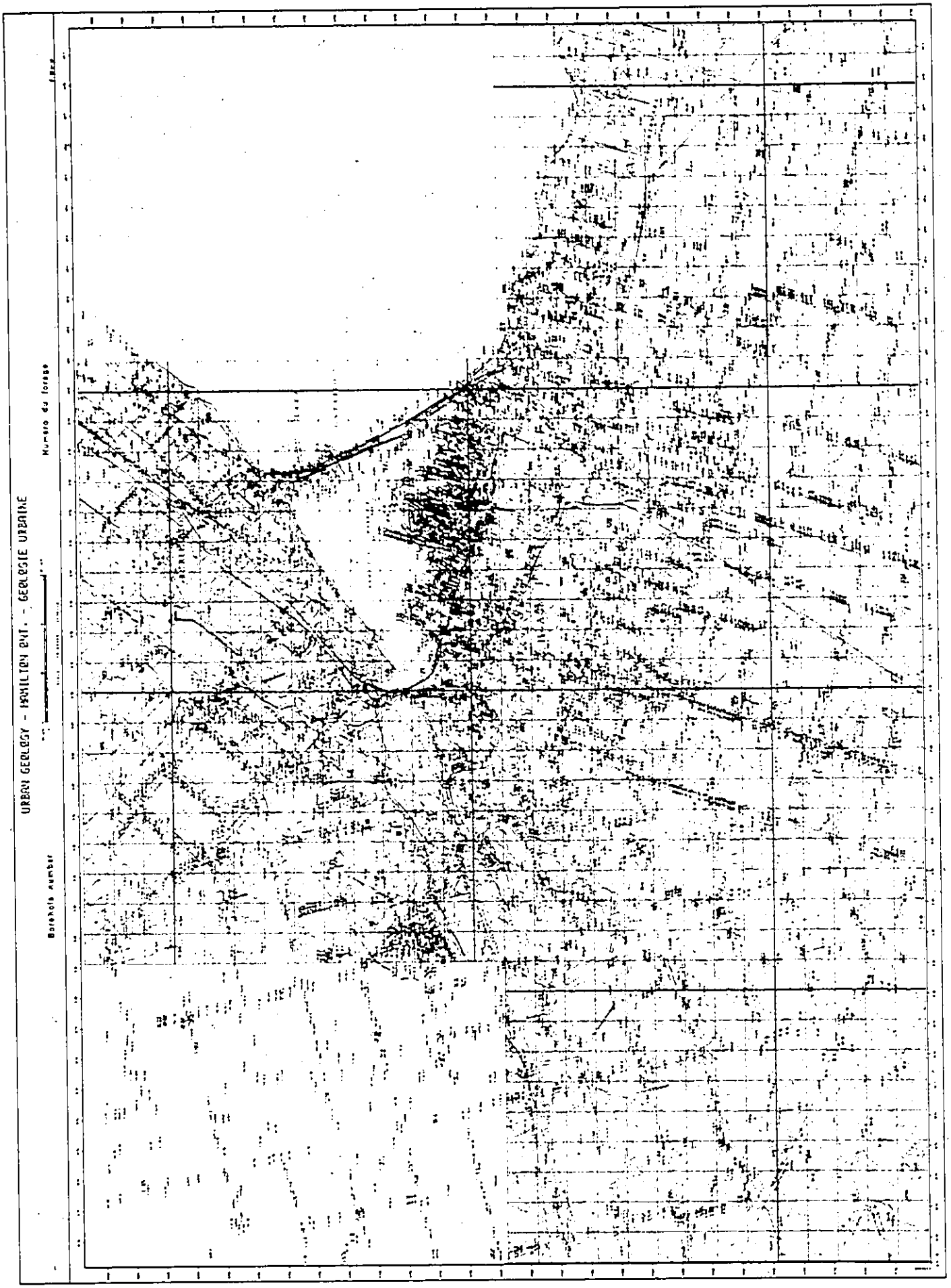


Figure 7-1

POOR COPY.

Figure 7-2

Agrandissement d'une partie
du premier feuillet de la carte
du numéro du forage.

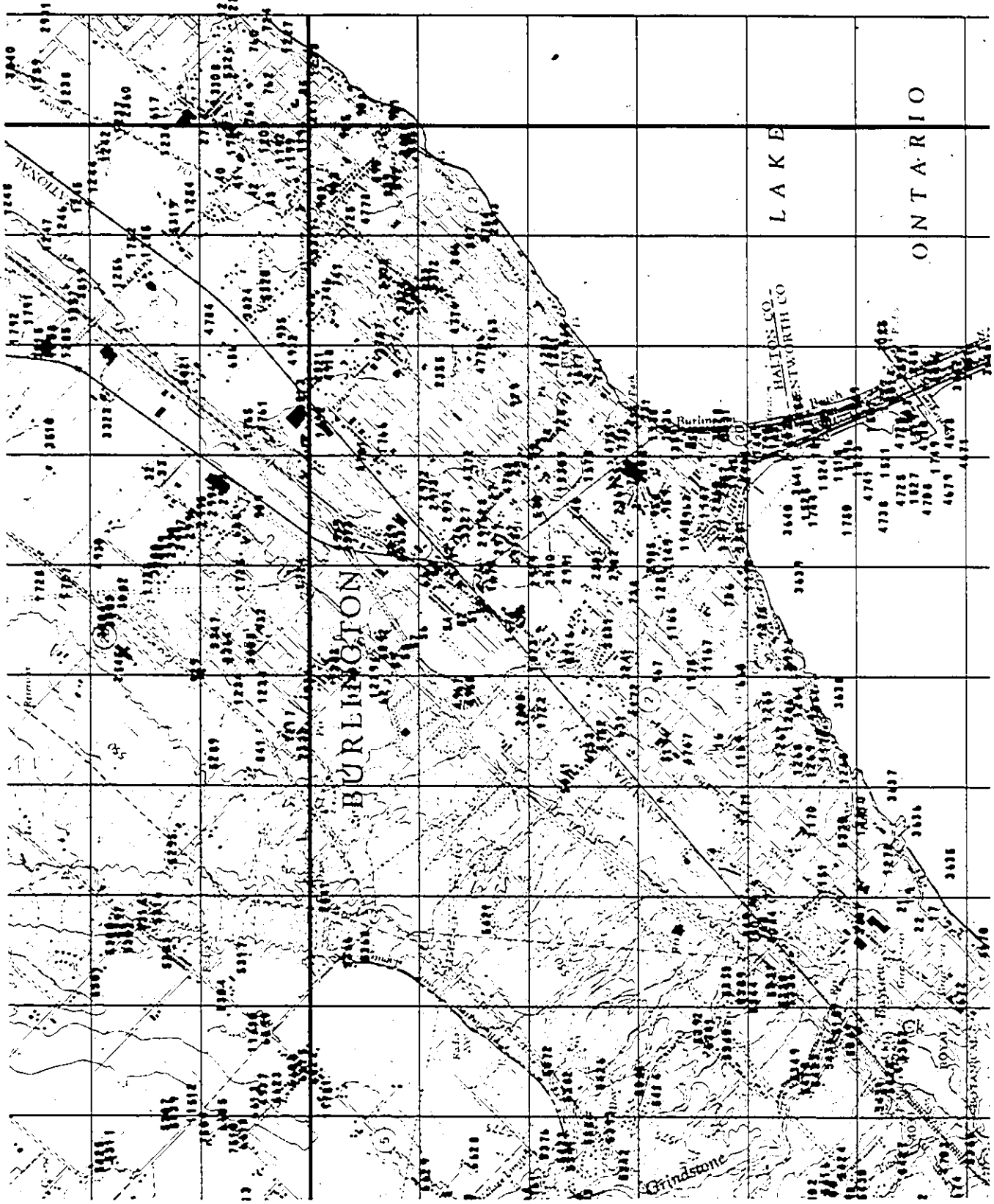


Figure 7-2

POOR COPY.

Figure 7-3

Carte du numéro du forage (deuxième feuillet) représentant la totalité de la région étudiée.

Figure 7-3

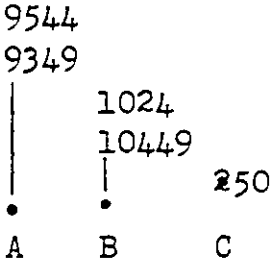
POOR COPY

Figure 7-4

Carte du numéro du forage (quinzième feuillet) représentant la totalité de la région étudiée.

Légende

Méthode de localisation des numéros de forages sur le quinzième feuillet de la carte du numéro du forage.



A Numéro du forage - 9544 ou 9349
B Numéro du forage - 1024 ou 10449
C Numéro du forage - 250

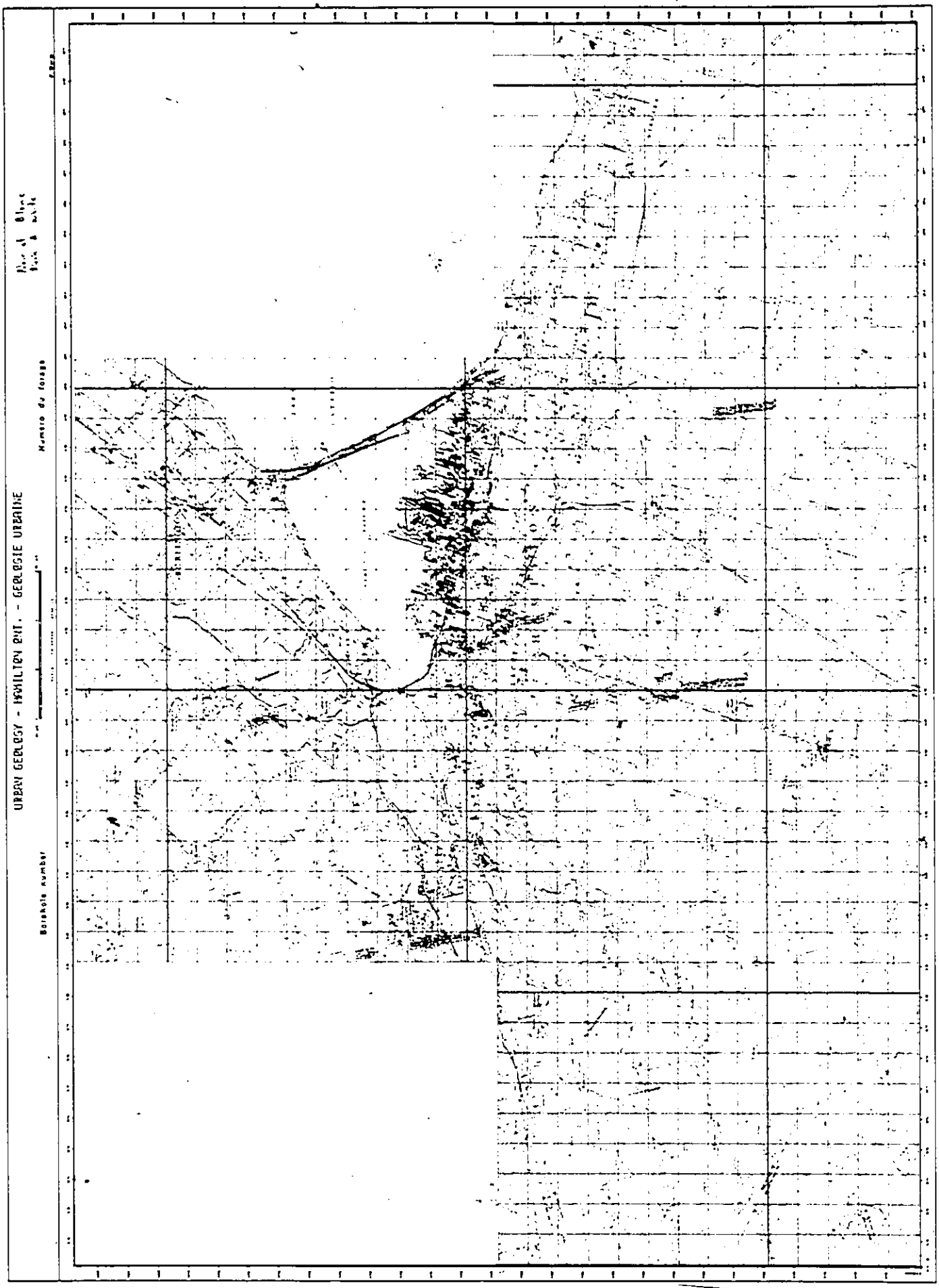


Figure 7-4

POOR COPY.

Figure 7-5

Agrandissement d'une partie
du quinzième feuillet de la carte
du numéro du forage.

(Pour la légende voir la figure 7-4).

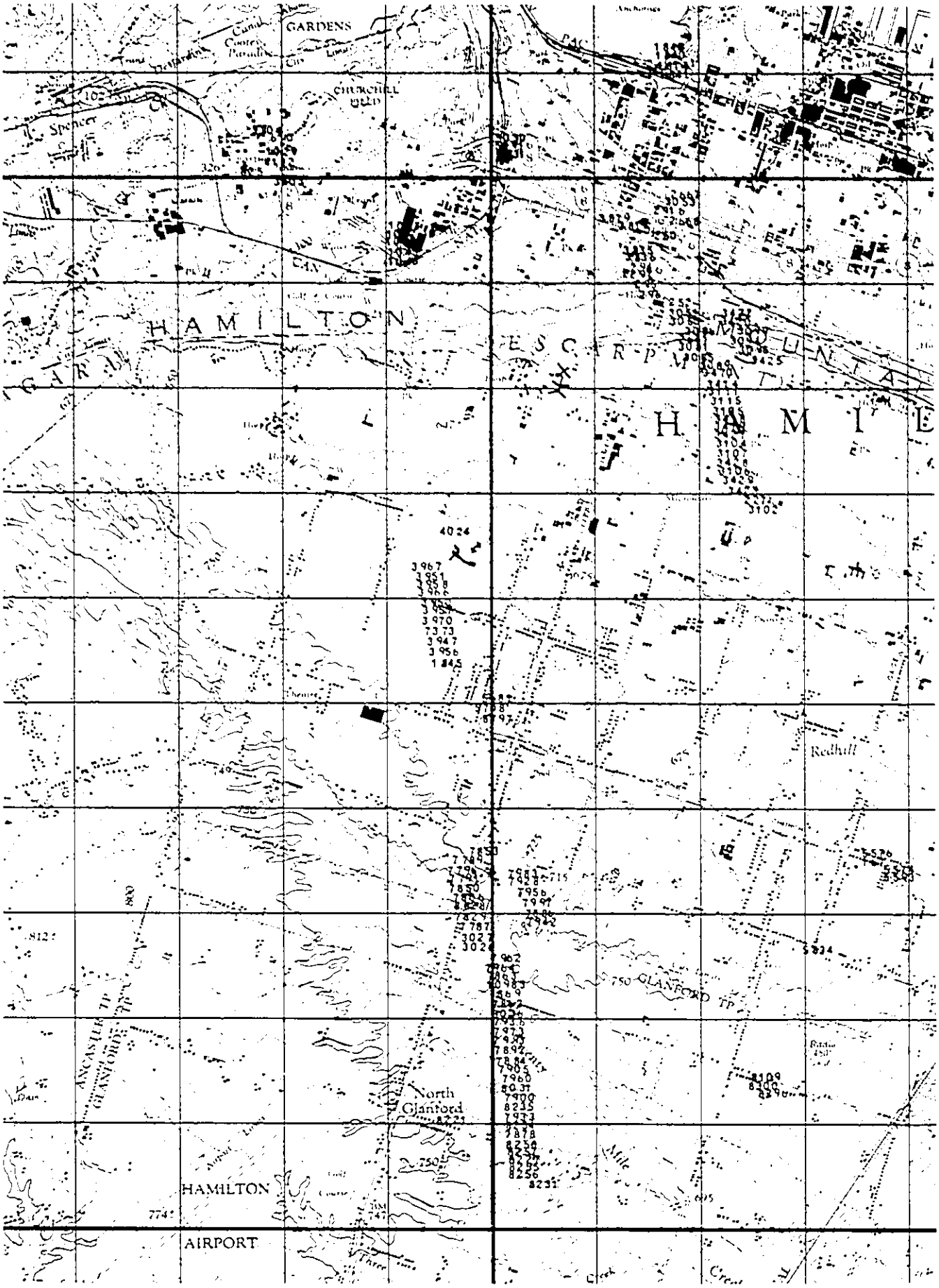


Figure 7-5

POOR COPY.

forages sont indiqués. Les sondages séismiques (numéros 11 912 à 13 259 inclusivement) et les points de localisation des affleurements (numéros 13 325 à 14 344) ne figurent pas sur cette carte. Afin d'éviter d'augmenter, encore plus, le nombre de feuillets, tous les numéros de forage non localisés sur les quatorze (14) premiers feuillets sont consignés sur le quinzième feuillet. (Voir figures 7-4 et 7-5).

Les numéros aux forages très rapprochés sont empilés les uns par-dessus les autres, le premier chiffre vis-à-vis sa localisation. La localisation du forage devient difficile à trouver, mais par contre, la surimpression est évitée. La légende de la figure 7-4 donne un exemple de localisation de forages sur le quinzième feuillet. Ce système est ~~utilisé~~ pour toutes les cartes à feuillets multiples.

Sur les quatorze (14) premiers feuillets, le centre du premier chiffre du numéro de forage se situe exactement sur le site du forage. (Voir figure 7-2). Pour situer ce point sur une carte topographique de la même échelle il faut rapporter ce point, par transparence, sur cette carte topographique. A la publication ces feuillets pourront être imprimés sur un fond de carte topogra-

phique pour faciliter la consultation.

7-2-1-3: Type B.

Dans ce type de récupération, les valeurs de l'information dont il faut dresser la carte ont été remplacées par un code symbolique plus concis afin d'éviter de multiplier le nombre de feuillets pour une même carte.

7-2-1-4: Exemple du type B.

Titre de la carte: Types de sondages (voir figures 7-6 et 7-7).
Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

Les codes symboliques choisis pour remplacer l'information à consigner sur carte sont, autant que possible, neutres. Ils augmentent la concision de l'information et, du fait que les symboles sont très différents les uns des autres, accroissent la facilité de lecture de la carte.

Une deuxième dimension s'ajoute à l'information transmise par les symboles. Cette dimension s'exprime par l'emploi de deux couleurs différentes. Ainsi, par la cou-

Figure 7-6

Carte des types de sondages représentant la totalité de la région étudiée.

Légende

Symboles	Interprétation
⊡	Forages géotechniques et points d'échantillonnages de la Commission géologique du Canada (1973-74).
✱	Forages d'ingénieurs.
+	Forages de puisatiers.
•	Sondages séismiques (au marteau).

Note: Le centre du symbole se situe exactement sur le site du sondage.

Code chromatique	Interprétation
Rouge	Sondages atteignant la roche en place (8161 sondages).
Bleu	Sondages n'atteignant pas la roche en place (5037 sondages).

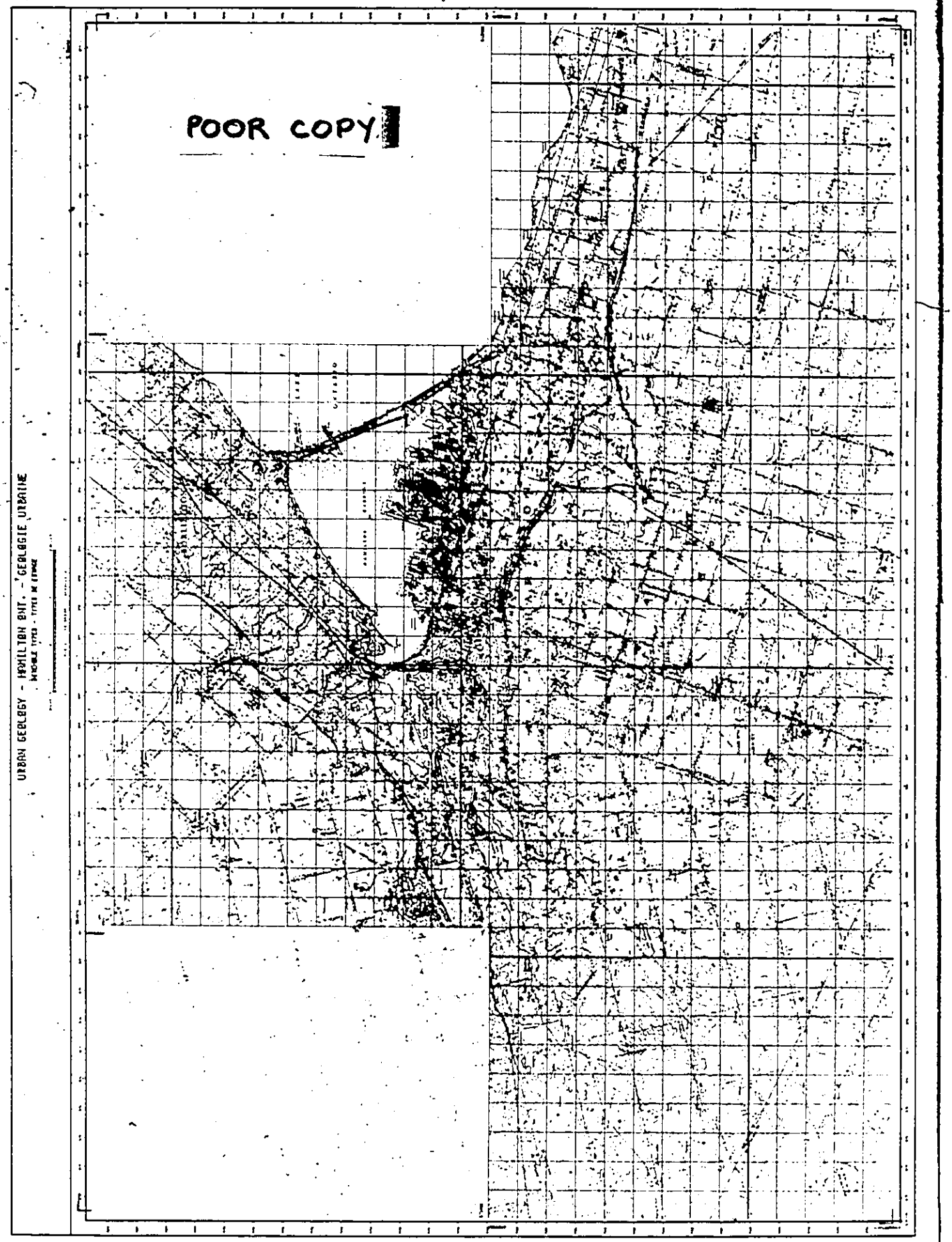


Figure 7-6

Figure 7-7

Agrandissement d'une partie de
la carte des types de sondages.

(Pour la légende voir la figure 7-6).

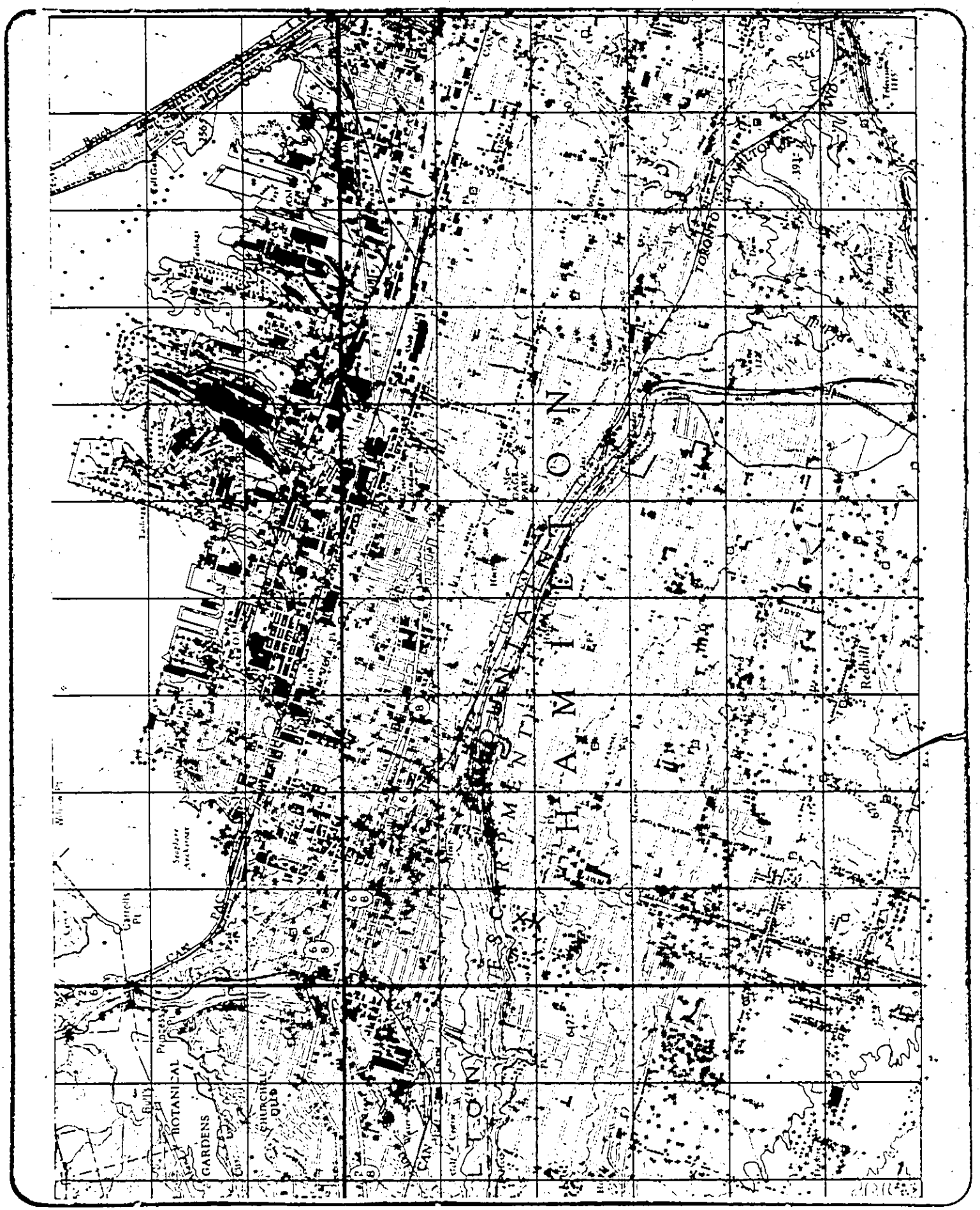


Figure 7-7

POOR COPY

leur, le symbole identifiant le type de sondage indique, en plus, si le sondage a atteint la roche en place ou non (voir la légende de la figure 7-6).

7-2-2: Récupération avec interprétation des valeurs.

Ce genre de récupération (ponctuelle) est introduit pour illustrer quatre (4) possibilités de présentations. Il est à noter que les données cartographiées proviennent des rapports originaux et résultent d'analyses et non pas de dérivations. La différence importante de ce genre de récupération sur la précédente réside dans la nuance interprétative introduite dans la représentation graphique des données, soit par la couleur, soit par le choix des symboles. L'élaboration d'une fourchette de valeurs exprime déjà une certaine interprétation des données. Toutes les permutations des symboles et des couleurs ne sont évidemment pas épuisées dans les trois (3) types de récupérations discutés. Ces trois (3) types de cartes ne servent qu'à illustrer le concept de la méthode de récupération proposée. Il faut souligner l'importance de réserver la couleur pour attirer l'attention sur une dimension du paramètre pouvant représenter un problème ou un danger.

L'élaboration d'une échelle chromatique souligne alors l'importance relative de ce problème ou de ce danger. Les symboles sont réservés pour exprimer la dimension neutre ou d'importance secondaire du paramètre.

7-2-2-1: Type A.

Dans ce type de récupération le code chromatique exprime une fourchette de valeurs quantitatives. Le code numérique exprime une information qualitative. Les couleurs représentent la dimension du paramètre pouvant présenter un problème.

7-2-2-2: Exemple du type A.

Titre de la carte: Nappe phréatique haute (voir figures 7-8 et 7-9).
Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

Les données compilées ne permettent pas de déterminer si l'élévation de la nappe phréatique mentionnée représente l'élévation maximale au moment du forage ou l'élévation après une période de stabilisation suite au forage. Le rapport de forage n'indique pas non plus si les travaux ont été effectués durant une période de

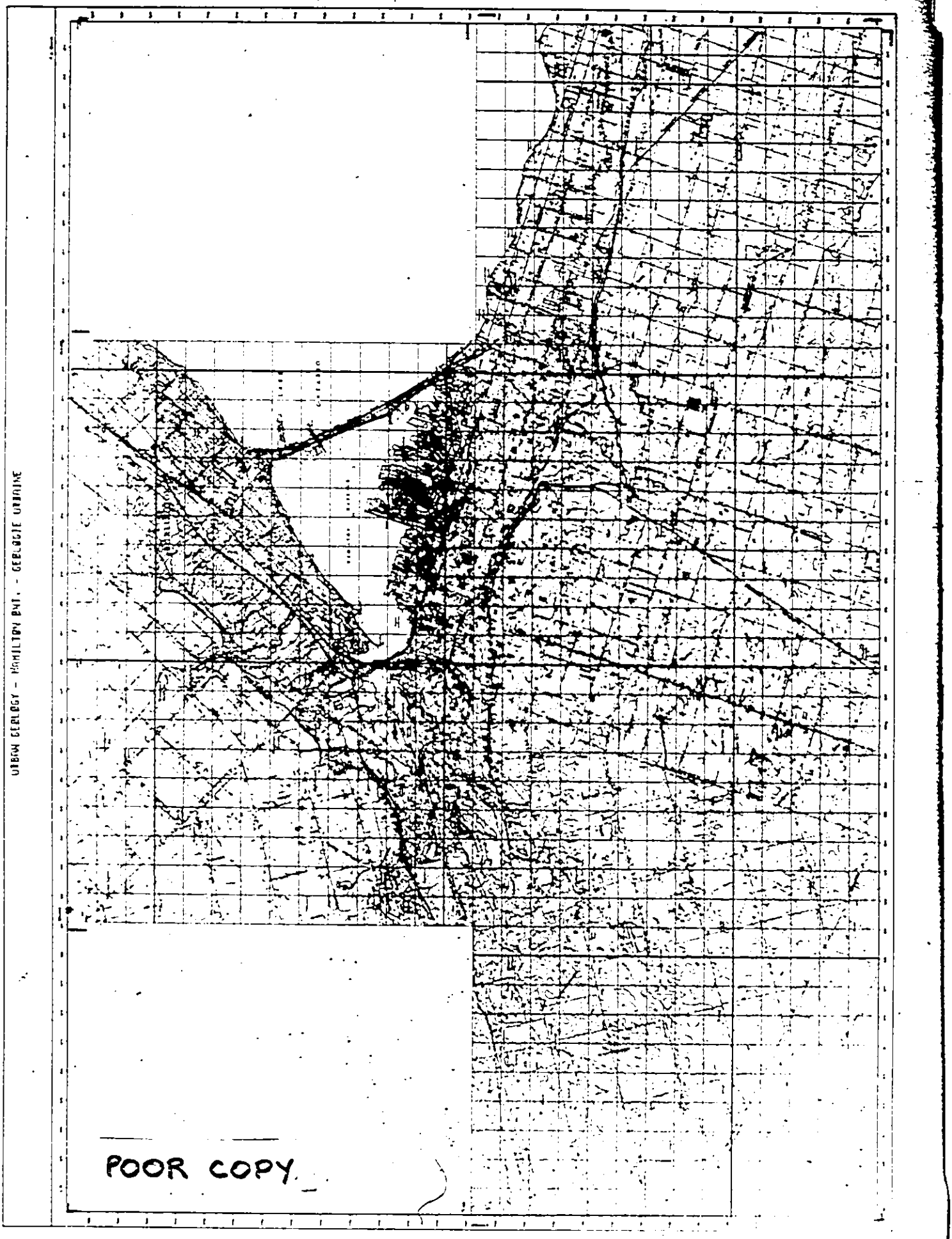
Figure 7-8

Carte de la nappe phréatique haute (premier feuillet) représentant la totalité de la région étudiée.

Légende

Symboles	Interprétation
	(Mois d'exécution du forage).
1	Décembre, janvier, février.
2	Mars, avril, mai.
3	Juin, juillet, août.
4	Septembre, octobre, novembre.
+	Forage exécuté sous l'eau (lac; baie, etc...)
*	Mois non-indiqué.

Code chromatique	Fourchette de profondeurs
Rouge	0-5 pi. (0-1,525 m.) sous la surface.
Jaune	5-10 pi. (1,525-3,05 m.) sous la surface.
Indigo	10-15 pi. (3,05-4,575 m.) sous la surface.
Bleu	15-20 pi. (4,575-6,10 m.) sous la surface.



POOR COPY

Figure 7-3

Figure 7-9

Agrandissement d'une partie du
premier feuillet de la carte
de la nappe phréatique haute.

(Pour la légende voir la figure 7-8).

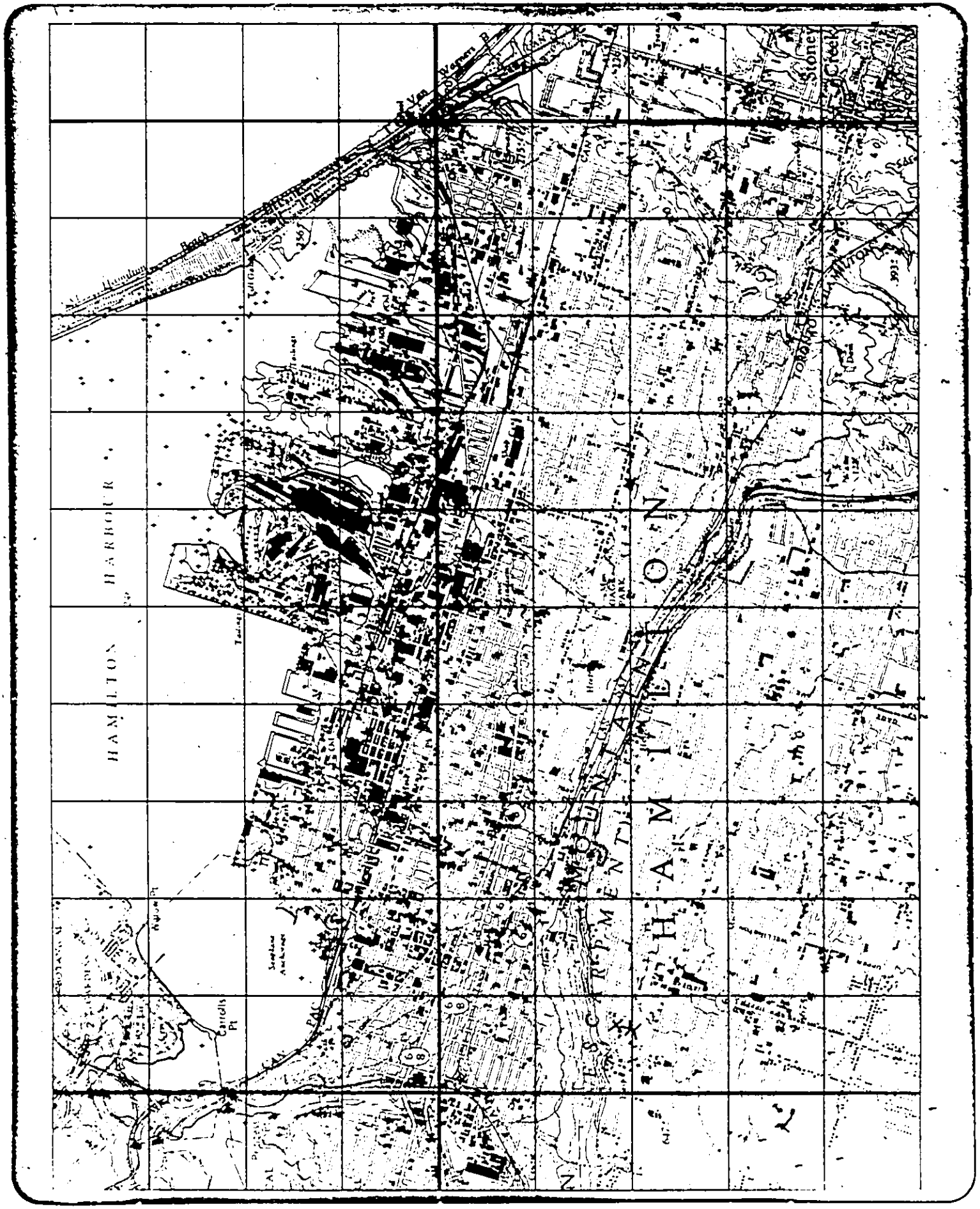


Figure 7-9

POOR COPY

sécheresse (nappe phréatique plus basse que la normale) ou si le niveau d'eau s'est élevé dans le trou une fois le forage terminé (pression piézométrique). Ce document indique simplement que la nappe phréatique fut mesurée à l'élévation indiquée (seules les nappes à moins de six (6) mètres (20 pi.) sous la surface sont cartographiées).

La saison durant laquelle la mesure a été effectuée permet d'évaluer, approximativement, si la nappe se situe près de son plus haut ou plus bas niveau (habituellement, la nappe phréatique atteint son plus bas niveau en hiver et son plus haut au printemps). Le code numérique exprime cette dimension du paramètre (voir la légende de la figure 7-8).

La couleur souligne l'importance relative d'un problème de nappe phréatique haute dans l'éventualité de la construction d'une fondation assez profonde (6 mètres ou 20 pieds). Plus la nappe phréatique sera élevée plus il faudra débourser pour l'installation d'un système de pompage durant la construction (voir la légende de la figure 7-8).

Il est à noter que la présence de l'indigo dans le code chromatique résulte d'un choix très restreint dans les couleurs disponibles lors de la cartographie par ordinateur. Cette couleur sera remplacée à la publication par un brun ou une autre teinte entre le jaune et le bleu.

Ainsi, le symbole "1" (décembre, janvier, février), indigo (3,05 à 4,575 mètres ou 10 à 15 pieds) indique que la nappe phréatique pourrait être plus importante au printemps, ou encore qu'il serait peut-être souhaitable d'effectuer les travaux de fondation durant l'hiver pour éviter des problèmes de pompage trop importants.

7-2-2-3: Type B.

Le code chromatique du type B de récupération exprime une fourchette de valeurs qualitatives et le code numérique et symbolique une fourchette de valeurs quantitatives.

7-2-2-4: Exemple 1 du type B.

Titre de la carte: Matières organiques (dans les sédiments) - (voir figures 7-10 et 7-11).

Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

Cette carte identifie, d'après l'information disponible, la présence de matières organiques dans les dépôts. Il s'agit ici d'une appréciation plus ou moins subjective, effectuée par les responsables du forage, de l'importance relative de ces composés dans les dépôts forés.

Le code chromatique représente l'importance relative des matières organiques dans les sédiments. Les symboles définissent une fourchette de profondeurs auxquelles les observations ont été effectuées (voir la légende de la figure 7-10).

Pour comprendre la signification du code chromatique il faut se rappeler comment la description des constituants d'un sol a été compilée (voir chapitre 4). Si le code "ORGC" (organique) ou un autre code indiquant la présence de matières organiques (PEAT, WOOD, etc...) apparaît dans "NOUN" le symbole est cartographié en rouge. Si un de ces codes apparaît dans "SUB 1", il est carto-

Figure 7-10

Carte des matières organiques dans les sédiments représentant la totalité de la région étudiée.

Légende

Code chromatique	Interprétation
Rouge	Première importance (le code pour "matières organiques" forme l'appellation principale du dépôt).
Jaune	Seconde importance (le code pour "matières organiques" forme le premier qualificatif donné au type de dépôt).
Bleu	Troisième importance (le code pour "matières organiques" forme un des qualificatifs secondaires donnés au type de dépôt).

Symboles	Fourchette de profondeurs
0	0-5 pi. (0-1,53 m.) sous la surface.
1	5-10 pi. (1,53-3,05 m.) sous la surface.
2	10-15 pi. (3,05-4,58 m.) sous la surface.
3	15-20 pi. (4,58-6,10 m.) sous la surface.
4	20-25 pi. (6,10-7,63 m.) sous la surface.
5	25-30 pi. (7,63-9,15 m.) sous la surface.
*	Plus de 30 pi. (9,15 m.) sous la surface.
•	Forage pour lequel la présence de matières organiques n'est pas mentionnée.

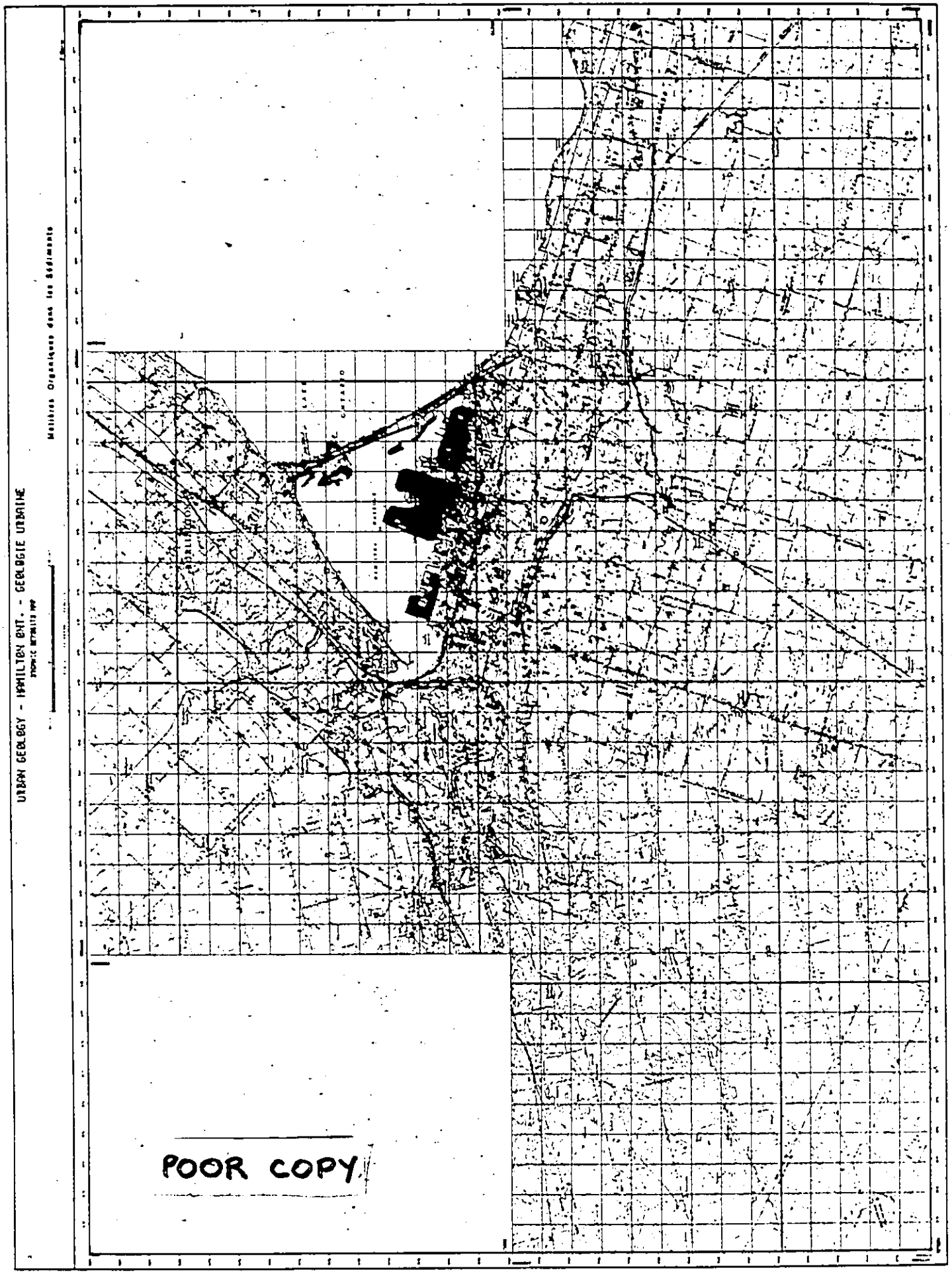


Figure 7-10

Figure 7-11

Agrandissement d'une partie
de la carte des matières organiques
dans les sédiments.

(Pour la légende voir la figure 7-10).

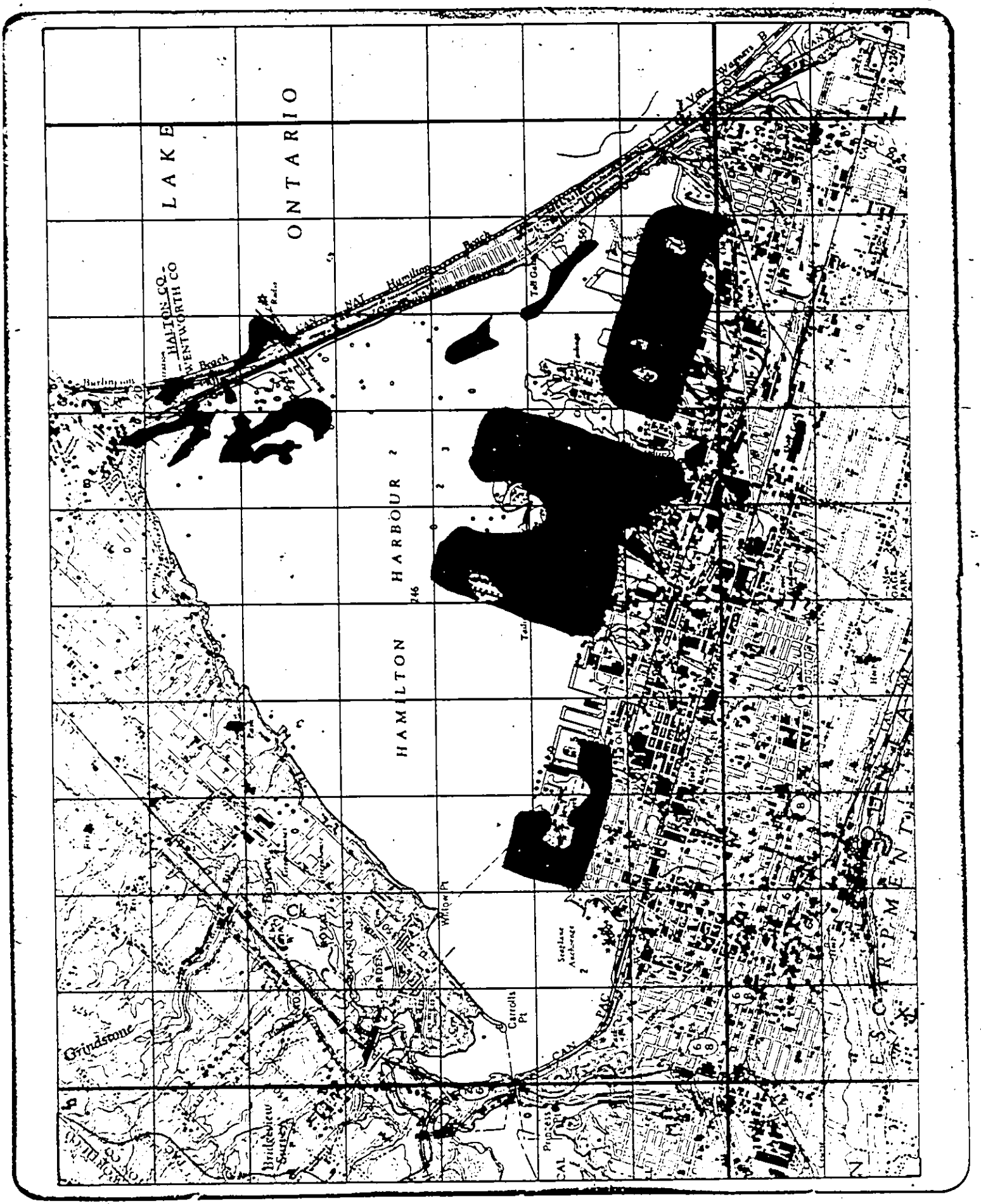


Figure 7-11

POOR COPY

graphié en jaune. Finalement, si un de ces codes apparaît dans "SUB 2" ou "SUB 3", il est cartographié en bleu.

Le symbole cartographié est unique pour chaque emplacement. Si la présence de matières organiques se répète dans un même forage:

a) Le symbole cartographié représente la profondeur à laquelle les matières organiques ont la plus grande importance relative (rouge avant jaune ... avant bleu).

b) Si l'importance relative des matières organiques est semblable, l'horizon le plus élevé en altitude (le moins profond par rapport à la surface) sera cartographié.

Ces conditions se traduisent ainsi:

Si pour un même forage, il existe des matières organiques dans différents horizons: l'horizon dont l'importance relative en matières organiques est la plus élevée sera cartographiée. Si l'importance relative en matières organiques est semblable dans plusieurs horizons

différents: l'horizon le moins profond sera cartographié.

Des plages de couleurs figurent sur cette carte (voir figures 7-10 et 7-11). Ces plages représentent une correction "manuelle" des données. Cette correction anticipe un genre de récupération discuté plus loin (voir: Récupération pour seconder une cartographie manuelle). Aux endroits de forages exécutés avant et après un remplissage (dans la baie de Burlington), les symboles indiquent différentes profondeurs pour les mêmes horizons contenant des matières organiques (selon que le forage a été exécuté avant ou après la mise en place des remblais). Ces symboles sont remplacés par des surfaces colorées suivant le même code chromatique que celui des symboles et indiquant l'importance relative des matières organiques situées sous les remblais. De cette façon, en perdant la dimension "profondeur de l'horizon", il est tout de même possible de mieux apprécier l'étendue de l'horizon. Pour trouver la profondeur de l'horizon, il suffit de consulter la carte de l'épaisseur des remblais (voir figures 7-12 et 7-13), car ces dépôts organiques se situent immédiatement sous les remblais.

7-2-2-5: Exemple 2 du type B.

Titre de la carte: Epaisseur des remblais (voir figures 7-12 et 7-13).

Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000. (30 M/5c).

Cette carte représente, par des symboles, l'épaisseur des remblais dans la région couverte par la carte du SNRC 30 M/5c). Cette carte, à l'échelle 1:25 000 a été choisie parce qu'elle couvre adéquatement la zone de la baie de Burlington où des travaux importants de remblai ont été réalisés.

Le code chromatique indique le nombre d'horizons de remblai différents mentionnés à l'origine dans le rapport de forage (voir la légende de la figure 7-12). Ce chiffre donne une idée de l'hétérogénéité du matériel. Plus le remblai est hétérogène, plus il est difficile de prédire son comportement géotechnique. Des statistiques réalisées sur ces données démontrent que 9.4% des horizons de remblai situés sous un autre horizon de remblai sont décrits de la même façon dans le rapport de forage. Il est donc possible d'affirmer, avec moins de 1 chance sur 10 de se tromper, que le code chromatique indique un degré relatif d'hétérogénéité du remblai. Les auteurs des rapports de forage n'ont mentionné, la plupart du temps, que

Figure 7-12

Carte de l'épaisseur des remblais (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/5c (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Code chromatique	Interprétation
Bleu	1 horizon de remblai mentionné.
Jaune	2 horizons de remblai mentionnés.
Rouge	3 horizons de remblai mentionnés.

Symboles	Fourchette d'épaisseurs
✚	0-2 pieds (0 - 0,61 mètre).
0	2-5 pieds (0,61 - 1,53 mètre).
1	5-10 pieds (1,53 - 3,05 mètres).
2	10-15 pieds (3,05 - 4,58 mètres).
3	15-20 pieds (4,58 - 6,10 mètres).
4	20-25 pieds (6,10 - 7,63 mètres).
5	25-30 pieds (7,63 - 9,15 mètres).
*	Plus de 30 pieds (9,15 mètres).

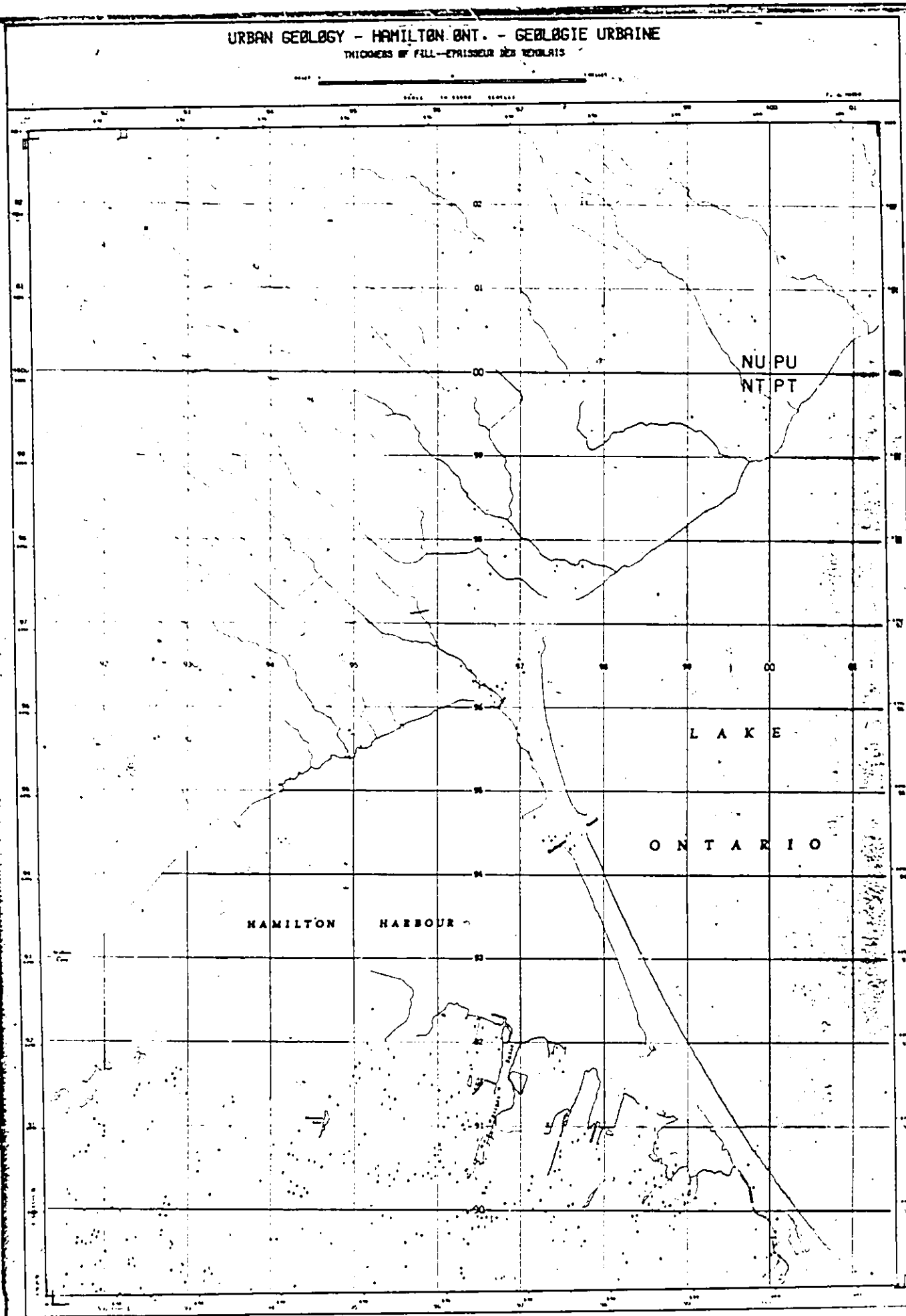

URBAN GEOLOGY - HAMILTON ONT. - GEOLOGIE URBAINE
THICKNESS OF FILL--EPAISSEUR DES REMBLAIS
NU PU
NT PT
LAKE
ONTARIO
HAMILTON HARBOUR

Figure 7-12

Figure 7-13

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des remblais.

(Pour la légende voir la figure 7-12).

Figure 7-13

POOR COPY.

les horizons possédant une composition différente. Si ces auteurs n'ont pas jugé nécessaire de mentionner toutes les variations du matériel rencontré, le remblai peut être représenté comme une unité relativement homogène sur la carte, ce qui n'est peut être pas le cas en réalité. Il n'existe donc aucun contrôle sur les omissions provenant des auteurs de rapports de forages.

Les symboles de la carte se refèrent à une fourchette de profondeurs.

7-2-2-6: Type C.

Pour ce type de récupération les symboles et le code chromatique représentent des fourchettes de valeurs quantitatives. Le code chromatique doit, encore et toujours, être réservé pour attirer l'attention sur la dimension du paramètre dont il s'agit de souligner l'importance.

7-2-2-7: Exemple du type C.

Titre de la carte: Résistance à la pénétration (voir figures 7-14 et 7-15).

Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

Afin de bien identifier les sites de dépôts argileux sensibles ou sableux et peu compacts, les plus petites valeurs de la résistance à la pénétration selon l'essai standard (standard pénétration test) ont été consignées sur carte. La mesure de résistance à la pénétration est probablement très hétérogène d'un site à l'autre. Toutefois, si seules les plus petites valeurs de pénétration (15 coups et moins) sont prises en considération, elles permettent de délimiter assez bien les zones de sols sensibles et peu compacts.

Chacune des deux dimensions du code cartographié exprime une fourchette de valeurs quantitatives. Les symboles numériques représentent une fourchette de profondeurs. Le code chromatique exprime les valeurs de la fourchette de la résistance à la pénétration (voir la légende de la figure 7-14). Cette dernière fourchette s'interprète différemment selon qu'il s'agisse de dépôts sableux ou argileux.

La plus petite valeur de pénétration mesurée pour un même forage est cartographiée. Si deux (2) horizons ou plus possèdent des valeurs de pénétration identiques, seul l'horizon situé le plus près de la surface est retenu.

Figure 7-14

Carte de la résistance à la pénétration
représentant la totalité de la région étudiée.

Légende

Symboles	Fourchette de profondeurs
0	0-5 pi. (0-1,53 m.) sous la surface.
1	5-10 pi. (1,53-3,05 m.) sous la surface.
2	10-15 pi. (3,05-4,58 m.) sous la surface.
3	15-20 pi. (4,58-6,10 m.) sous la surface.
4	20-25 pi. (6,10-7,63 m.) sous la surface.
5	25-30 pi. (7,63-9,15 m.) sous la surface.
*	Plus de 30 pieds (9,15 m.) sous la surface.

Code chromatique	Fourchette de la résistance à la pénétration	Corrélations			
		Sables[1]		Argiles[1]	
		Dr	ø	Compacité	qu
Rouge	0-4*	0-0.15 très peu compact	<30°	très molle à molle	<0.5
Jaune	5-9*	0.15-0.35 peu compact	30°-35°	peu compacte	0.5-1.0
Bleu	10-15*	0.35<Dr<0.65 moyen	35°<ø<40°	moyennement compacte	1.0-2.0

• (noir) Plus de 15 coups ou résistance à la pénétration non-mesurée.

Dr: Densité relative (estimation).

ø : Angle de frottement interne (estimation).

qu: Résistance à la compression simple (t/pi^2 ou kg/cm^2 - estimation).

* : Echelle de Terzaghi et Peck (1967).

1 : La consultation de l'imprimé décodé du fichier de la banque de données ou d'une carte des sols de la région permet de trouver la composition granulométrique du sol dont la pénétration dynamique a été récupérée.

(figure 7-14 suite)

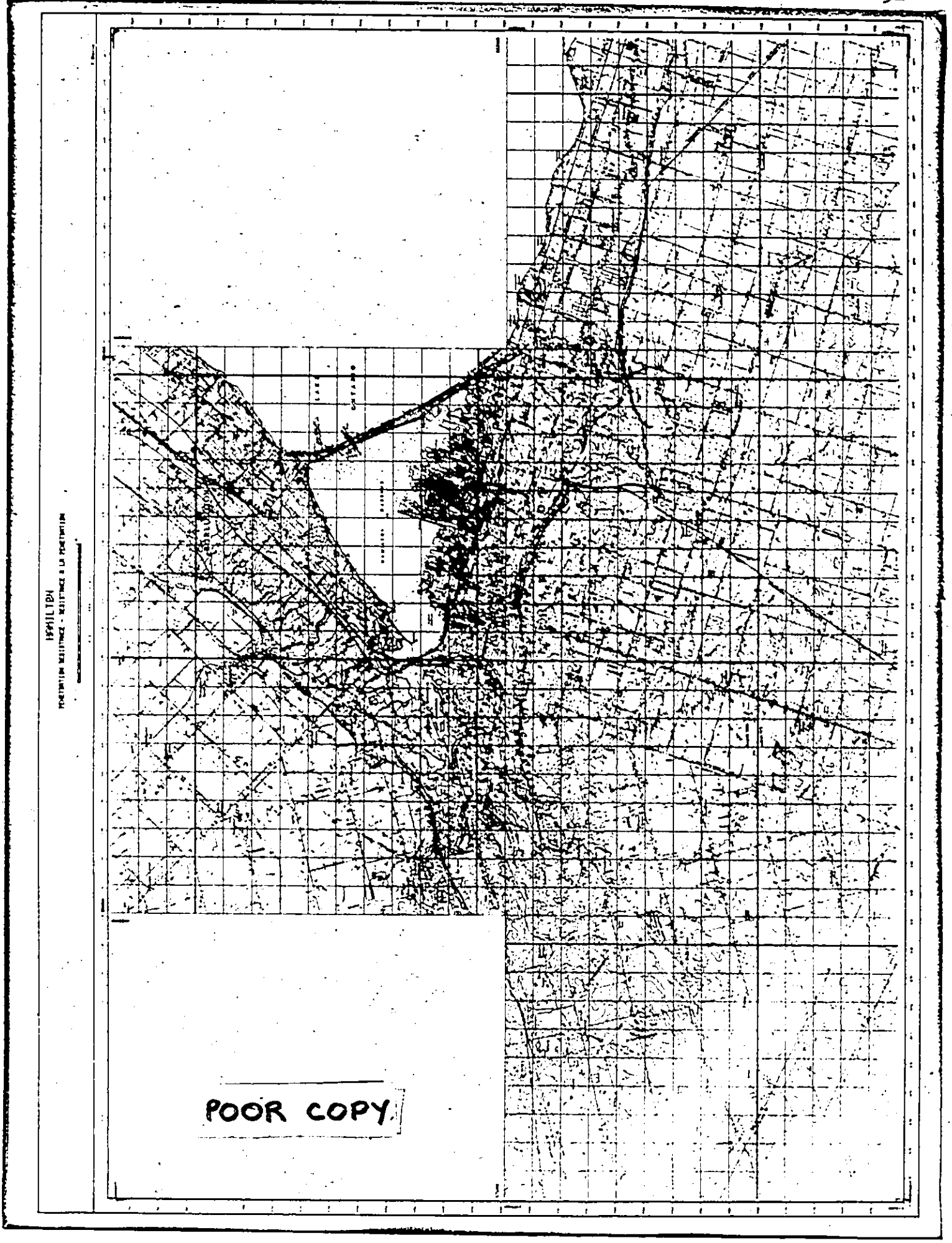


Figure 7-14

Figure 7-15

Agrandissement d'une partie de la carte de la résistance à la pénétration.

(Pour la légende voir la figure 7-14).

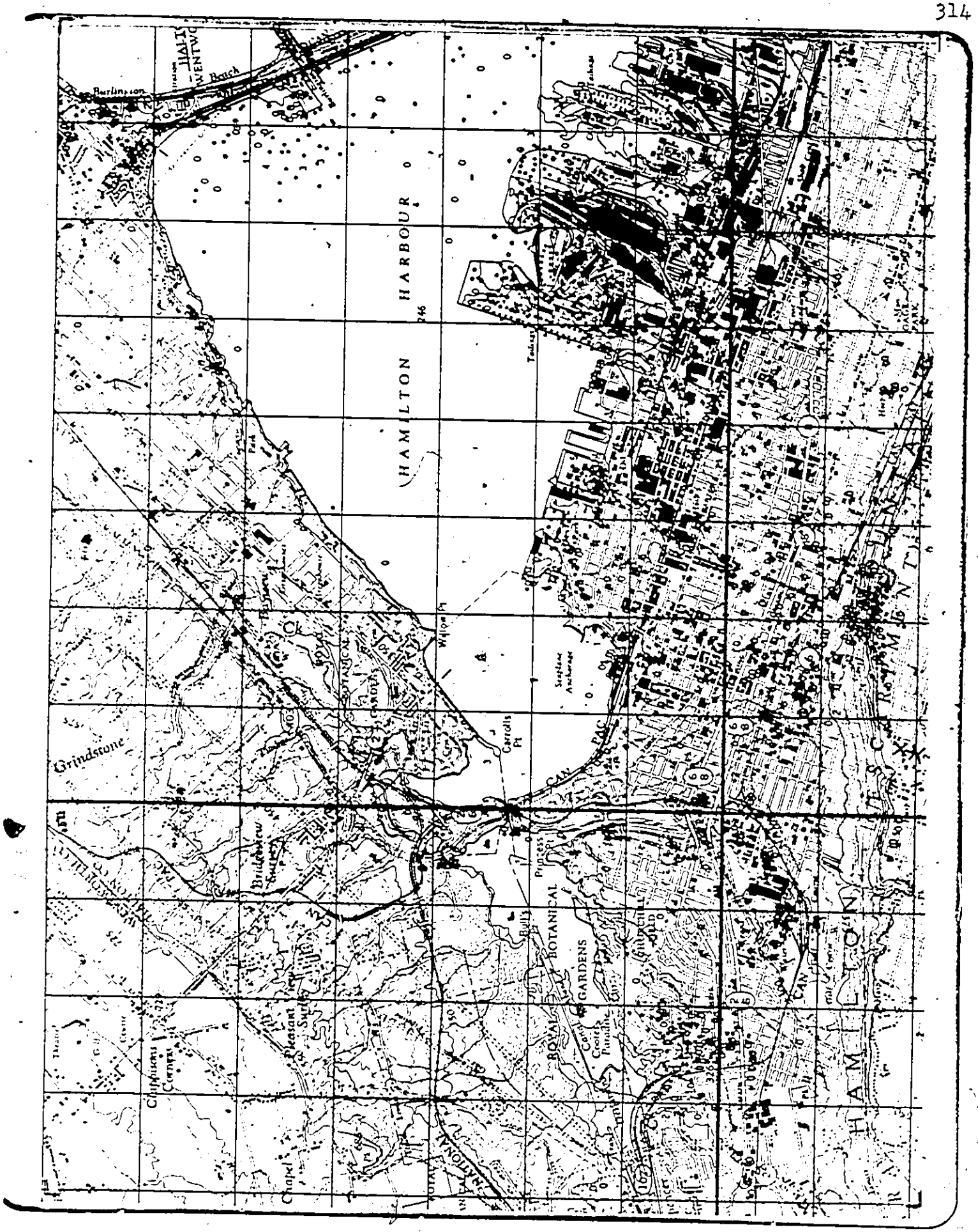


Figure 7-15

POOR COPY.

La fourchette de la dimension du paramètre considérée la plus importante est celle représentant les corrélations. C'est pourquoi cette fourchette s'exprime selon le code chromatique.

7-2-3: Récupération pour seconder une cartographie manuelle.

Cette récupération ponctuelle s'apparente un peu, dans sa conception, au premier genre de récupération (voir: Récupération intégrale - Type A). La valeur intégrale est récupérée et le code chromatique exprime une dimension qui doit rester neutre.

Toutefois, le but de la récupération diffère. Il ne s'agit pas d'un document final traduisant une information ou un phénomène intégral. Il s'agit plutôt d'une façon commode de récupérer les données selon des conditions déterminées au préalable afin de concourir à l'élaboration conventionnelle (manuelle) d'une carte. L'ordinateur sert non seulement à localiser l'information sur une grille superposée, par la suite, à une carte topographique de même échelle, mais de plus, à spécifier quelles données seront récupérées et quelles conditions devront être rem-

plies pour que ces données soient retenues pour la carto-graphie. L'ordinateur devient alors un puissant moyen à l'appui de la cartographie conventionnelle en manipulant rapidement d'énormes quantités de données qu'il peut classer, sélectionner, transformer et enfin localiser sur une grille à une échelle spécifiée.

Un seul exemple de ce genre de récupération est illustré ici. Il faut noter que sous la rubrique: Récupération selon un algorithme d'interpolation - l'ordinateur est utilisé dans une option très voisine.

7-2-3-1: Exemple (partie A)

Titre de la carte: Epaisseur des formations (unités stratigraphiques du Quaternaire). (Voir figures 7-16, 7-17, 7-18, 7-19, 7-20 et 7-21).

Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - (30 M/4f).

Cette carte diffère des précédents exemples du fait que les données inscrites sur la carte n'apparaissent pas telles quelles dans les rapports originaux de forage. Les descriptions qualitatives et quantitatives ont été utilisées pour identifier les horizons de sol les plus rapprochés des unités stratigraphiques du Quaternaire déjà

Figure 7-16

Carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - première formation (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Code chromatique		Fourchette de puissances
1er symbole	2ième symbole	
Bleu	Jaune	0-3 pi. (0-0,91 m.).
Bleu	Bleu	3-6 pi. (0,91-1,83 m.).
Bleu	Vert	6-10 pi. (1,83-3,05 m.).
Bleu	Rouge	10-15 pi. (3,05-4,58 m.).
Rouge	Jaune	15-20 pi. (4,58-6,10 m.).
Rouge	Bleu	20-30 pi. (6,10-9,10 m.).
Rouge	Vert	30-40 pi. (9,10-12,20 m.).
Rouge	Rouge	Plus de 40 pieds (12,20 m).
* (rouge)		Roche en place.

Figure 7-16

POOR COPY.

Figure 7-17

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - (première formation).

(Pour la légende voir la figure 7-16).

Figure 7-17

POOR COPY.

Figure 7-18

Carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - deuxième formation (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

(Pour la légende voir la figure 7-16).

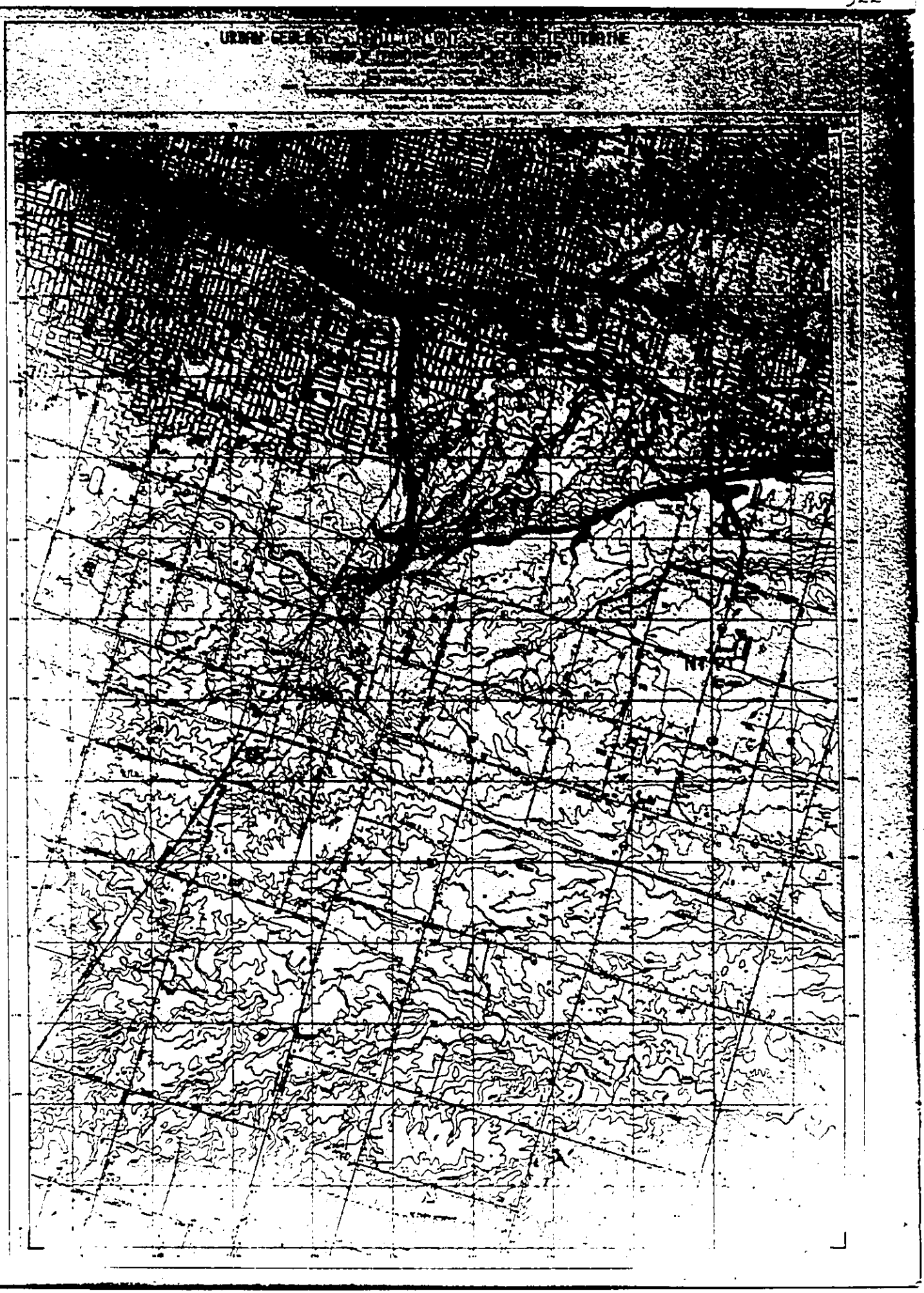


Figure 7-18

POOR COPY

Figure 7-19

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - (deuxième formation).

(Pour la légende voir la figure 7-16).

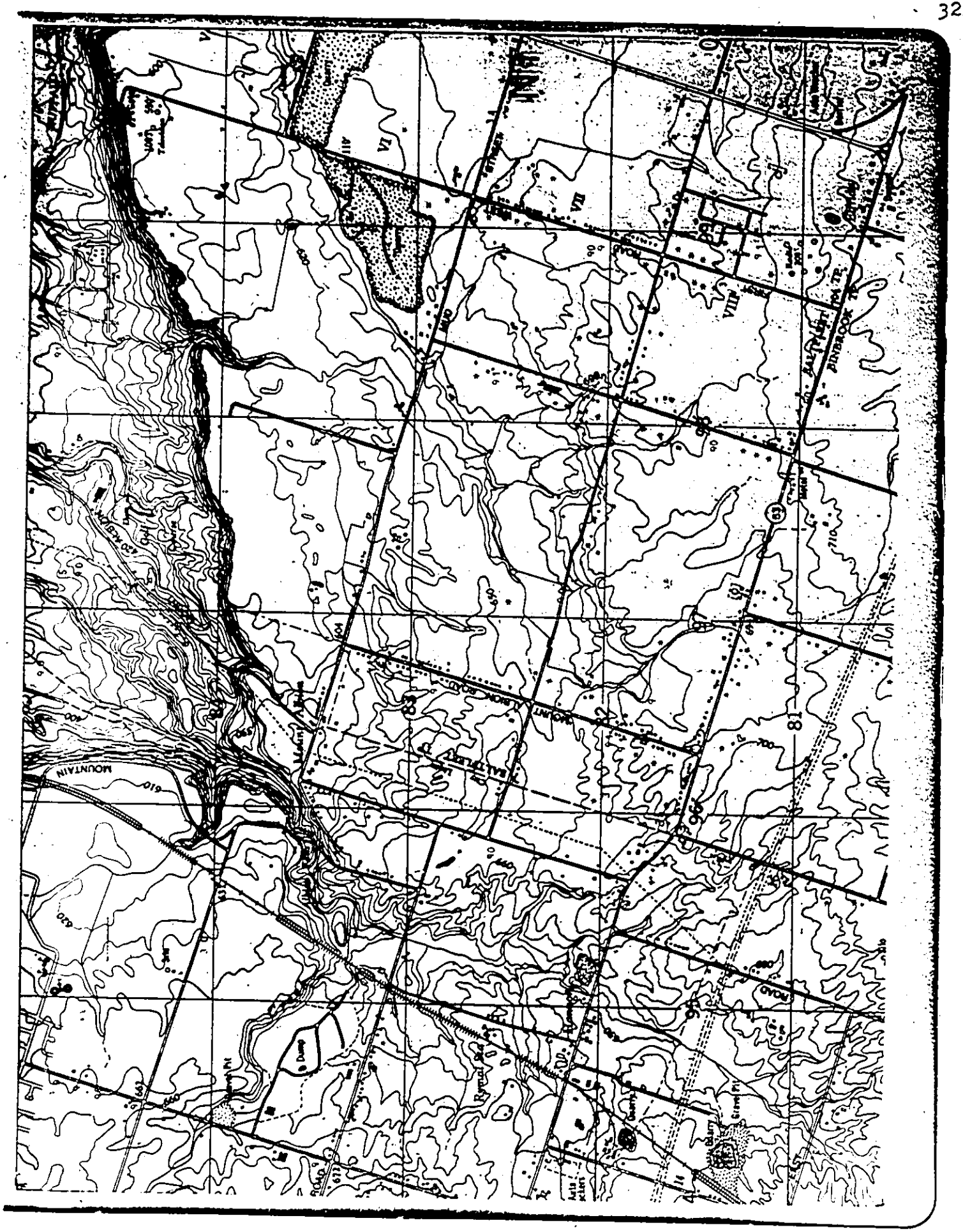


Figure 7-19

POOR COPY

Figure 7-20

Carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - troisième formation (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

(Pour la légende voir la figure 7-16).

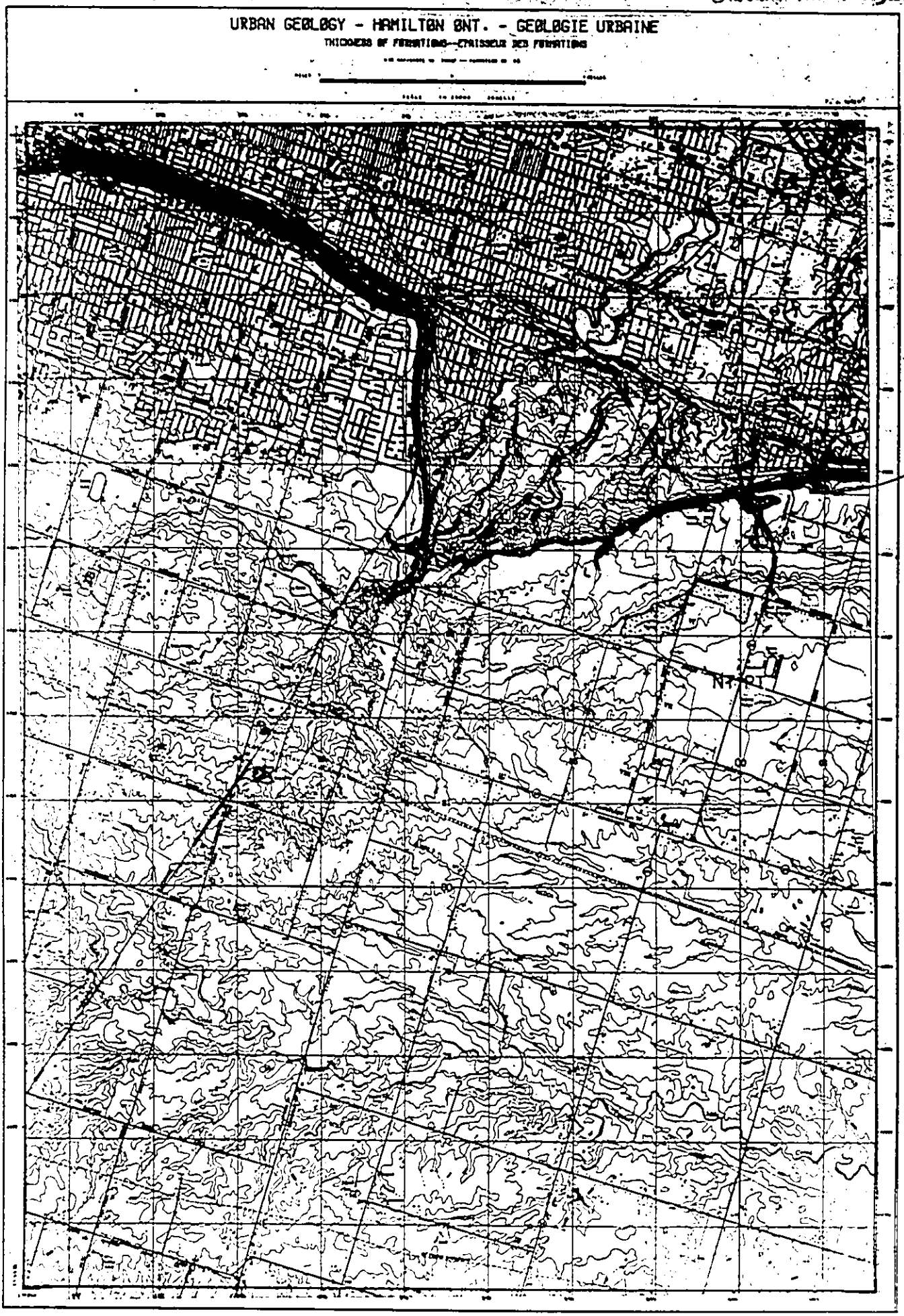


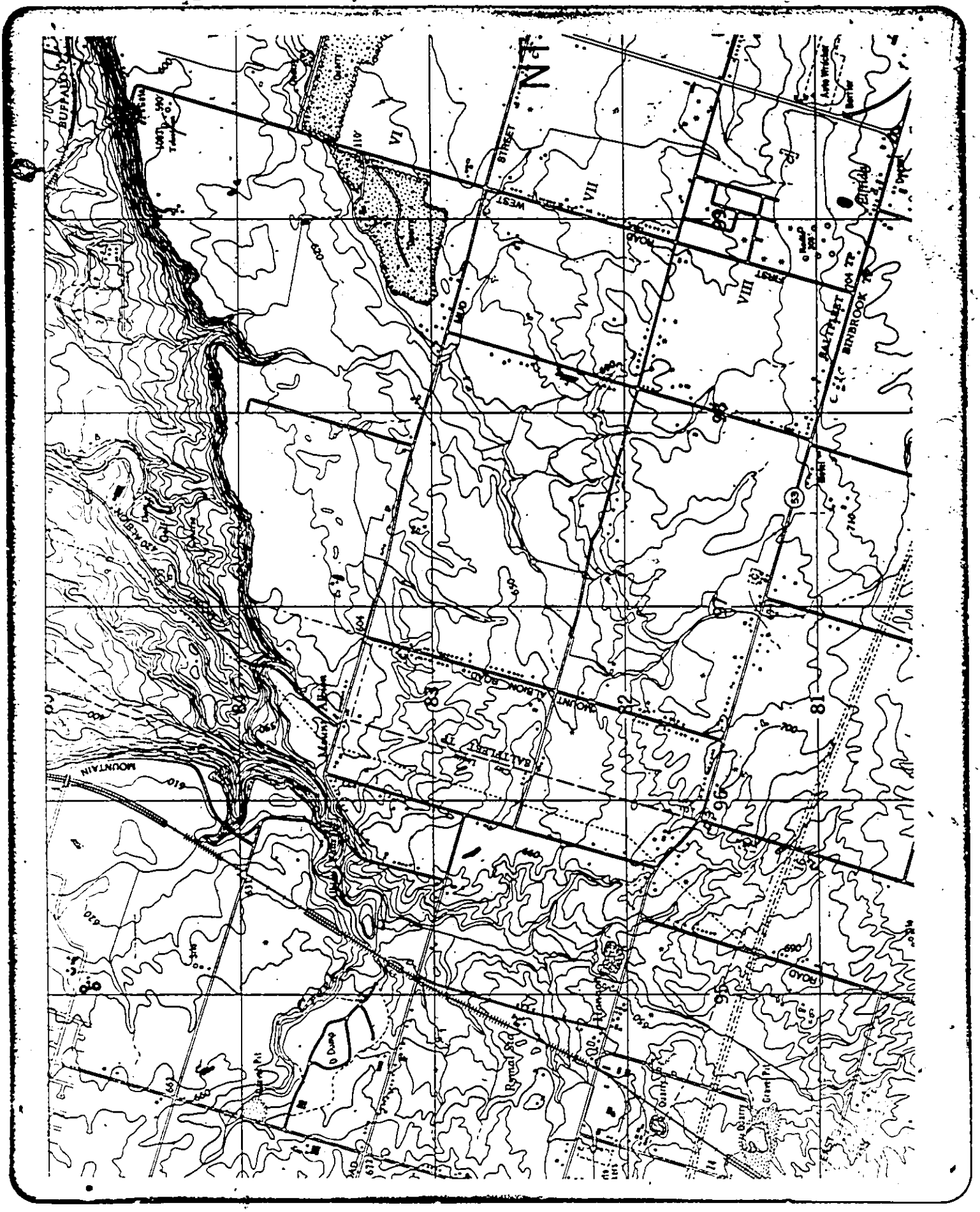
Figure 7-20

POOR COPY

Figure 7-21

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de l'épaisseur des formations - unités stratigraphiques du Quaternaire - (troisième formation).

(Pour la légende voir la figure 7-16).


N
VII
VIII
WEST
FIRST
ROAD
BINBROOK
MOUNTAIN
BALTIMORE
ALBION
Dam
Pond
Rental Sta.
Quarry
Gravel Pit
Cem.
Ch.
Sch.
Tunnel
Bridge
Creek
Swamp
Marsh
Trail
Path
Trail
Ruins
Tower
Spring
Well
Tanks
Pipe Line
Power Line
Fence
Gate
Cut
Fill
Levee
Dike
Wall
Pier
Wharf
Jetty
Breakwater
Lighthouse
Buoy
Channel
Anchorage
Harbor
Port
Airport
Runway
Hangar
Control Tower
Radio Tower
Antenna
Transmitter
Receiver
Station
Substation
Transformer
Switch
Meter
Gauge
Valve
Pump
Compressor
Boiler
Furnace
Kiln
Mill
Factory
Warehouse
Store
Shop
Office
Hotel
Restaurant
Theater
Library
Museum
Hospital
Clinic
Pharmacy
Bank
Post Office
Police
Fire
Jail
Court
Prison
Cemetery
Church
School
Park
Playground
Golf
Tennis
Swimming
Boat
Fishing
Hunting
Camping
Picnic
Zoo
Aquarium
Stadium
Arena
Track
Field
Gym
Pool
Rink
Course
Range
Target
Blind
Stand
Tower
Platform
Ramp
Stairs
Elevator
Escalator
Crane
Hoist
Winch
Pulley
Cable
Chain
Rope
Net
Trap
Snare
Bait
Lure
Hook
Line
Rod
Reel
Float
Sinker
Knife
Axe
Saw
Hammer
Nail
Screw
Bolt
Nut
Washer
Rivet
Weld
Solder
Glue
Paint
Brush
Roller
Spray
Can
Bottle
Jar
Box
Bag
Sack
Crate
Barrel
Drum
Tank
Pipe
Tube
Hose
Wire
Cable
Rope
Chain

reconnues dans la région concernée (voir chapitre 4). Ce sont les codes de ces unités stratigraphiques que l'ordinateur a récupéré (voir tableau 4-1). La couleur a été utilisée pour élaborer une fourchette de puissances de ces unités (voir la légende de la figure 7-16). Pour pallier au désavantage du petit nombre de couleurs disponibles, un code chromatique assez complexe a été élaboré: la couleur du premier symbole représente une valeur supérieure ou inférieure à 4.60 mètres (15 pieds), tandis que la couleur du deuxième symbole précise l'écart de puissance représenté.

Chaque série de feuillets (voir tableau 7-1) représente une formation; cinq (5) formations possibles ont été considérées. La cartographie de la puissance de chacune des cinq (5) premières formations est donc réalisable. Ceci représente, à peu près, toutes les formations identifiées par l'ordinateur sur la carte 30 M/4f. En effet, la cinquième série de feuillets ne représente que huit (8) points de données dont six (6) représentent la roche en place.

Dans le code identifiant l'unité stratigraphique, le deuxième symbole exprime le degré de certitude de l'identification (voir chapitre 4). "0" exprime une identi-

fication certaine, "1" une identification douteuse. Une unité composée d'une série d'horizons consécutifs ayant un premier symbole identique et dont tous les deuxièmes symboles sont "1", comportera un "1" comme deuxième symbole sur la carte.

Exemple:

Identification des horizons	Numéro de formation
91	01
91	01
91	01
91	01

Représentation cartographique de l'unité stratigraphique = 91.

Si cette série d'horizons consécutifs possède au moins un horizon où l'identification est certaine, l'unité stratigraphique comportera "0" comme deuxième symbole sur la carte.

Exemple:

Identification des horizons	Numéro de formation
91	01
91	01
90	01
91	01

Représentation cartographique de l'unité stratigraphique = 90.

Chaque carte représentant une unité stratigraphique peut parfois contenir plus d'un feuillet. Ces feuillets supplémentaires évitent simplement la surimpression de données trop rapprochées.

7-2-3-2: Exemple (partie B).

Titre de la carte conventionnelle: Puissance des unités stratigraphiques du Quaternaire (voir figure 7-22).

Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - (30 M/4f).

A partir de la carte de l'épaisseur des formations, il est possible de réaliser la carte: Puissance des unités stratigraphiques du Quaternaire, identifiées selon la méthode des bandes de couleurs (voir chapitre 1). Cette carte "conventionnelle" représente les première, deuxième et troisième formations dans l'ordre de leur superposition sur le terrain. Les erreurs d'identification des unités stratigraphiques étaient corrigées lorsque l'information disponible le permettait. Les sondages de contrôle effectués pour ce projet de cartographie ont servi de points de référence. La carte de la géologie du Quaternaire de Feenstra (1975) a été utilisée comme point de départ. Finalement, la carte: Epaisseur des formations (unités stratigraphiques

Figure 7-22

Carte de la puissance des unités stratigraphiques du Quaternaire représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Symboles	Puissance de l'unité stratigraphique
•	0-3 pieds (0-0,92 mètre).
◕	3-6 pieds (0,92-1,85 mètre).
●	6-10 pieds (1,85-3,05 mètres).
⬤	10-15 pieds (3,05-4,58 mètres).
o	15-20 pieds (4,58-6,10 mètres).
○	20-30 pieds (6,10-9,15 mètres).
◯	30-40 pieds (9,15-12,20 mètres).
◓	Plus de 40 pieds (12,20 mètres).

(figure 7-22 suite)

Code chromatique	Interprétation
Rouge	Remblais
Brun	Allùvions
Violet	Dépôts organiques
Jaune	Sables (lacs Iroquois et Ontario).
Bleu moyen	Argiles et silts lacustres (lac Iroquois).
Bleu pâle	Argiles et silts lacustres (lac Warren).
Vert pâle	Till de Halton (gris et rouge)

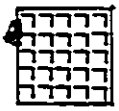
Roche en place	Nom de la formation
	Guelph
	Lockport
	Cataract
	Queenston

Figure 7-22

POOR COPY.

du Quaternaire a permis de travailler avec des données localisées, triées selon l'ordre de mise en place et identifiées selon les formations du Quaternaire connues, et, une fourchette de puissances.

Sans l'aide de l'ordinateur, l'élaboration de cette carte aurait été longue et fastidieuse du fait de la quantité de données disponibles.

Les symboles et les couleurs de cette carte sont expliqués dans la légende de la figure 7-22 . Il est à remarquer que à la suite du dépouillement attentif des unités stratigraphiques identifiées et cartographiées par l'ordinateur, deux, parfois trois mais rarement quatre unités différentes peuvent être retenues pour la réalisation de la carte: Puissance des unités stratigraphiques du Quaternaire.

Si, dans la plupart des cas, cette stratigraphie fort simple exprime adéquatement la réalité, certaines variations dans la composition des dépôts, correspondant à des périodes de fluctuation du front du glacier de Halton, ne sont pas indiquées. La responsabilité de cette omission repose, en grande partie, sur les auteurs des rapports de sondage . Il semble que certaines variations de la compo-

sition des dépôts n'ont pas été suffisamment documentées pour permettre à l'algorithme d'identification des unités stratigraphiques de les départager.

Il ressort de cette cartographie une image intéressante de la distribution des dépôts enfouis. L'interprétation géomorphologique de ce document n'entre pas dans le sujet de cette thèse, toutefois, il est intéressant de souligner la distribution irrégulière du till de Halton enfoui sous les dépôts du lac Warren et tapissant la roche en place; ou encore l'alternance des dépôts lacustres dans le coin sud-ouest de la carte. Ces particularités, ainsi que d'autres, peuvent guider efficacement le géomorphologue intéressé à élaborer, après certaines vérifications, une interprétation bien documentée des dépôts de la région.

Toutefois, il ne faut pas oublier la raison d'être de ce document géotechnique, soit de présenter une image de la nature et de l'importance des dépôts meubles. Ce document réalise parfaitement cet objectif même si quelques horizons n'ont pas été identifiés. Ces horizons omis ont été incorporés aux horizons de till et représentent surtout un intérêt géomorphologique car, d'après les résultats d'analyses en laboratoire, leur propriétés géotechniques n'obligent pas nécessairement à les distinguer.

7-2-4: Récupération de cartes de synthèse (1er genre).

Toute cartographie doit éventuellement déboucher sur une connaissance synthétique des phénomènes étudiés dans une région. Cette connaissance synthétique répond à un besoin de considérer l'ampleur de ces phénomènes et peut parfois se limiter aux besoins spécifiques de l'utilisateur. Ce dernier désire connaître l'interaction de plusieurs facteurs géoscientifiques pertinents.

Il est possible de définir deux approches à la réalisation de documents de synthèse géotechniques, soit:

1) Document d'information spécifique pour utilisation générale (la carte classique).

2) Document réalisé pour les besoins précis d'un utilisateur particulier (voir chapitre 9).

Le premier type de document est une synthèse d'information que le réalisateur de la carte (individu ou organisme) désire divulguer pour un public assez large. L'exemple utilisé ici sera une carte indiquant la répartition des dépôts de sable et de gravier. Il existe de nombreux exemples de ce type de document en géomorphologie

"appliquée" et le document de synthèse réalisé dans le système proposé ne diffère pas dans son contenu mais dans les modalités de sa réalisation qui permettent une grande souplesse et la réalisation de combinaisons rapides d'information complexe.

L'exemple de ce genre de récupération a été réalisé à partir de paramètres non-dérivés. Il est possible, toutefois d'élaborer de tels documents en retenant des paramètres dérivés, ou même des résultats de synthèse.

Le choix des symboles et de la couleur peut suivre les mêmes règles utilisées plus haut. Cependant, pour cette carte, une symbolisation particulière a été expérimentée. Habituellement, les tables-traçantes et les imprimantes d'ordinateurs disposent de trois types de symboles, soit: les symboles numériques, alphabétiques et spéciaux (arithmétiques, géométriques et de ponctuation). L'exploitation de ces types de symboles fut tentée en les cartographiant sans l'aide de la couleur.

7-2-4-1: Exemple.

Titre de la carte: Dépôts de sable/gravier
(voir figures 7-23, 7-24 et 7-25).

Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

Cette carte localise les sites de dépôts possibles de sable et de gravier exploitables. Cette carte fut réalisée en utilisant les trois (3) types de symboles disponibles sur l'imprimante de la table-traçante (symboles numériques, alphabétiques et spéciaux).

En principe, la symbolisation employée tente de faciliter la lecture du document cartographique en rattachant un type de symbole à une information particulière. Aux symboles spéciaux (arithmétique, géométrique, et de ponctuation) se rattache la description de la nature du dépôt; aux symboles numériques, la puissance du dépôt (sauf pour indiquer plus de cinquante (50) pieds d'épaisseur); finalement, les symboles alphabétiques expriment la position de la nappe phréatique par rapport au dépôt de matériel exploitable.

Les trois (3) symboles sont placés côte à côte, à l'horizontale. Le centre du premier symbole indique la localisation exacte du site considéré (voir figures 7-23

Figure 7-23

Carte des dépôts de sable/gravier (premier feuillet) représentant la totalité de la région étudiée.

Légende

Nature du dépôt: (possiblement exploitable).

Premier symbole	Interprétation
*	Gravier
⊡	Sable et gravier
⊙	Sable
—	Présence de silts et/ou d'argiles (se place sous le premier symbole). Ex: $\underline{*}$, $\underline{⊡}$, $\underline{⊙}$.

(figure 7-23 suite)

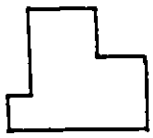
Puissance du dépôt: (possiblement exploitable)

Deuxième symbole	Fourchette de puissance du dépôt
0	3-5 pieds (0,92-1,53 mètre).
1	5-10 pieds (1,53-3,05 mètres).
2	10-15 pieds (3,05-4,58 mètres).
3	15-20 pieds (4,58-6,10 mètres).
4	20-25 pieds (6,10-7,63 mètres).
5	25-30 pieds (7,63-9,15 mètres).
6	30-35 pieds (9,15-10,68 mètres).
7	35-40 pieds (10,68-12,20 mètres).
8	40-45 pieds (12,20-13,73 mètres).
9	45-50 pieds (13,73-15,25 mètres).
P	Plus de 50 pieds (15,25 mètres).
-	Signale la fin du forage dans le dépôt possiblement exploitable. La puissance réelle de ce dernier est inconnue. Se place sous le deuxième symbole. Ex: 0 , 2 ou P , etc.

(figure 7-23 suite)

Position relative de la nappe phréatique:

Troisième symbole	Position relative de la nappe
W	Nappe phréatique à l'intérieur ou au-dessus du dépôt possiblement exploitable.
X	Nappe phréatique au-dessous du dépôt possiblement exploitable.
(aucun symbole)	Nappe phréatique non-mesurée.
Autres:	Zone urbanisée.



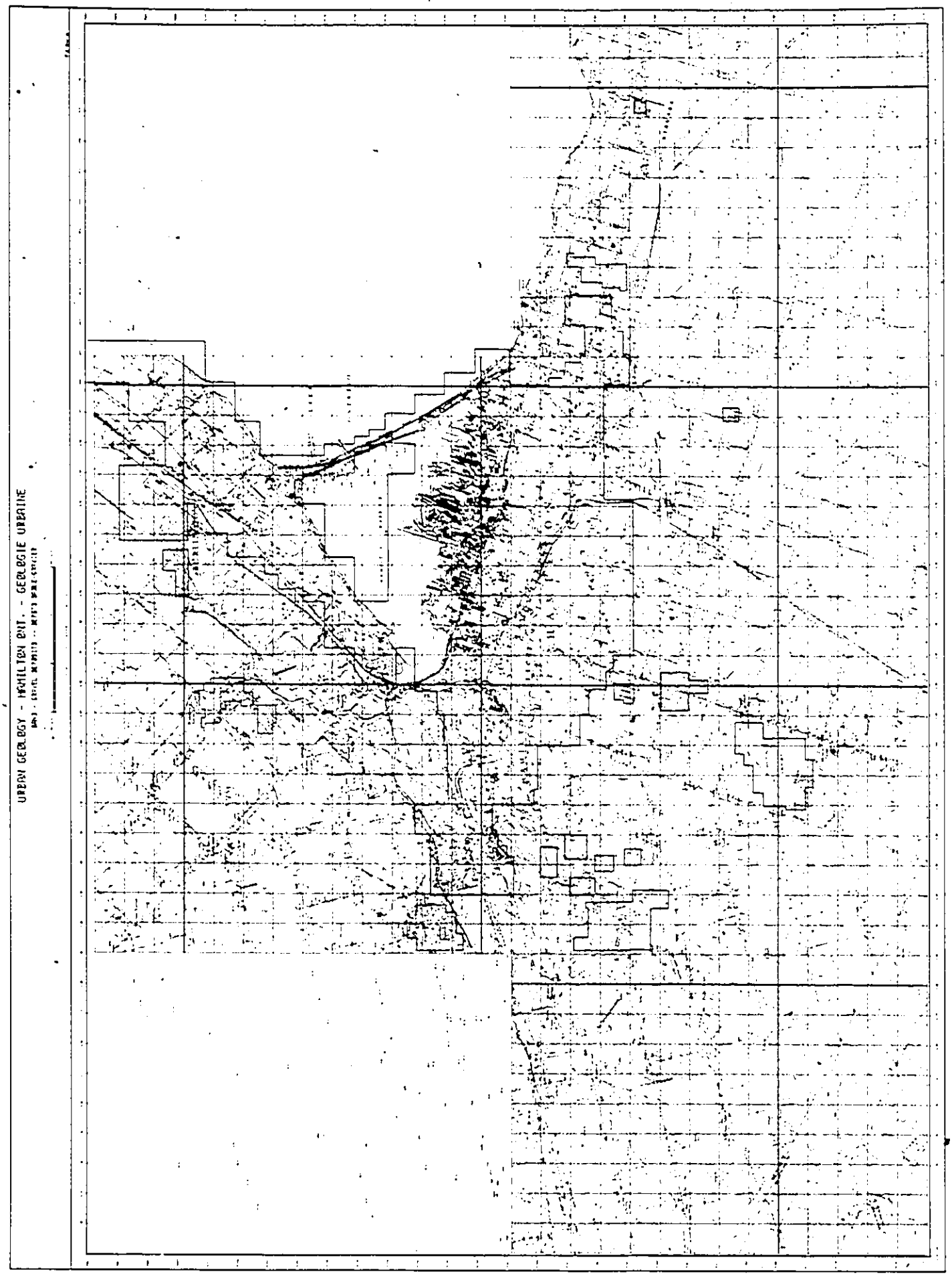


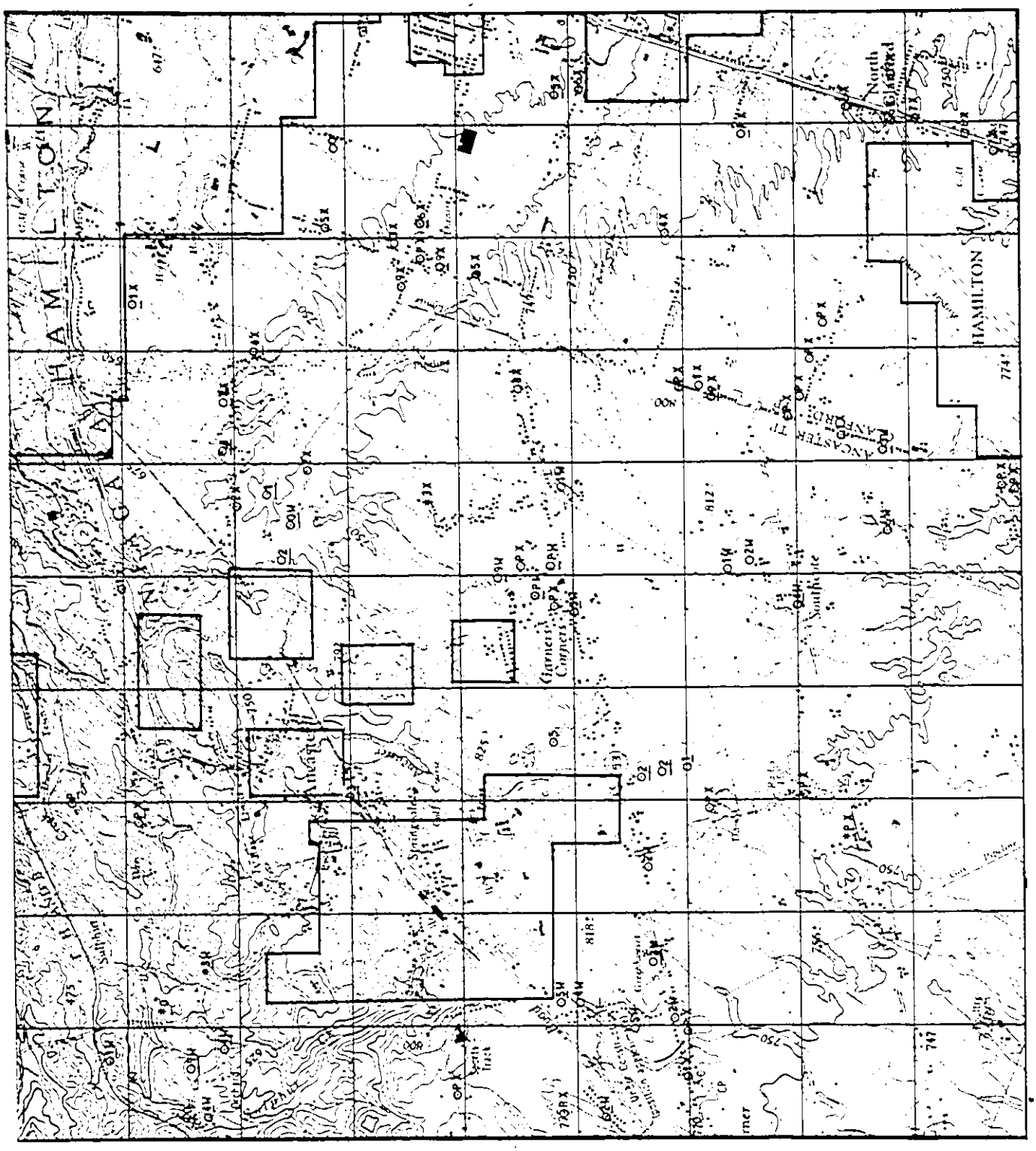
Figure 7-23

POOR COPY.

Figure 7-24

Agrandissement d'une partie du
premier feuillet de la carte
des dépôts de sable/gravier.

(Pour la légende voir la figure 7-23).


HAMILTON
HAMILTON
North
Clarmont
Corners
Southside
Stratfield
Creek
Stratfield
Creek
Ditches
Ditches
Ditches

et 7-24). Les zones encadrées, dégarnies d'information, représentent les zones urbanisées où il n'est pas concevable d'entreprendre l'exploitation de dépôts de sable et (ou) de gravier.

Voici un résumé de l'information consignée sur document cartographique:

a) Nature du dépôt (voir la légende de la figure 7-23): (1er symbole).

1) Les dépôts sont cartographiés dans un ordre spécifique de préférence (une seule identification par site)

soit: - gravier
- sable et gravier
- sable

Note:

Sur la carte, un site pourvu d'une quantité possiblement exploitable de gravier sera désigné comme "gravier", même si la quantité exploitable possible de sable est supérieure à celle du gravier. Par contre, si le site possède du gravier et du sable en quantité

insuffisante, séparément, pour justifier l'exploitation, ou que seul le sable présenterait des possibilités d'exploitation, ce site sera cartographié comme "sable et gravier". Si le gravier est absent, ou en quantité négligeable, et que le dépôt de sable serait possiblement exploitable, le site sera cartographié comme "sable".

2) Le dépôt sera porté sur la carte (donc considéré comme possiblement exploitable) si les conditions suivantes sont remplies:

- Si le site se situe hors d'une zone urbanisée (encadrée sur la carte).
- Si l'horizon de matériel a plus de 0,9 mètre (3 pieds) d'épaisseur.
- Si le dépôt ne se situe pas sous un remblai de plus de 0,9 mètre (3 pieds d'épaisseur.
- Si la puissance des dépôts non-exploitables (tills, argiles, silts, sables silteux, etc...) au-dessus des couches possiblement exploitables est inférieure

à l'épaisseur de ces dernières. Il est à noter que lorsque seul le gravier est retenu, les sables rencontrés ne sont pas considérés comme des dépôts non-exploitables.

3) La présence de silts ou d'argiles dans le dépôt possiblement exploitable est signalée si cette information est disponible dans la banque de données (voir la légende de la figure 7-23)

b) Puissance du dépôt possiblement exploitable: (2ième symbole).

La puissance totale de tous les horizons intéressants de sable et/ou gravier est indiquée par un code représentant une fourchette d'épaisseurs. La carte signale également si le sondage a atteint la limite inférieure du dépôt.

c) Position relative de la nappe phréatique: (3ième symbole).

Le troisième symbole exprime la relation entre l'élévation de la nappe phréatique enregistrée

lors du forage et le dépôt possiblement exploitable.

Une liste imprimée accompagne cette carte afin de mieux renseigner l'utilisateur (voir figure 7-25). Cette liste complète la carte des dépôts de sable/gravier en inventoriant avec plus de précision:

- La position du forage en coordonnées UTM.
- La profondeur et la puissance réelles du dépôt possiblement exploitable.
- La profondeur réelle de la nappe phréatique sous la surface.
- Le nombre d'horizons formant le dépôt possiblement exploitable.

Mise en garde:

La carte et l'inventaire imprimé n'indiquent nullement la qualité du matériel. Cette information n'existe pas dans la banque de données. Une étude plus détaillée du site est nécessaire pour déterminer la qualité du dépôt comme source d'agrégats utiles.

Figure 7-25

Première page de la liste imprimée accompagnant la carte: Dépôts de sable/gravier. Le tableau 7-2 commente les rubriques de cette liste imprimée

*** URBAN GEOLOGY - HAMILTON ONT. - GEOLOGIE URBAINE ***
SAND - GRAVEL DEPOSITS - INFORMATION - POUR DEPOTS SABLE - GRAVIER

DATA-NO	EAST	NORTH	DEPTH	TYPE	THICK	WATER	DEPTH	TYPE	THICK	WATER	DEPTH	TYPE	THICK	WATER	DEPTH	TYPE	THICK	WATER
00264	585920	4789130	0.7	SAND	3.3	14.0												
00302	601460	4788450	0.5	SAND	6.5	1.0												
00304	601650	4788390	0.3	SAND	6.7	3.5												
00360	592760	4784030	0.4	SAND	18.6	16.3												
00439	601270	4786940	9.0	SAND	10.3													
00441	601370	4787250	10.3	SAND	+15.2													
00476	584680	4791580	1.0	GRVL	6.0	24.2	13.4	GRVL	12.6	24.2								
00477	584500	4791610	1.0	GRVL	35.0	44.0												
00478	584800	4791590	1.0	GRVL	5.0	29.5	12.0	GRVL	22.0	29.5								
00479	584820	4791620	4.7	GRVL	15.3	40.3												
00480	584830	4791600	0.8	GRVL	19.2	31.7												
00481	584860	4791650	1.0	GRVL	33.9	31.1												
00482	584900	4791660	10.0	GRVL	22.0	26.2												
00489	584800	4791570	1.0	GRVL	28.0	28.1												
00556	602590	4788310	3.8	SAND	3.5													
00716	582400	4789720	2.0	SAND	+3.5													
00717	582460	4789730	0.0	SAND	+6.5													
00718	582540	4789730	2.0	SAND	+4.0													
00748	592610	4795860	2.0	GRVL	6.0		8.0	SAND	13.3									
00749	592640	4795010	1.0	GRVL	10.3													
00750	592580	4795940	0.4	GRVL	9.8	6.5												
00760	600620	4800450	7.0	SAND	+8.0	4.1												
01081	589770	4792530	1.0	SAND	29.0	25.0	32.0	SAND	25.0	25.0								
01082	589830	4792320	0.0	SAND	15.3		24.0	GRVL	5.8		79.0	GRVL	+11.0					
01083	589800	4792420	1.3	SAND	55.[illegible]	34.0	60.0	SAND	+12.5	34.0								
01084	589830	4792130	0.0	SAND	54.0	21.0	58.5	SAND	9.5	21.0								
01085	589910	4792030	0.0	SAND	54.0	36.0												

Figure 7-25

Tableau 7-2

Inventaire de l'information disponible sur la liste imprimée accompagnant la carte: Dépôts de sable/gravier (voir figure 7-25).

Colonne (1) - DATA-NO:

Numéro du forage dans le fichier de la banque de données.

Colonnes (2 et 3) - EAST, NORTH:

Localisation du site de forage (UTM)

Colonnes (4, 8, 12 et 16) - DEPTH:

Indication de la profondeur du sommet d'un horizon de gravier ou de sable possiblement exploitable (en pieds).

Colonnes (5, 9, 13 et 17) - TYPE:

Indication de la nature du dépôt dans chaque horizon retenu (sable ou gravier). La présence ou l'absence de silts et/ou d'argiles n'est pas indiquée.

Colonnes (6, 10, 14 et 18) - THICK:

Indication de la puissance de l'horizon retenu (sable ou gravier possiblement exploitable (en pieds)).

Colonnes (7, 11, 15 et 19) - WATER:

Indication de la profondeur de la nappe phréatique telle que compilée dans la banque de données (en pieds).

(tableau 7-2 suite)

Symbole spécial:	Interprétation
+	Placé devant la puissance du dernier horizon, ce symbole signale que le forage n'a pas atteint la limite inférieure du dépôt possiblement exploitable. La puissance réelle de ce dépôt n'est donc pas connue.

7-2-5: Récupération selon un algorithme d'interpolation.

Les phénomènes possédant des valeurs à variations continues se prêtent mieux à la mise en carte selon un algorithme mathématique (puissances, courbes de niveaux, etc...). Dans les deux documents discutés plus bas, un algorithme d'interpolation mis au point par Bélanger (1975) à la Commission géologique du Canada a servi pour tracer des courbes d'isovaleurs. Ces deux documents présentent des phénomènes dits continus, soit: la - Topographie de la roche en place - et la - Puissance des dépôts meubles -. Les cartes calculées et exécutées par ordinateur n'ont pas été utilisées comme documents finals car celles-ci contenaient des erreurs. Le but de la récupération était bien de réaliser un document de travail permettant de reprendre les courbes tracées par l'ordinateur en tenant compte de données que ce dernier, à cause de son algorithme, ne pouvait considérer, soit: la profondeur des sondages n'atteignant pas le roc, le tracé des affleurements rocheux déjà connu et l'interprétation du réalisateur basée sur l'information publiée et ses observations de terrain.

Ce genre de récupération diffère toutefois de celui discuté plus haut. Il ne s'agit pas d'une récupération de données de base dans le but de réaliser un docu-

ment de façon conventionnelle, mais bien de réaliser un document selon un algorithme mathématique fort complexe. Il faudra corriger ce document avant de le finaliser. Il ne s'agit pas ici seulement d'une nuance mais réellement d'une approche différente vis-à-vis du document récupéré par l'ordinateur. Une description plus complète de l'algorithme d'interpolation utilisé se retrouve dans le travail de Bélanger (1975).

Les arguments en faveur de l'utilisation d'un algorithme se situent au niveau de la rapidité de la manipulation du calcul et de la cartographie des masses énormes de données et, surtout, de la possibilité de tenir compte d'une très grande quantité de points dans le tracé de la courbe.

L'un des principaux arguments défavorables à l'algorithme utilisé réside dans l'impossibilité de considérer les sondages n'atteignant pas la roche en place. Les vallées enfouies sont complètement ignorées si aucun ou peu de sondages atteignant la roche en place ont été réalisés dans ces vallées. Des forages n'atteignant pas la roche en place, mais descendant tout de même à de grandes profondeurs constituent des indices de l'existence de ces dépressions sous les dépôts meubles. De plus, l'algo-

rithme est incapable de respecter les contours déjà cartographiés de la roche en place à découvert. Malgré l'injection massive de points indiquant les limites de la roche en place à découvert (956 points), les courbes de niveaux ont quand même traversé ces limites pour indiquer des dépressions enfouies inexistantes (voir figures 7-26 et 7-27).

7-2-5-1: Exemple 1.

Titre de la carte: Topographie de la roche en place. (voir figures 7-28, 7-29 et 7-30).

Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

La topographie de la roche en place consiste essentiellement en une carte topographique traditionnelle mais avec la couverture des dépôts meubles enlevée. Utilisant 8440 points de contrôle atteignant la roche en place et plusieurs milliers d'autres ne l'atteignant pas, le document final (voir figures 7-28) a été exécuté à partir d'une carte dessinée par ordinateur (voir figure 7-30).

Pour souligner les corrections apportées au tracé de l'ordinateur, un trait brisé représente les courbes corrigées (voir figures 7-28 et 7-29). L'ampleur

Figure 7-26

Cette carte de l'épaisseur des dépôts meubles a été tracée par l'ordinateur et n'a pas été corrigée. Les points bleus indiquent les 956 points délimitant la roche à découvert. Les lignes jaunes indiquent les limites de la roche à découvert selon l'extrapolation de l'algorithme utilisé. Cette carte a été tracée au 1:50 000 pour toute la région.

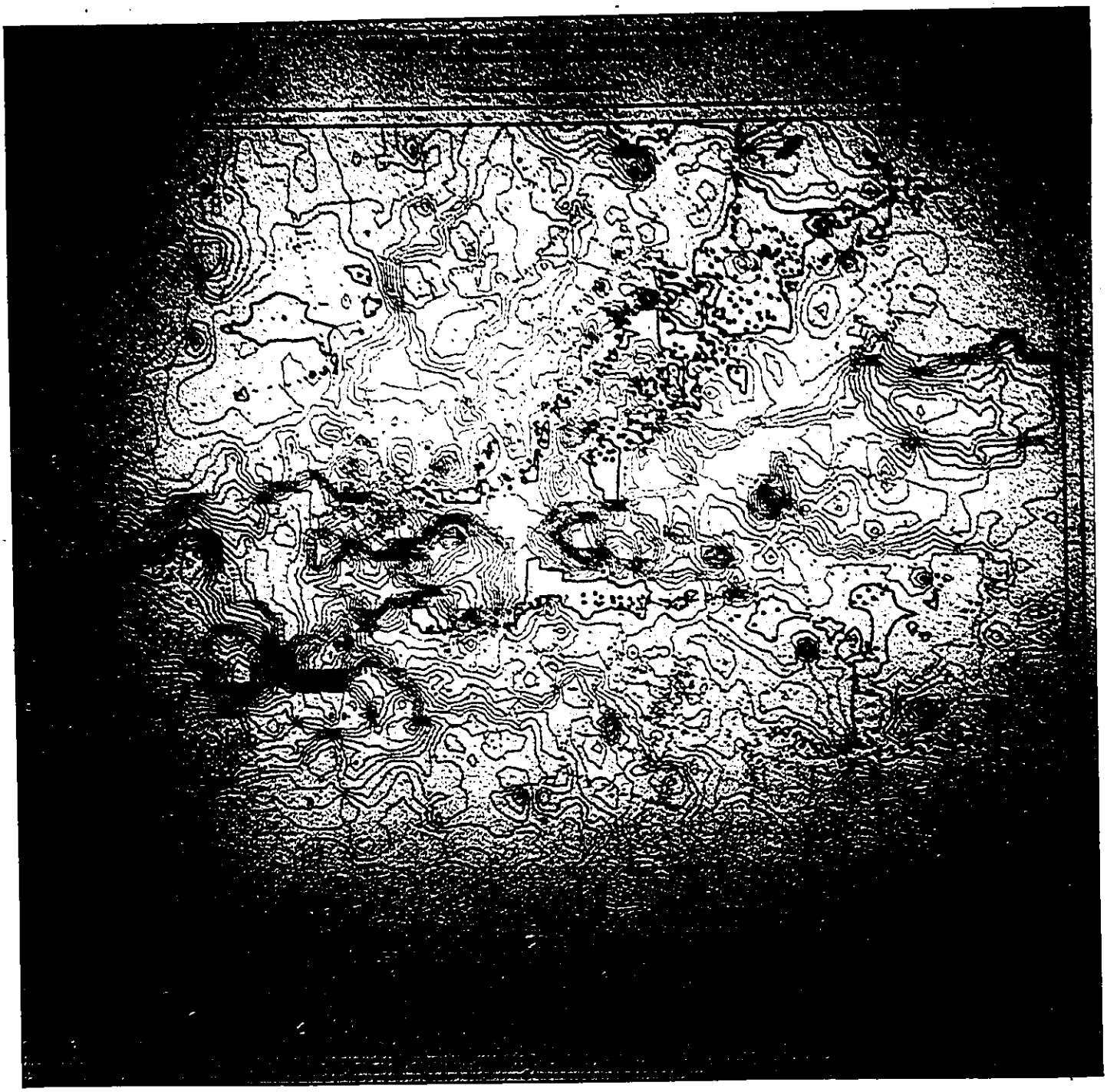


Figure 7-26

POOR COPY.

Figure 7-27

Cette carte de l'épaisseur des dépôts meubles est la même que celle de la figure 7-26. Les surfaces de la roche à découvert (tracées selon les cartographies de Karrow (1963), Cowan (1972) et Feenstra (1975)) ont été coloriées en rouge.

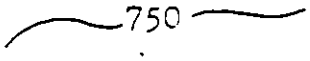
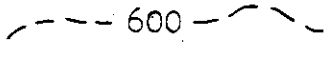
Figure 7-27

POOR COPY.

Figure 7-28

Cette carte de la topographie de la roche en place résulte de la correction "manuelle" d'un document tracé selon un algorithme d'interpolation par l'ordinateur. Cette carte couvre la totalité de la région étudiée.

Légende

Symboles	Interprétation
	Courbe de niveau de la roche en place tracée par l'ordinateur.
	Courbe de niveau de la roche en place modifiée de façon conventionnelle.
	Points de contrôle selon lesquels les courbes de niveau sont calculées par l'algorithme programmé dans l'ordinateur.

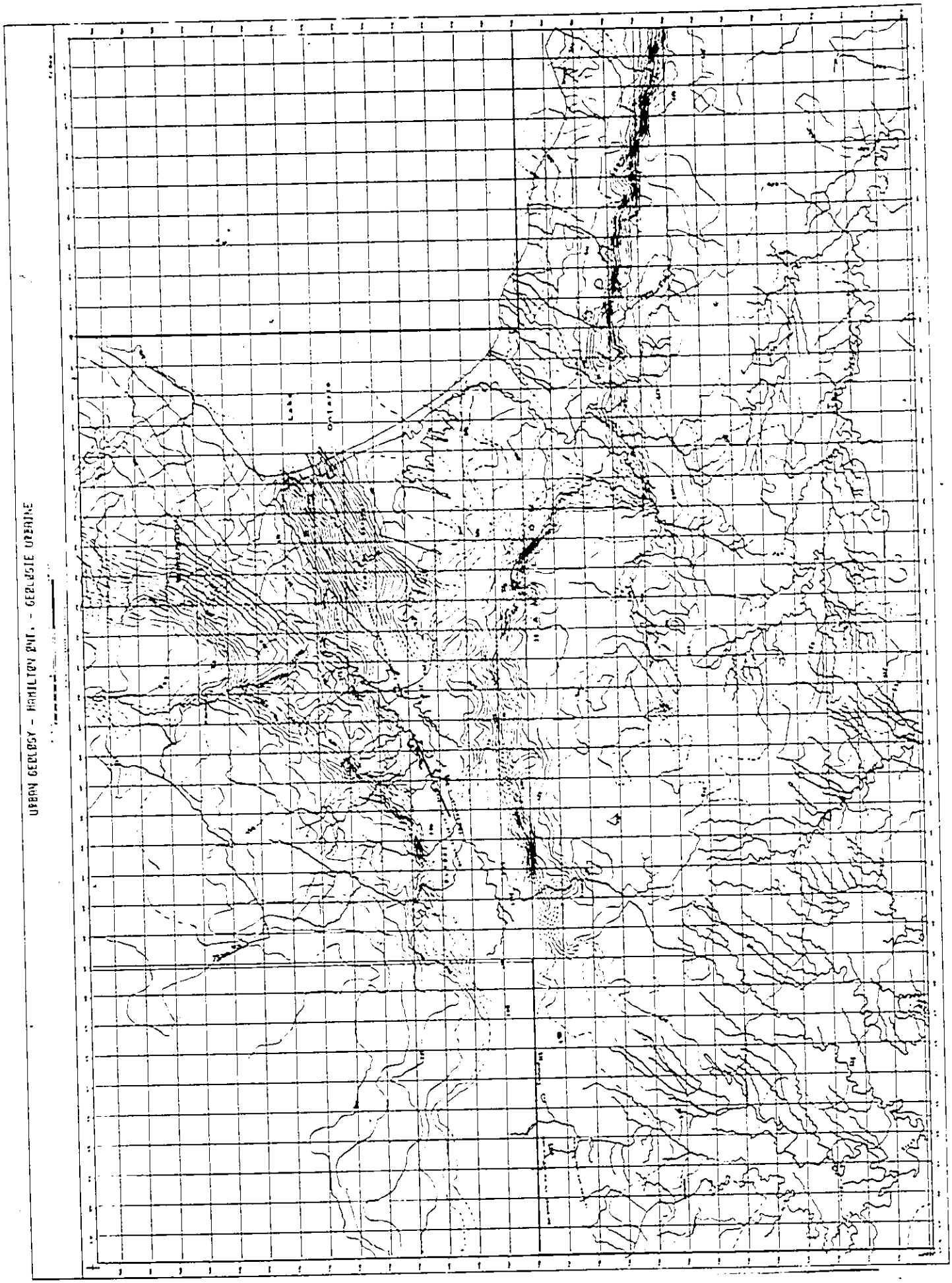


Figure 7-28

POOR COPY.

Figure 7-29

Agrandissement d'une partie de
la carte de la topographie
de la roche en place.

(Pour la légende voir la figure 7-28).

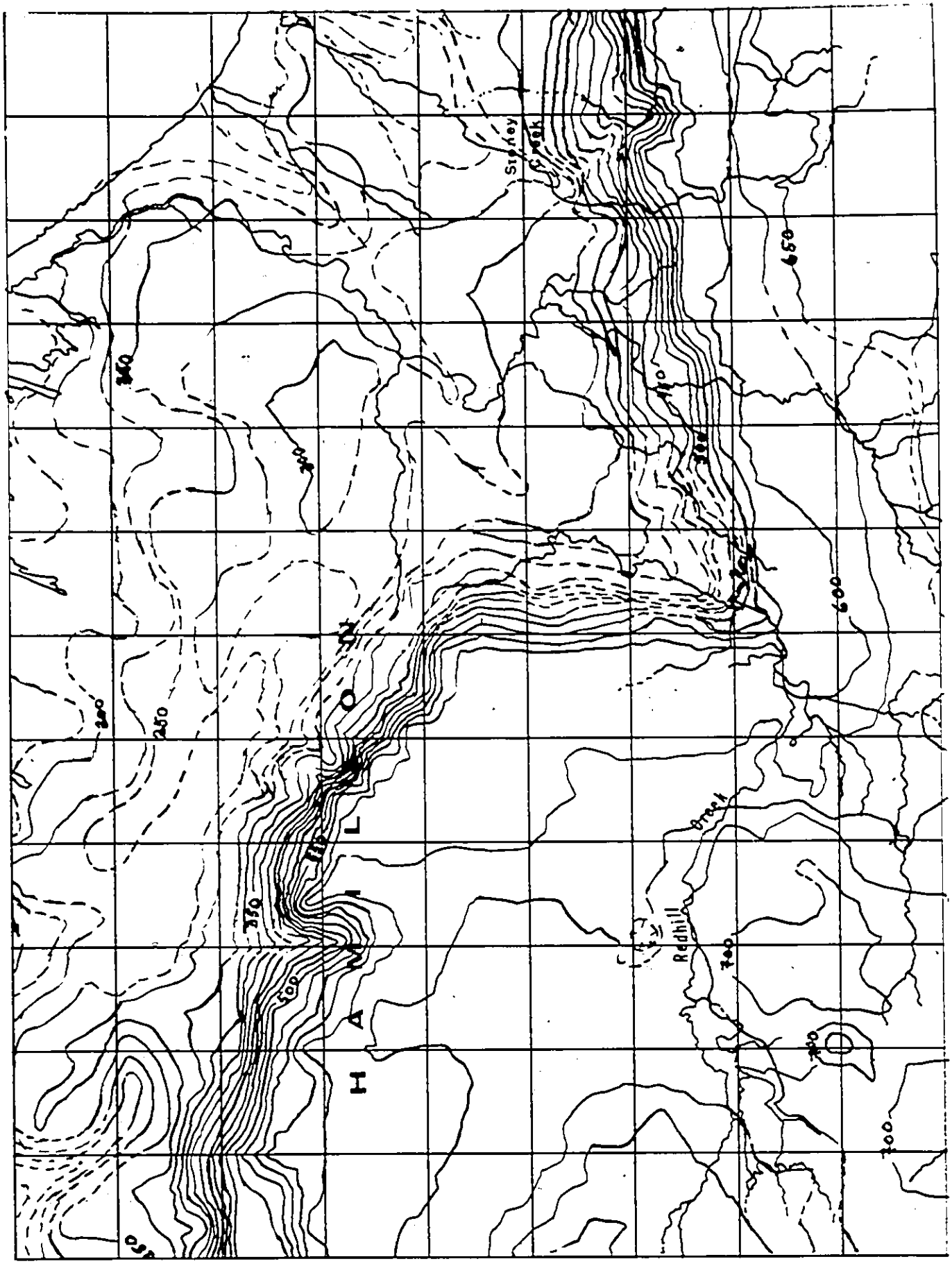

Stokey Creek
Redhill Brook
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
O
L
A
H

Figure 7-29

Figure 7-30

Carte de la topographie de la roche en place telle que tracée selon l'algorithme d'interpolation utilisé par l'ordinateur.

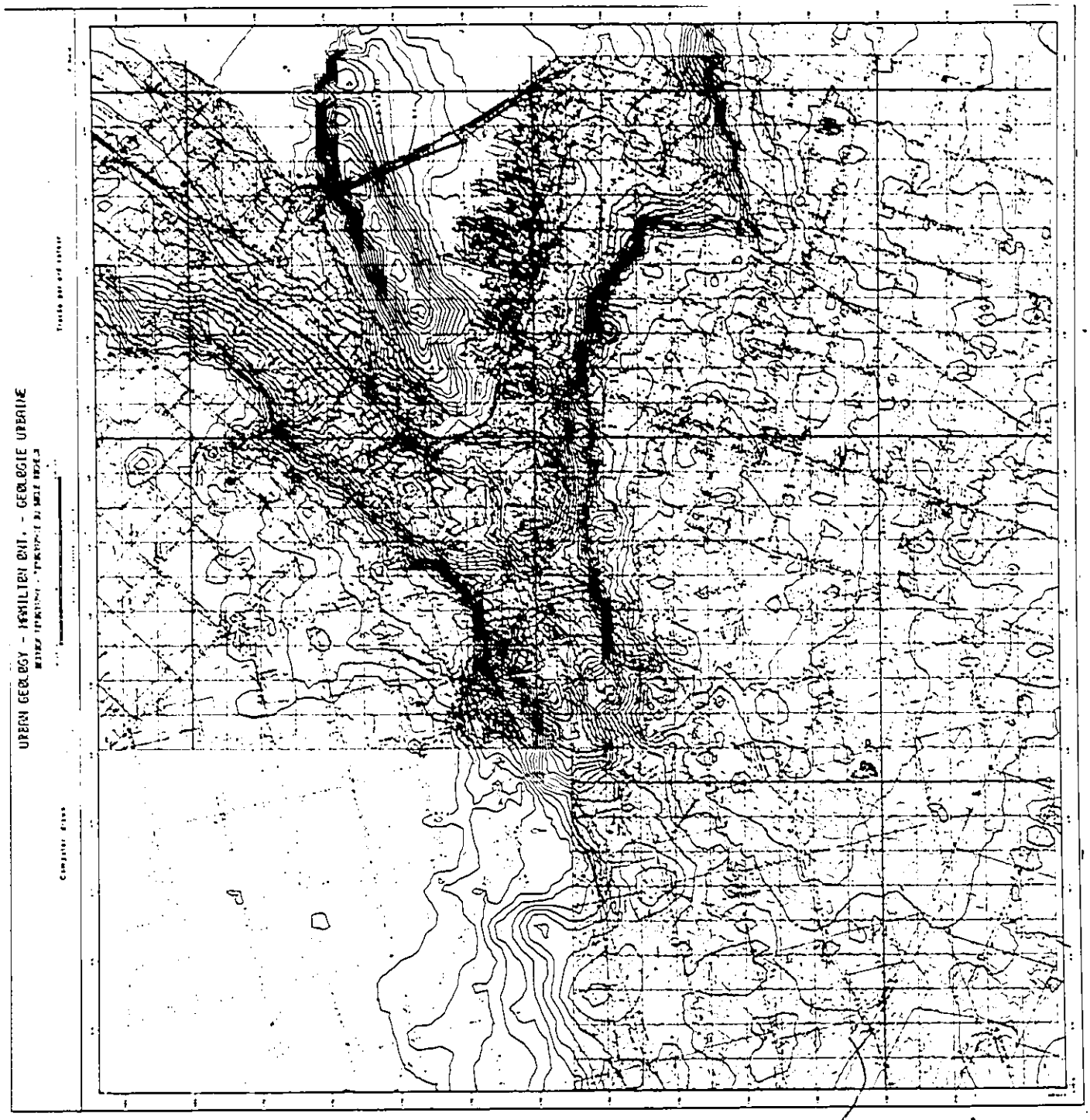


Figure 7-30

POOR COPY.

des corrections est mieux appréciée en comparant les figures 7-28 et 7-30.

Une remarque s'impose: dans la figure 7-30, le manque de points de contrôle dans la vallée de Dundas, vallée en grande partie ensevelie (rentrant de la baie de Burlington), a provoqué l'exécution de courbes erronées par l'ordinateur.

En se basant sur les critères de continuité mathématique entre les points de contrôle, cette carte (voir figure 7-28) représente probablement la meilleure interprétation possible des données, compte tenu du nombre de points de contrôle disponibles.

L'inclusion des points de contrôle sur le document réalisé par l'ordinateur permet de mieux estimer l'exactitude des courbes tracées. Il est possible, alors, d'apprécier directement la densité des points de contrôle ayant permis de calculer la position de la courbe de niveau.

7-2-5-2: Exemple 2.

Titre de la carte: Puissance des dépôts meubles (voir figures 7-31, 7-32 et 7-33).

Echelle de la carte à l'origine: 1:50 000.

La puissance des dépôts meubles considère seulement les épaisseurs de matériel meuble. La surface topographique constitue le plan de référence.

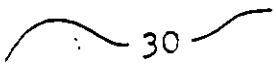
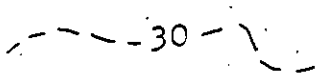
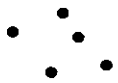
Le document tracé par ordinateur se base sur 8376 points de contrôle atteignant la roche en place (voir figure 7-31). De plus, plusieurs milliers de sondages n'atteignant pas la roche en place sont utilisés pour corriger ce document.

Dans sa version corrigée, les courbes isométriques de la vallée de Dundas sont éliminées à cause du manque de points de contrôle pour les tracer adéquatement. Les courbes tracées selon l'algorithme d'interpolation sont erronées car l'ordinateur interpole des points situés de chaque côté de la vallée "ignorant" ainsi l'existence de cette dépression enfouie. Ici encore, la connaissance du terrain et l'information additionnelle fournie par les sondages n'atteignant pas la roche en place et ignorés par l'algorithme d'interpolation, permettent de modifier

Figure 7-31

Cette carte de la puissance des dépôts meubles résulte de la correction "manuelle" d'un document tracé selon un algorithme d'interpolation par l'ordinateur. Cette carte couvre la totalité de la région étudiée.

Légende

Symboles	Interprétation
	Courbe isométrique tracée par l'ordinateur et indiquant l'épaisseur des dépôts meubles.
	Courbe isométrique indiquant l'épaisseur des dépôts meubles, modifiée de façon conventionnelle.
	Points de contrôle selon lesquels les courbes isométriques sont calculées par l'algorithme d'interpolation.
	Affleurement rocheux (roche en place).
▽ 275	Epaisseur des dépôts meubles, pour les sondages atteignant la roche en place dans la vallée de Dundas.
+ 200	Epaisseur des dépôts meubles, pour les sondages n'atteignant pas la roche en place dans la vallée de Dundas.

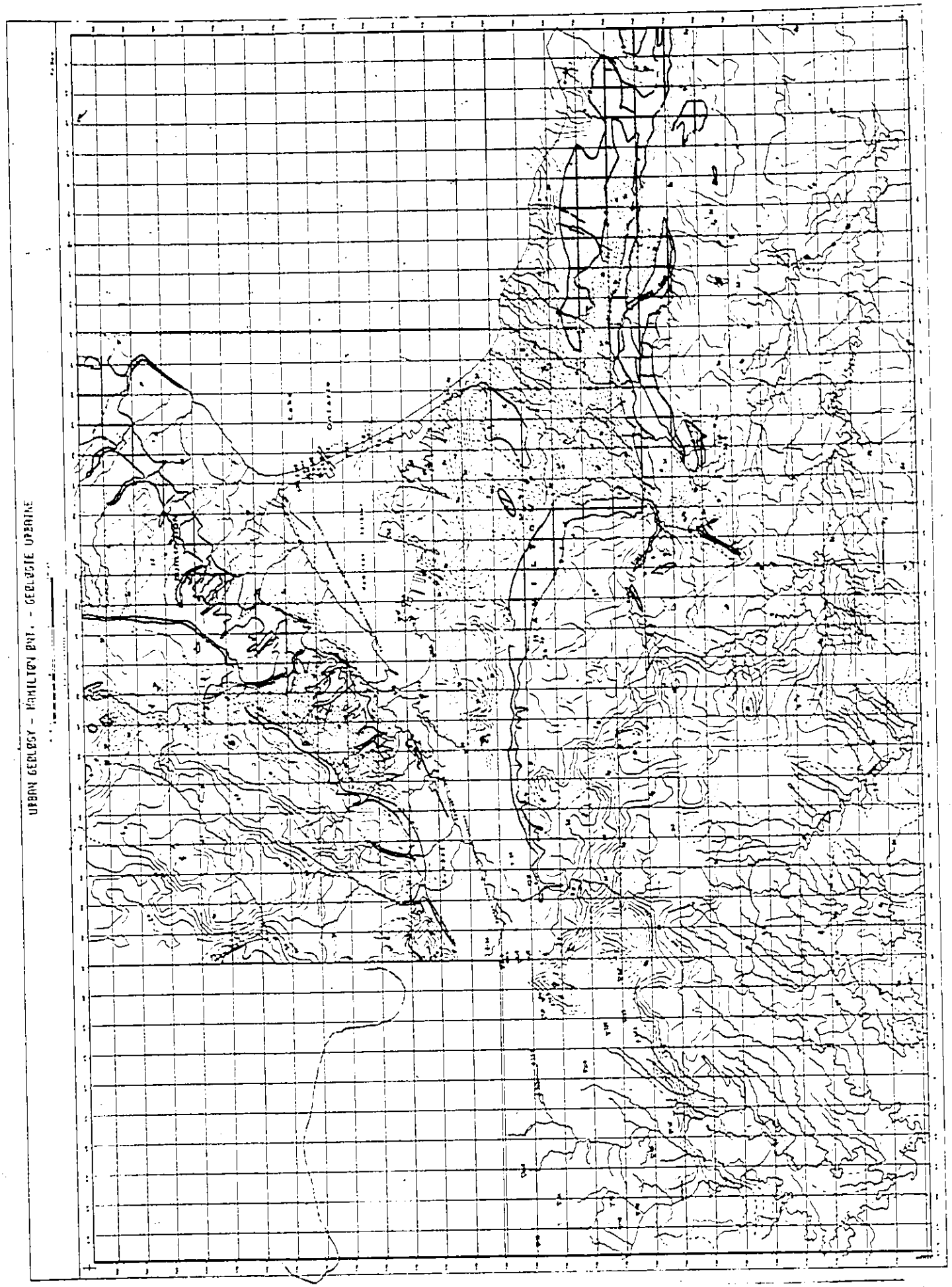


Figure 7-31

POOR COPY.

Figure 7-32

Agrandissement d'une partie de la carte de la puissance des dépôts meubles.

(Pour la légende voir la figure 7-31).

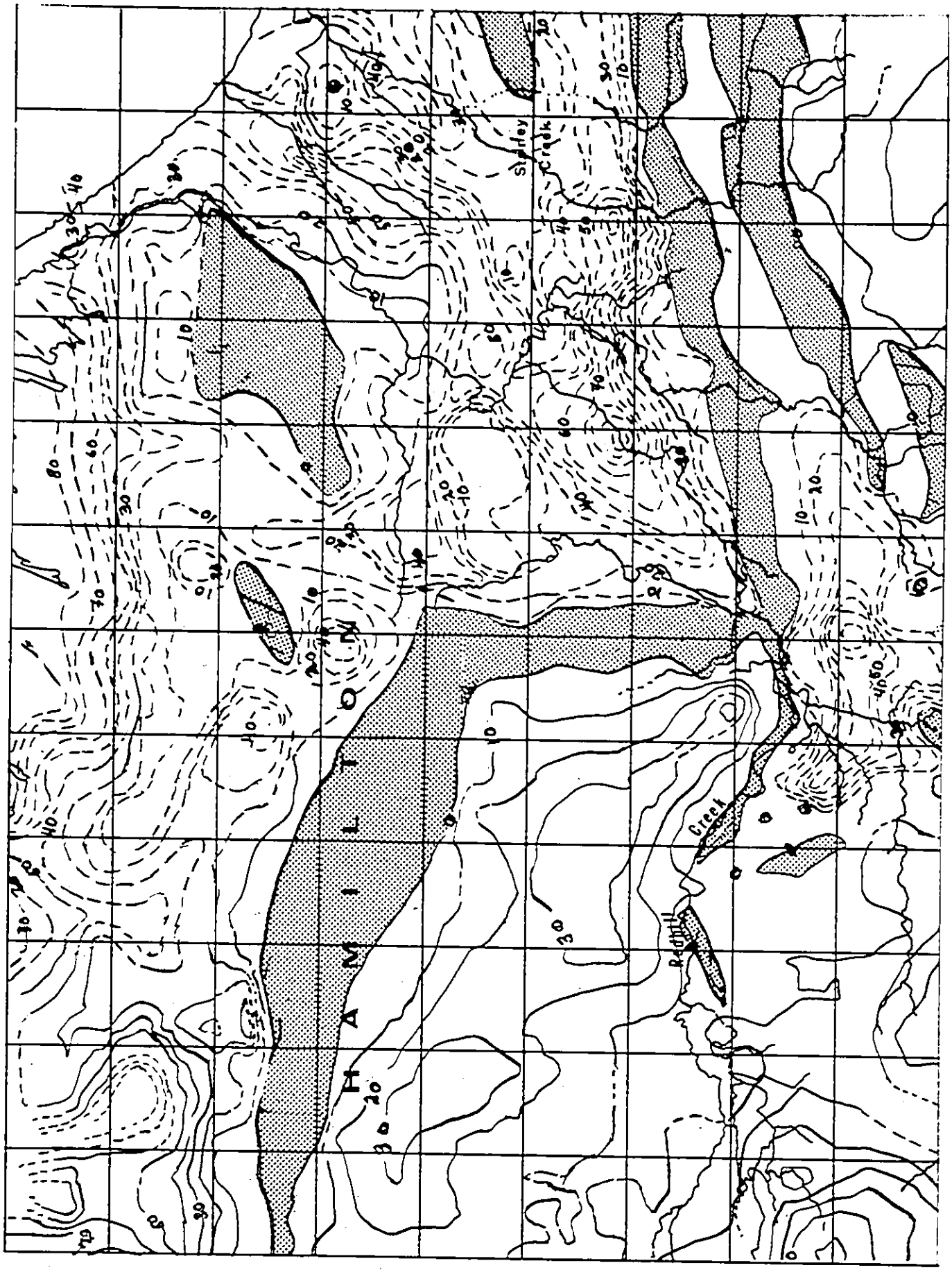


Figure 7-32

Figure 7-33

Carte de la puissance des dépôts meubles telle que tracée selon l'algorithme d'interpolation utilisé par l'ordinateur.

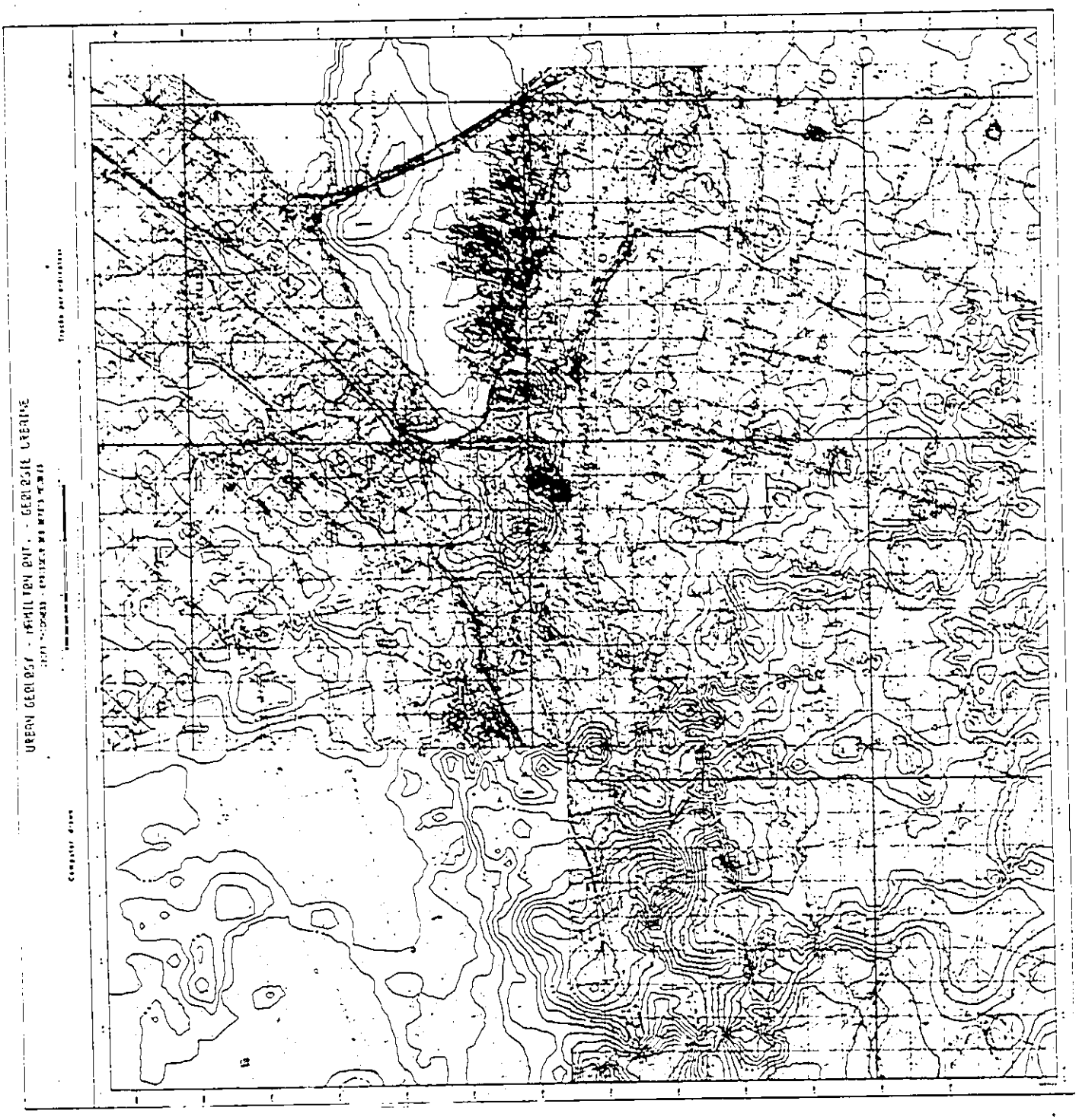


Figure 7-33

POOR COPY.

les courbes isométriques et corriger, en partie, la rigueur mathématique de cet algorithme.

La localisation des points de contrôle sur le document tracé par l'ordinateur (voir figure 7-33) permet d'évaluer l'exactitude du tracé de la courbe isométrique. En effet, plus la densité des points de contrôle servant à calculer la position de la courbe isométrique sera élevée, plus le tracé de cette courbe se rapprochera de la réalité.

Chapitre 8

CARTES DE PARAMETRES DERIVES (SERIE: II)

8-1: Introduction.

Un inventaire de tous les paramètres dérivés des données géoscientifiques de la banque de Hamilton est discuté au chapitre 6. De plus, l'annexe III présente le programme d'ordinateur documenté, utilisé pour calculer les dérivations disponibles dans la banque de données.

Dans ce chapitre, quelques exemples concrets de récupérations cartographiques de paramètres dérivés illustrent les possibilités de la banque de données.

Il est à noter que pour les trois (3) cartes expérimentales, les récupérations ont été réalisées à l'échelle du 1:25 000 et limitées à la carte SNRC 30 M/4f. Cette carte représente 1/6 de la région étudiée et possiblement, une zone appelée à s'urbaniser dans un futur rapproché. L'échelle du 1:25 000 se prête bien à la mise en carte de paramètres dérivés car elle permet de présenter une vue d'ensemble en évitant de donner l'impression de connaissances très détaillées.

Le programme évitant les surimpressions (voir chapitre 6) est utilisé dans les trois récupérations de la série II (voir tableau 8-1).

Tableau S-1

Nombre de feuillets réalisés pour chacune des cartes de la série II, (cartes de paramètres dérivés).

- Titre de la carte -	- Nombre de feuillets -
CBR saturé (dérivation)	3
Rapport de compression (dérivation)	3
Résistance au cisaillement (évaluation)	3

Uniquement le premier feuillet de chaque carte sera reproduit pour les fins de cette thèse. De plus, un agrandissement d'une partie du premier feuillet accompagne la reproduction réduite de tout le feuillet. Cet agrandissement permet de mieux lire les détails de la carte.

8-2: Description des trois (3) catégories de documents géotechniques de la série II.

8-2-1: Dérivation d'un paramètre selon une formule unique.

La dérivation, dans sa plus simple expression consiste à trouver une approximation d'un paramètre géotechnique à partir de résultats d'analyses comprises dans la banque de données. Bien que la formule de dérivation donne des valeurs précises, il ne faudrait pas perdre de vue le fait que toute dérivation n'est qu'un substitut pour une mesure spécifique. Une valeur dérivée n'est donc qu'une approximation qui ne devrait être cartographiée qu'à l'intérieur d'une classe (ordre de grandeur) de sorte que la carte ne donne que des fourchettes de valeurs.

8-2-1-1: Exemple.

Titre de la carte: CBR saturé (dérivation) - (voir figures 8-1 et 8-2).

Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - 30M/4f.

Ce document présente la valeur du "California Bearing Ratio" (CBR) telle que calculée selon les formules de dérivation de Black (1962) et à partir de l'information

Figure 8-1

Carte du CBR saturé (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Code chromatique	Fourchette de profondeurs
Rouge	0-5 pieds (0-1,53 mètre) sous la surface.
Jaune	5-10 pieds (1,53-3,05 mètres) sous la surface.
Bleu	10-20 pieds (3,05-6,10 mètres) sous la surface.

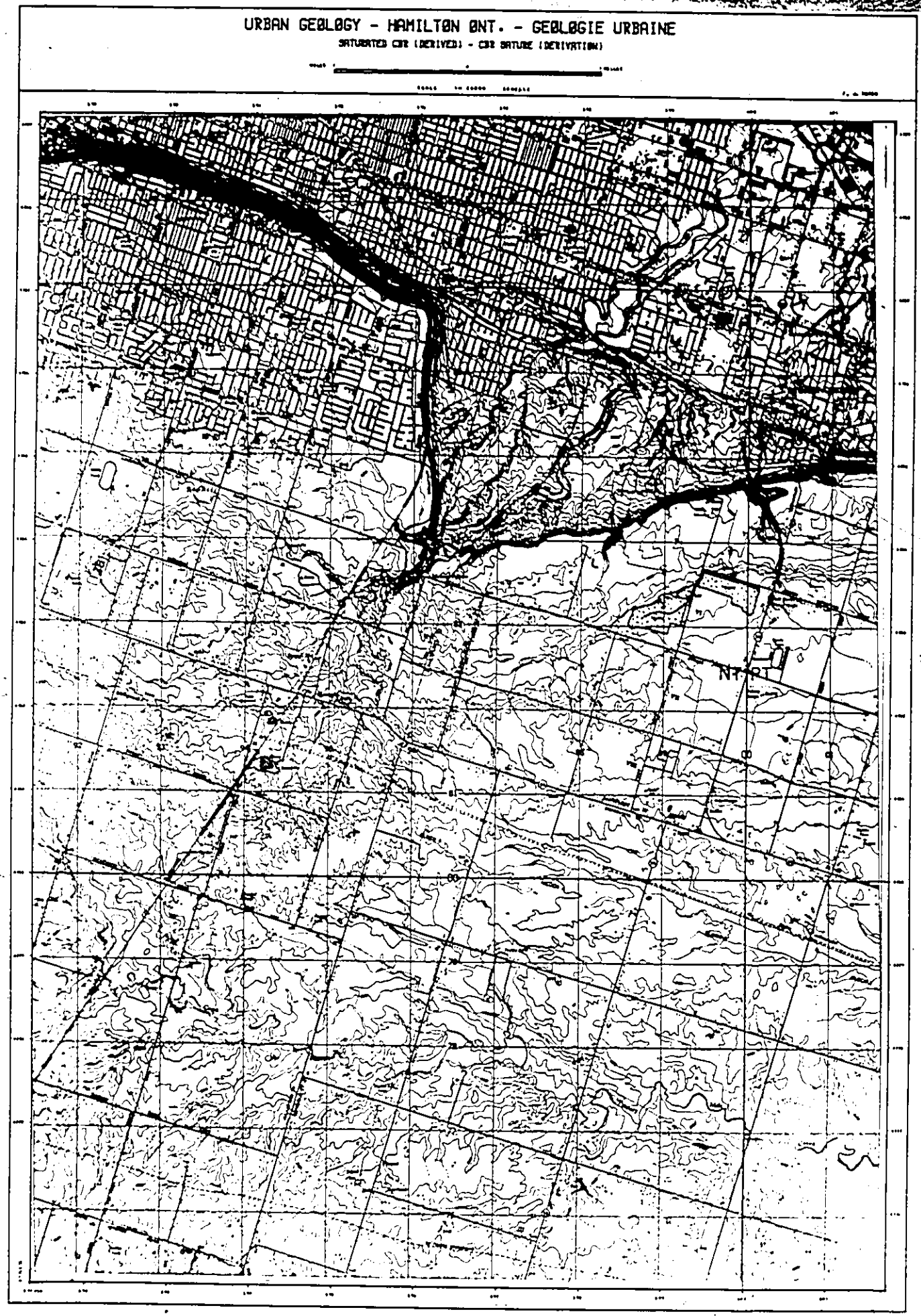


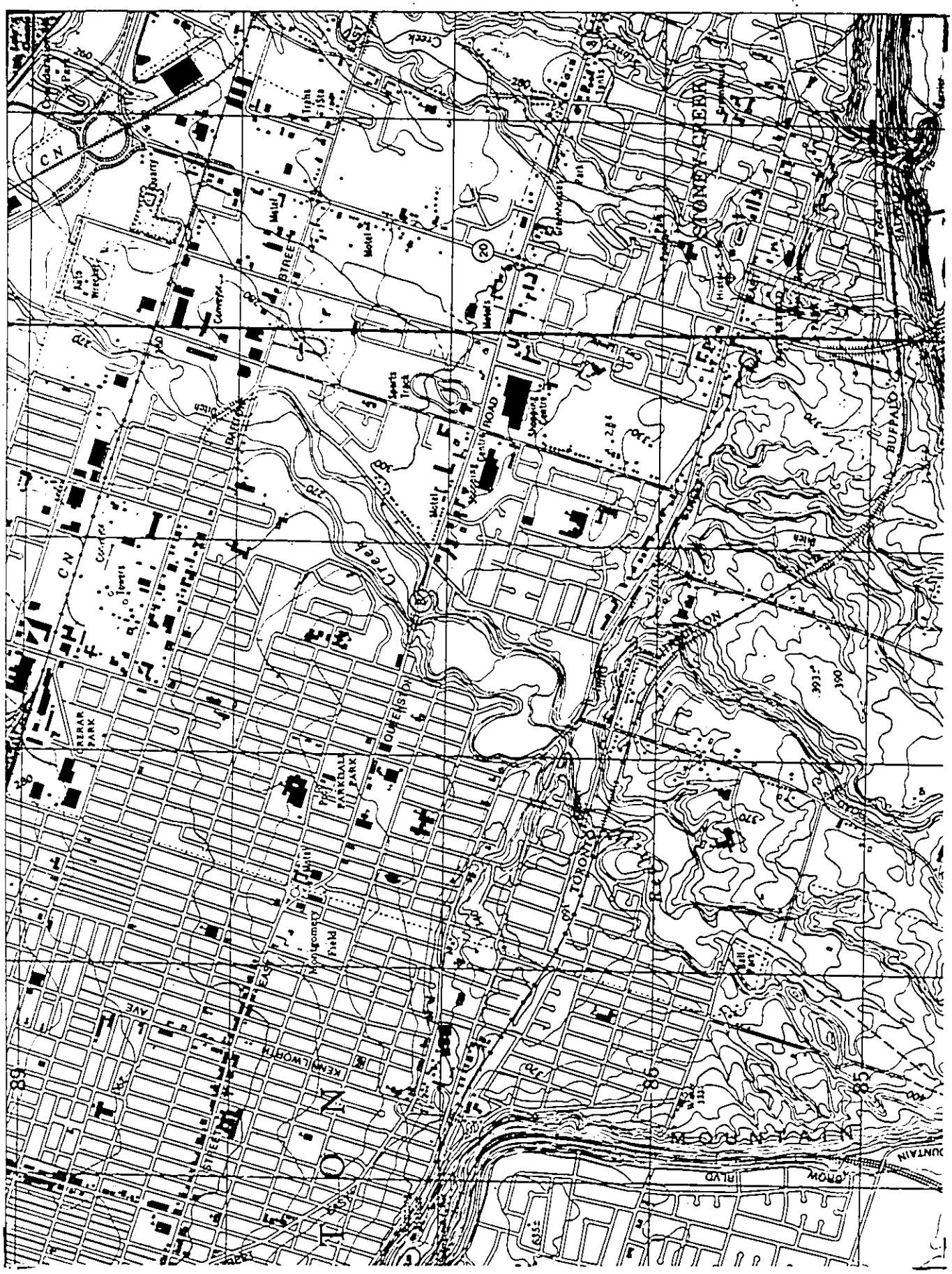
Figure 8-1

POOR COPY

Figure 8-2

Agrandissement d'une partie du
premier feuillet de la carte
du CBR saturé.

(Pour la légende voir la figure 8-1).


CN
CN
STONEY CREEK
BUFFALO
Creek
Creek
Motel
Motel
Motel

déposée dans la banque de données géoscientifiques de Hamilton. Seulement les vingt (20) premiers pieds sous la surface sont considérés, et, à l'intérieur de cet intervalle, uniquement la plus petite valeur du CBR (la plus défavorable) est retenue. La couleur exprime, dans ce document, la dimension profondeur selon une fourchette de valeurs (voir la légende de la figure 8-1). Le centre du premier chiffre de la valeur du CBR cartographiée indique la localisation du sondage considéré.

Black (1962) présente souvent ses dérivations sous forme de courbes. Il a fallu calculer les formules de ces courbes pour que l'ordinateur puisse calculer directement la dérivation du CBR saturé. Cette adaptation de la dérivation n'est pas sensiblement différente de la dérivation selon les graphiques de Black. Après avoir comparé les valeurs du CBR saturé selon les deux méthodes, il ressort que l'erreur s'inscrit à l'intérieur de l'erreur admise dans les mesures provenant des analyses utilisées pour dériver ce paramètre (limite de liquidité, limite de plasticité et teneur en eau naturelle).

8-2-2: Dérivation d'un indice servant à calculer un paramètre.

Il est parfois impossible de calculer la valeur d'un paramètre car les données nécessaires ne se trouvent pas dans la banque. Toutefois, il est possible que l'utilisateur puisse fournir de l'information qui, en s'ajoutant aux données de la banque, permettra de calculer une valeur dérivée. Par mesure de prudence, l'indice le plus défavorable d'un site sera cartographié. A partir de cet indice, l'utilisateur pourra calculer, moyennant l'addition de l'information dont il dispose, la valeur approximative d'un paramètre déterminé. Cette façon de procéder informe l'utilisateur de la nature du problème qu'il devra préciser par des études plus détaillées.

8-2-2-1: Exemple:

Titre de la carte: Rapport de compression (dérivation) - (voir figures 8-3 et 8-4).

Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - 30M/4f.

Les données de ce document peuvent servir à calculer la valeur approximative des tassements possibles d'un sol sous une charge. Ce rapport de compression provient d'une dérivation proposée par Fadum (1941) et reprise par

Figure 8-3

Carte du rapport de compression (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Code chromatique	Fourchette de profondeurs
Rouge	0-5 pieds (0-1,53 mètre) sous la surface.
Jaune	5-10 pieds (1,53-3,05 mètres) sous la surface.
Bleu	10-15 pieds (3,05-4,58 mètres) sous la surface.
Noir	15-20 pieds (4,58-6,10 mètres) sous la surface.
Brun	20-30 pieds (6,10-9,15 mètres) sous la surface.
	30 pieds (9,15 mètres) et plus: données non disponibles.

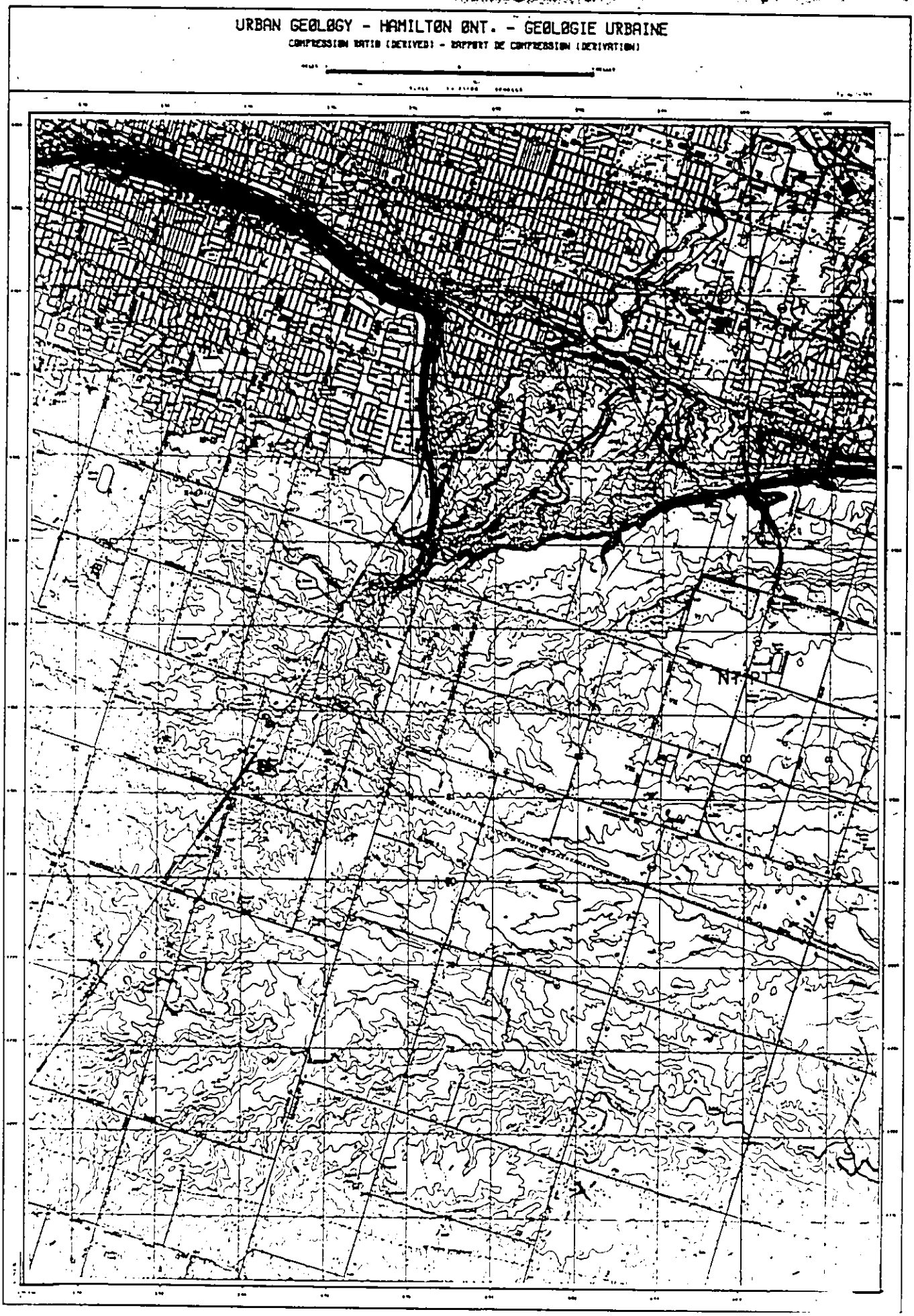


Figure 8-3 .

POOR COPY

Figure 8-4

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte du rapport de compression.

(Pour la légende voir la figure 8-3).

Figure 8-4

POOR COPY.

Terzaghi et Peck (1967, p. 354). Le rapport de compression est dérivé à partir de l'information compilée dans la banque de données pour la zone couverte par la carte SNRC 30M/4f (1:25 000). Uniquement la plus grande valeur du rapport de compression, permise par la dérivation de Fadum (maximum de 0.300) sera retenue pour chaque forage dans un dépôt argileux. Des valeurs supérieures à ce maximum de 0.300 ne peuvent être dérivées. Il appert que Fadum n'a pas étudié les très grands tassements. Des tassements plus grands que ceux prévus par la dérivation utilisée demeurent possibles et ne peuvent être considérés dans ce document.

Voici la formule de dérivation du rapport de compression utilisée:

$$\frac{Cc}{1 + e^{o}} = 0.005 + (0.005 \times MC)$$

Cc = L'indice de compression.

e^{o} = L'indice des vides (moyen).

MC = Teneur en eau naturelle.

Pour calculer les tassements: voici la formule tirée de Terzaghi et Peck (1967, p. 72).

$$S = H \times \frac{Cc}{1 + e^{o}} \times \text{Log}_{10} \frac{po + \Delta p}{po}$$

S = Tassements.

H = Epaisseur des couches d'argiles.

po = Pression des couches supérieures.

Δp = Pression additionnelle de l'aménagement projeté.

Pour estimer les tassements possibles l'utilisateur doit connaître la charge additionnelle de son projet d'aménagement (Δp). Il peut facilement trouver l'épaisseur des couches d'argiles (H) en consultant soit le fichier de la banque de données ou la carte de la: Puissance des formations du Quaternaire. Il peut, enfin, estimer adéquatement le poids des couches supérieures au niveau pour lequel il calcule les tassements soit en se référant à la moyenne statistique du poids spécifique de l'agrégat pour chaque formation identifiée (voir l'annexe I), ou encore en utilisant la mesure du poids spécifique de l'agrégat si elle est disponible pour les horizons considérés.

8-2-3: Dérivation d'un paramètre selon plusieurs formules.

Dans certains cas il existe plusieurs formules de dérivation pour estimer la valeur d'un même paramètre. S'il s'agit de formules utilisant les mêmes mesures de base, l'expérience préalable a déjà identifié celle qui évalue le mieux le paramètre recherché. Dans d'autres cas, un paramètre peut être dérivé selon des données de base différentes. Seule une longue expérience ou de nombreuses études comparant les différents résultats peuvent déterminer quelle formule est plus appropriée. Généralement, cependant, le choix de la formule est déterminé par la valeur des données de base disponibles. De toute évidence, quelle que soit la formule utilisée, la valeur dérivée ne peut être considérée que comme une évaluation approximative.

Une cartographie selon une fourchette de valeurs est bien adaptée à la représentation graphique de ce type de données. Les classes ainsi définies donnent une idée des ordres de grandeur sans suggérer une précision injustifiée.

Si l'utilisateur insiste sur la récupération de la valeur dérivée elle-même, il est suggéré que l'origine de l'évaluation soit aussi récupérée. Cette information est disponible dans la banque de données géoscientifiques de Hamilton.

8-2-3-1: Exemple.

Titre de la carte: Résistance au cisaillement (évaluation) (voir figures 8-5 et 8-6).
Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - 30M/4f

Ce document présente les principaux ordres de grandeurs de la résistance au cisaillement provenant soit de mesures directes (analyses en laboratoire ou sur le terrain avec un scissomètre de poche - type "Torvane"), soit de différentes formules de dérivation. Les données se situent à l'intérieur de la carte SNRC 30M/4f (1:25 000).

L'utilisation d'une fourchette de valeurs de résistance au cisaillement, au lieu de la mesure dérivée elle-même, souligne le caractère approximatif et interprétatif que revêt ce paramètre ainsi que l'inégalité dans la qualité des valeurs utilisées (voir la légende de la figure 8-5).

Figure 8-5

Carte de la résistance au cisaillement (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f de la région étudiée.

Légende

Symboles	Fourchette de profondeurs
0	0-5 pieds (0-1,53 mètre) sous la surface.
1	5-10 pieds (1,53-3,05 mètres) sous la surface.
2	10-15 pieds (3,05-4,58 mètres) sous la surface.
3	15-20 pieds (4,58-6,10 mètres) sous la surface.
4	20-25 pieds (6,10-7,63 mètres) sous la surface.
5	25-30 pieds (7,63-9,15 mètres) sous la surface.
6	30-35 pieds (9,15-10,68 mètres) sous la surface.
7	35-40 pieds (10,68-12,20 mètres) sous la surface.
+	Plus de 40 pieds (12,20 mètres) sous la surface.

(figure 8-5 suite)

Code chromatique	Résistance au cisaillement
Rouge	Moins de 500 lbs/pi.^{2} (2 440 kg/m.^{2}).
Brun	500-1 000 lbs/pi.^{2} (2 440-4 880 kg/m.^{2}).
Bleu	1 000-2 000 lbs/pi.^{2} (4 880-9 765 kg/m.^{2}).
Noir	2 000-4 000 lbs/pi.^{2} (9 765-19 530 kg/m.^{2}).
Jaune	Plus de 4 000 lbs/pi.^{2} (19 530 kg/m.^{2}).

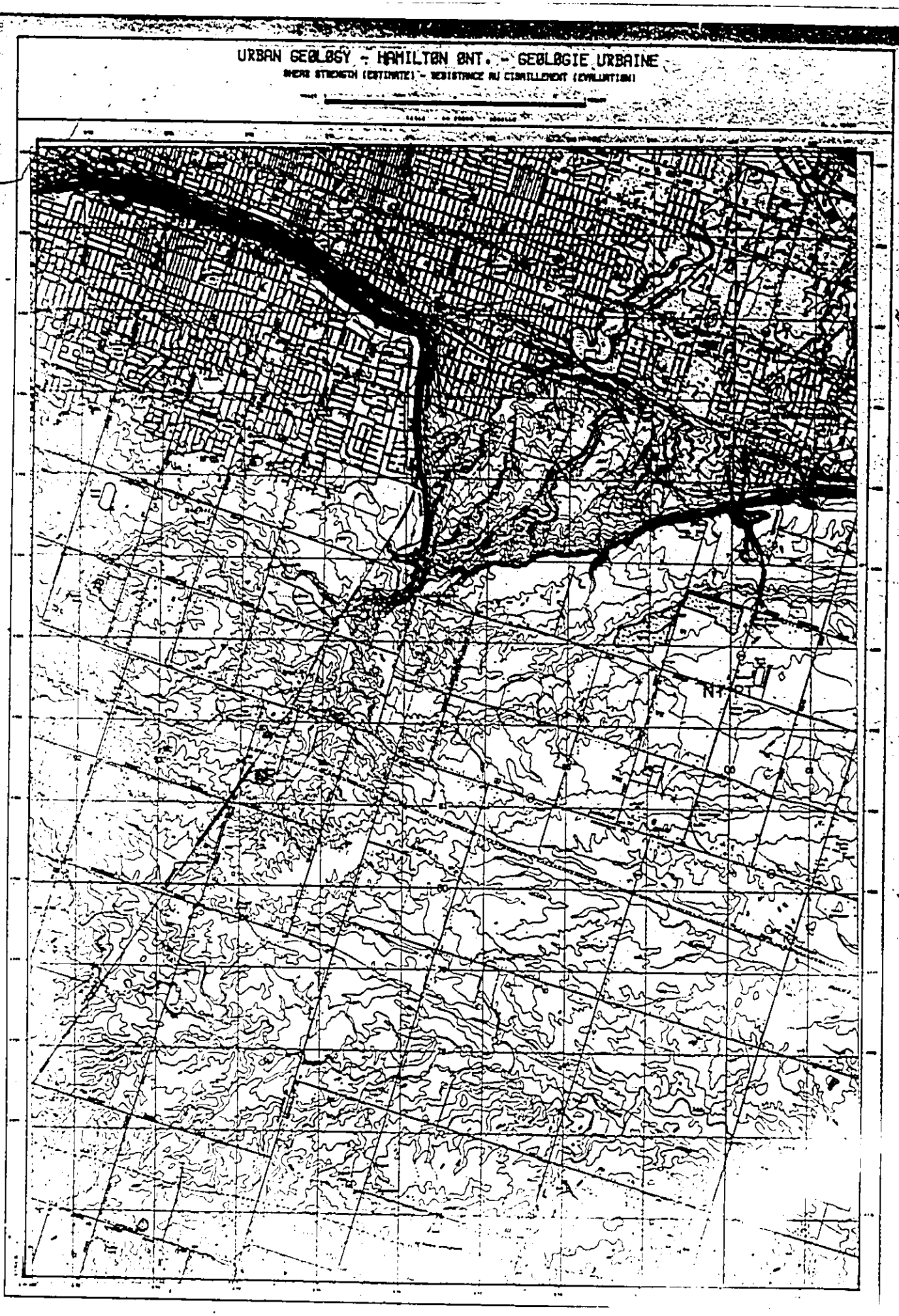


Figure 8-5

POOR COPY.

Figure 8-6

Agrandissement d'une partie
du premier feuillet de la carte
de la résistance au cisaillement.

(Pour la légende voir la figure 8-5).

C N
C N
Metal
Metal
Metal
Tanks
Quarry
Cemetery
Cemetery
Towers
Towers
Shopping Centre
Shopping Centre
POND
STREET
SOUTH CREEK
BUFFALO
Creek
QUEENSTON
TORONTO
MOUNTAIN
MOUNTAIN
BLVD
DRIVE
GERAR PARK
FAIRDALE PARK
Memorial Park
Memorial Park
Field
Field
KEMP
LAWSON
AVE
HAMILTON
86
85
85
88
88
370
370
370

Le tableau 8-2 présente les principales dérivations utilisées pour trouver une valeur approximative de la résistance au cisaillement. Ces formules sont données par ordre de préférence. (Voir aussi l'annexe III).

Tableau 8-2

Principales formules de dérivation de la résistance au cisaillement utilisées. (Par ordre de préférence).

1) Estimation statistique de la résistance au cisaillement (non-drainée) selon une mesure au pénétrometre (Soiltest CL-700):

   - Pour les argiles lacustres (région de Hamilton).
     Shear strength = (PREAD - 1.35135) /0.00074
   - Pour les tills très argileux (Halton - région de Hamilton).
     Shear strength = (PREAD - 0.99312) /0.00058

2) Estimation de la résistance au cisaillement (non-drainée) selon une mesure du pénétrometre (Soiltest CL-700):

   Shear strength = (PREAD x 2 000) /2

3) Estimation de la résistance au cisaillement (non-drainée) selon une mesure de compression simple (en laboratoire):

   $$\text{Shear strength} = \frac{\text{UNCMP}}{2}$$

Shear strength = Résistance au cisaillement (non-drainée).

PREAD = Lecture de pénétrometre (Soiltest CL-700).

UNCMP = Compression simple (mesure standard en laboratoire).

Chapitre 9

CARTES GEOTECHNIQUES DE SYNTHESE, DEUXIEME GENRE (SERIE: III).

9-1: Optique de la synthèse.

La contribution la plus originale de cette thèse est dans les méthodes d'exploitation d'une banque de données géoscientifiques en vue de la production de cartes thématiques ou de synthèse. La réalisation de documents d'information spatiale thématique à partir de données de sites spécifiques est donc le but ultime de la démarche proposée. Ce chapitre présente les modalités d'évaluation d'une carte synthèse réalisée par l'utilisateur lui-même.

L'aboutissement logique de l'exploitation d'une banque de données réside dans l'accès et dans la récupération de l'information par l'utilisateur lui-même. A l'aide d'un système intégré de récupération cartographique, il est possible et même souhaitable que l'utilisateur de données géoscientifiques fasse lui-même les récupérations selon les spécifications et les manipulations de données qu'il aura choisi de faire.

Pour démontrer la méthode, il importe de spécifier deux (2) postulats:

1) Que le système intégré de récupération cartographique de données géoscientifiques existe.

2) Que l'auteur est un utilisateur de données géoscientifiques pour un projet spécifique.

Le premier postulat est discuté en détail dans le chapitre 6. Le deuxième postulat sera satisfait par l'élaboration d'un projet d'aménagement hypothétique. Les paramètres qui semblent pertinents à ce projet hypothétique ont été pondérés selon les conseils de spécialistes dans le domaine. Toutefois, il importe de souligner que l'exemple, en lui-même, a peu d'importance et que seul l'illustration de la méthode importe. Il est fort probable que dans la réalité, la pondération des facteurs serait très différente de l'exemple utilisé ici, mais cela importe peu puisque la méthode demeure la même.

Les pondérations réalisées pour les documents de ce chapitre sont néanmoins raisonnables et se situent dans un ordre de grandeur plausible.

9-2: Spécifications du projet hypothétique.

L'auteur a choisi, comme projet d'aménagement hypothétique, la construction d'un immeuble à logements de vingt (20) étages. L'immeuble doit posséder trois (3) niveaux de stationnement souterrain. Les fondations sont d'une profondeur de dix (10) mètres (30 pieds) et mesurent cinquante (50) mètres (150 pieds) par cinquante (50) mètres (150 pieds) de côté à la base.

De la liste des paramètres géoscientifiques pertinents disponibles dans la banque de données, l'auteur a retenu les suivants:

- La profondeur de la roche en place sous la surface.
- L'élévation de la nappe phréatique.
- La composition du sol (argiles, sables, matériel organique, etc...).
- La perméabilité du sol.
- La résistance au cisaillement ou la résistance à la pénétration.

Ces récupérations étant expérimentales, la zone considérée fut limitée à la carte 30 M/4f (échelle 1:25 000). Cette carte couvre le sixième de toute la région étudiée et fut utilisée comme base topographique pour les cartes de la série II (voir le chapitre 8) et pour la carte synthèse premier genre (voir le chapitre 7). La région choisie représente une partie de la zone périphérique de Hamilton appelée logiquement à s'urbaniser dans un avenir prochain.

Le programme évitant la surimpression des données, discuté au chapitre 6, a été utilisé pour chacun des documents cartographiés de la série III. Le tableau 9-1, donne la liste des cartes de la série III et le nombre de feuillets réalisés pour éviter les surimpressions.

Tableau 9-1

Nombre de feuillets réalisés pour chacune des cartes de la série III, (cartes de synthèse géotechniques - 2ième genre).

- Titre de la carte -	- Nombre de feuillets -
Première évaluation de sites	3
Carte synthèse pondérée sur 10	3
Coûts additionnels (verge cube)	3

9-3: Description des trois (3) catégories de documents de synthèse deuxième genre. (Série III).

Trois (3) types de récupération correspondant à des niveaux de traitement de données de plus en plus sophistiqués illustrent la complexité et le degré de raffinement du système proposé:

1) Evaluation générale des sites.

2) Pondération des valeurs des paramètres.

3) Pondération des paramètres entre eux.

Chaque type de récupération correspond à une programmation plus complexe et produit un document traduisant de mieux en mieux et plus spécifiquement les limites et les pondérations déterminées par l'utilisateur.

9-3-1: Evaluation générale des sites.

Avant de fixer son choix sur un site particulier, l'utilisateur peut désirer étudier les possibilités de tous les sites possibles d'une région. Comme il s'agit de manipuler d'énormes quantités de données, il

est préférable de simplifier le plus possible l'étape de la manipulation comme celle de la récupération.

En tenant compte des paramètres pertinents à son projet d'aménagement, l'utilisateur peut alors spécifier des limites sur les valeurs que peuvent prendre ces paramètres, et, établir à l'avance, les limites au-delà desquelles le site sera jugé comme: "acceptable", "possible" ou "à exclure". L'utilisateur peut, s'il le veut, comparer le nombre de paramètres "acceptables" et "possibles" avec le nombre des "à exclure" et décider comment il classera le site. Il peut aussi introduire un ordre de préférence des paramètres évalués. Ces paramètres décideront de l'évaluation finale du site. L'exemple utilisé porte sur la première option.

Il est toutefois possible d'imaginer que l'utilisateur décide d'invalider un site sur la foi de valeurs d'un ou plusieurs paramètres. Dans ce dernier cas, la présence ou l'absence de ces valeurs décident si le site sera rejeté ou retenu.

9-3-1-1: Exemple.

Titre de la carte: Première évaluation de sites (voir figures 9-1 et 9-2).
Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - 30 M/4f.

Ce document représente une première évaluation des possibilités géotechniques d'un site en vue du projet hypothétique élaboré plus haut. Il tente d'établir l'importance que peut avoir la valeur des paramètres géoscientifiques pertinents sur ce projet. Ce document ainsi que la pondération particulière des valeurs des paramètres servent surtout à illustrer ce type de récupération.

Critères de cartographie.

Pour chaque paramètre pertinent:

Le paramètre est considéré comme "acceptable" si sa valeur pondérée est en deça du tiers de la valeur pondérée pour la pire condition imaginable (10).

Exemple.

- Paramètre: profondeur de la roche en place.
- Pire condition: roche en place à la surface, valeur 10-(toute l'excavation doit se faire à la dynamite).

Figure 9-1

Carte de la première évaluation de sites (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30 M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Symboles	Interprétation
A (noir)	Site "Acceptable". La plupart (plus de 2 sur 4) des paramètres considérés ne posent pas de problèmes sérieux ("à exclure") à l'aménagement du site.
P (noir)	Aménagement "Possible". Certains paramètres considérés peuvent occasionner des problèmes dans la réalisation du projet. Mais pas plus de un paramètre pouvant causer des problèmes très sérieux ("à exclure") ne peut être présent.
X (noir)	Site "à exclure". Deux ou plus des paramètres sur quatre peuvent occasionner de très sérieux ("à exclure") problèmes à l'aménagement du site.
13320 (rouge)	Le numéro de forage cartographié en rouge indique l'absence d'un ou plusieurs des paramètres pertinents au projet considéré dans les données géoscientifiques compilées pour le site.

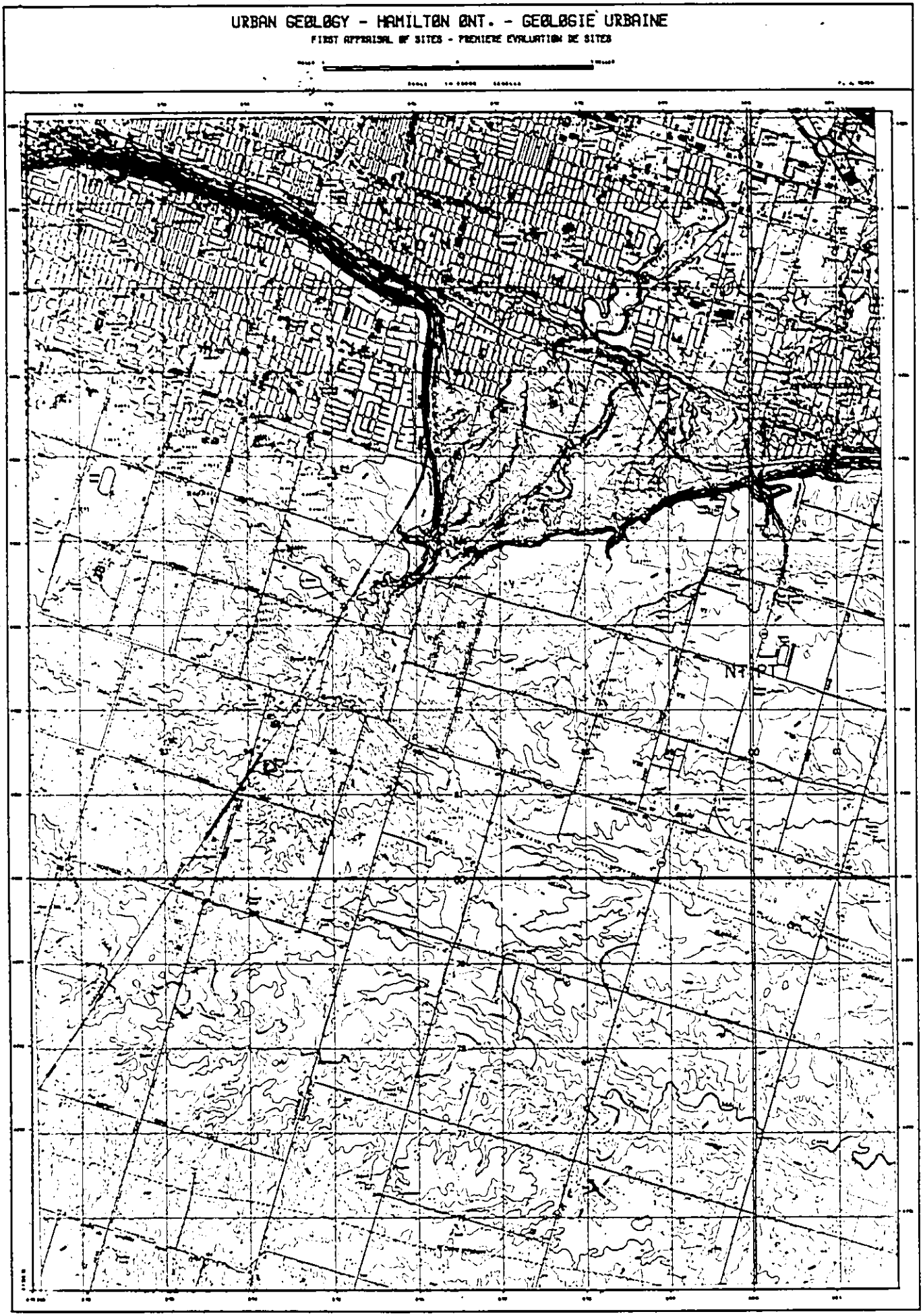


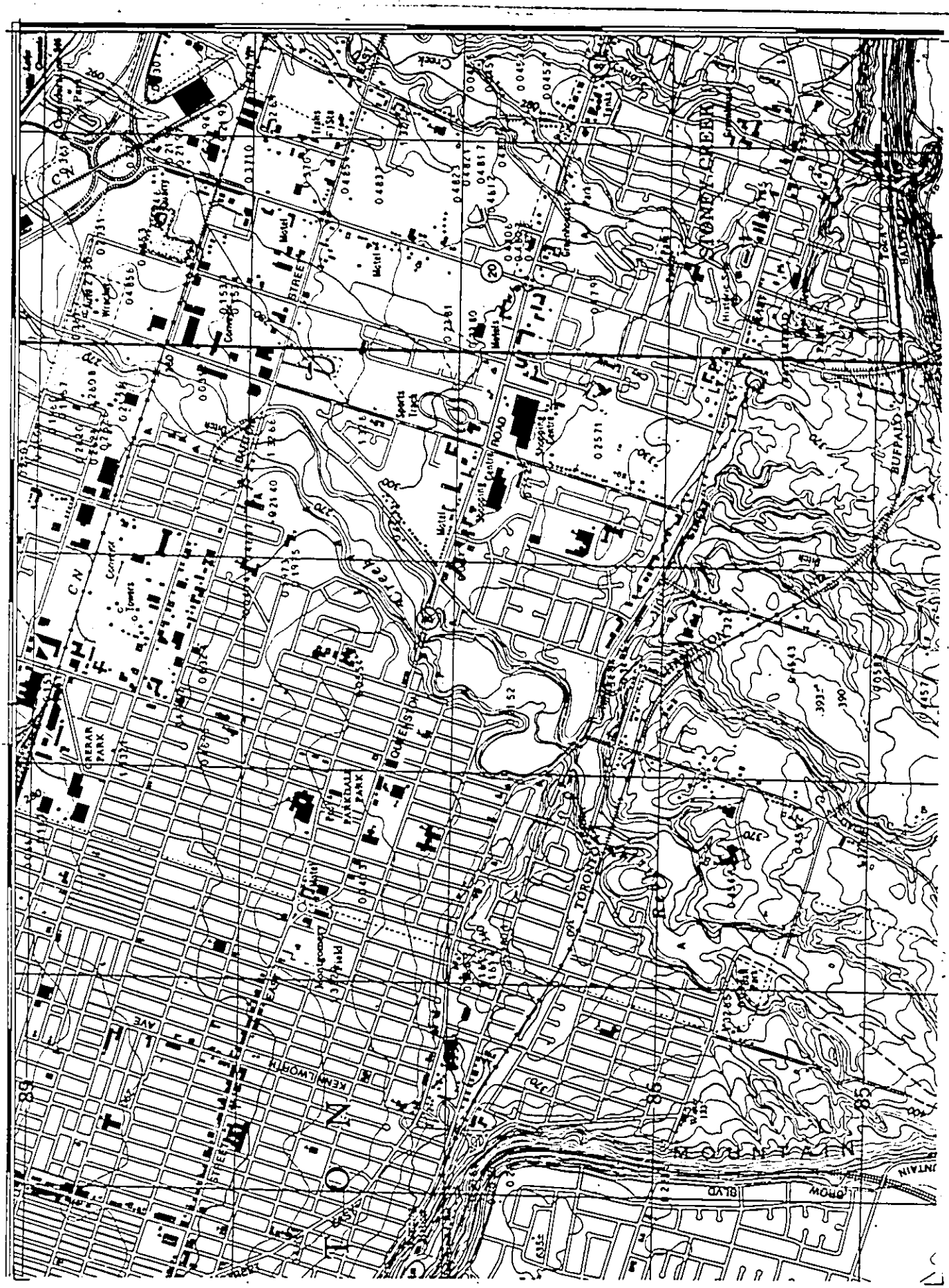
Figure 9-1

POOR COPY.

Figure 9-2

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte de la première évaluation de sites.

(Pour la légende voir la figure 9-1).


DON RIVER
BUFFALO
ROAD
DON VALLEY
PARKWAY
CN
TORONTO
MONTREAL
BLVD
AVE
STREET
KEELE
DUNDAS
CREDIT
CREEK
GRENAR
PARK
HERITAGE
HILL
PARK
Sports
Centre
Motel
Motels
Tower
Towers
Church
Cemetery
Golf
Course
Creek
Bridge
Tunnel
Lights
Winery
Camping
Trailer
Park
Hydro
Line
Pipe
Line
Pumping
Station
Power
Station
Substation
Transformer
Station
Gravel
Pit
Quarry
Sand
Pit
Marsh
Swamp
Orchard
Vineyard
Nursery
Garden
Farm
Dairy
Barn
Silo
Windmill
Stock
Yards
Fairground
Exhibition
Grounds
Racetrack
Golf
Course
Tennis
Court
Baseball
Diamond
Football
Field
Soccer
Field
Hockey
Rink
Curling
Rink
Swimming
Pool
Bowling
Green
Shuffleboard
Court
Lawn
Bowling
Green
Archery
Range
Rifle
Range
Trap
Shooting
Range
Skeet
Shooting
Range
Pistol
Range
Boat
Launching
Ramp
Boat
Livery
Marina
Yacht
Club
Canoe
Rental
Fishing
Camp
Hunting
Camp
Picnic
Area
Camping
Area
Trailer
Park
Summer
Resort
Ski
Jump
Ski
Tow
Toboggan
Slide
Skating

a) "Acceptable": valeur pondérée 3.3 ou moins. (Le paramètre sera "acceptable" si la roche en place se trouve à 6.6 mètres (20 pieds) ou plus sous la surface ou s'il n'y a pas plus de 3.3 mètres (10 pieds) de dynamitage.

b) "Possible": valeur pondérée de 3.3 à 6.6. (Le paramètre sera classé "possible" si la roche en place se situe entre 3.3 et 6.6 mètres (10 et 20 pieds) sous la surface, ou s'il n'y a pas plus de 6.6 mètres (20 pieds) et pas moins de 3.3 mètres (10 pieds) de dynamitage pour effectuer l'excavation).

c) "A exclure": valeur pondérée de plus de 6.6. (Le paramètre sera classé "à exclure" si la roche en place se trouve à moins de 3.3 mètres (10 pieds) sous la surface. Ceci veut dire que pour effectuer l'excavation il faudrait creuser de 6.6 à 10 mètres (20 à 30 pieds) dans le roc à l'aide de la dynamite.

Après la classification, quatre (4) paramètres sont jugés pertinents.

Les règles de mise en carte sont:

-- Si le nombre de paramètres classés "acceptables" dépasse deux (2), le site est considéré "acceptable".

- Si le nombre de paramètres classés "à exclure" est de deux ou plus, le site sera cartographié comme endroit à ne pas considérer pour le projet postulé. (Voir la légende de la figure 9-1).

La couleur attire ici l'attention sur les sites pour lesquels n'existent pas toutes les données géoscientifiques nécessaires pour en évaluer adéquatement les qualités géotechniques. L'utilisateur peut employer ce numéro pour récupérer du fichier, le dossier complet de ce site.

9-3-2: Pondération des valeurs des paramètres.

Il est peu probable que l'importance relative des paramètres entre eux soient d'importance égale ou que l'utilisateur désire une première évaluation des valeurs des paramètres sans s'inquiéter de l'importance de ces paramètres les uns par rapport aux autres. C'est pourquoi ce type de récupération devrait être considéré comme une étape dans le cheminement vers le document de synthèse complet.

La pondération des valeurs des paramètres demande une programmation fort complexe qui a pour but l'établissement d'une échelle de pondération dont la situation la plus adverse imaginable (0 à 10) doit correspondre, en autant que possible, à un accroissement du dixième de la difficulté posée par cette adversité ultime. Certains paramètres sont à peu près autonomes. Ils sont peu ou pas influencés par d'autres paramètres comme c'est le cas pour la profondeur de la roche en place. Par contre, d'autres paramètres géoscientifiques, comme la perméabilité du sol et la hauteur de la nappe phréatique sont très liés. Ainsi le même paramètre peut influencer différents aspects de l'élaboration des fondations. Par exemple, la hauteur de la nappe phréatique peut influencer

les difficultés d'excavation et de pompage. Tout ceci pour expliquer pourquoi la pondération des valeurs des paramètres jugés pertinents est rattachée à un, ou à plusieurs des facteurs se rapportant à la réalisation même du projet considéré (fondations de l'édifice projeté). Les paramètres jugés pertinents influencent les facteurs suivants:

- Dynamitage: (profondeur de la roche en place).
- Fondation: (résistance au cisaillement ou résistance à la pénétration et composition du sol).
- Excavation: (hauteur de la nappe phréatique et composition du sol).
- Pompage: (perméabilité et hauteur de la nappe phréatique).

La figure 9-3 présente l'organigramme du programme de pondération des paramètres pertinents au projet hypothétique à l'étude. L'essentiel du programme de pondération utilisé se trouve dans l'annexe IV. La documentation de ce programme identifie les étapes importantes dans la manipulation des données.

Figure 9-3

Organigramme du programme de pondération des paramètres pertinents au projet hypothétique considéré:

(Voir aussi l'annexe IV).

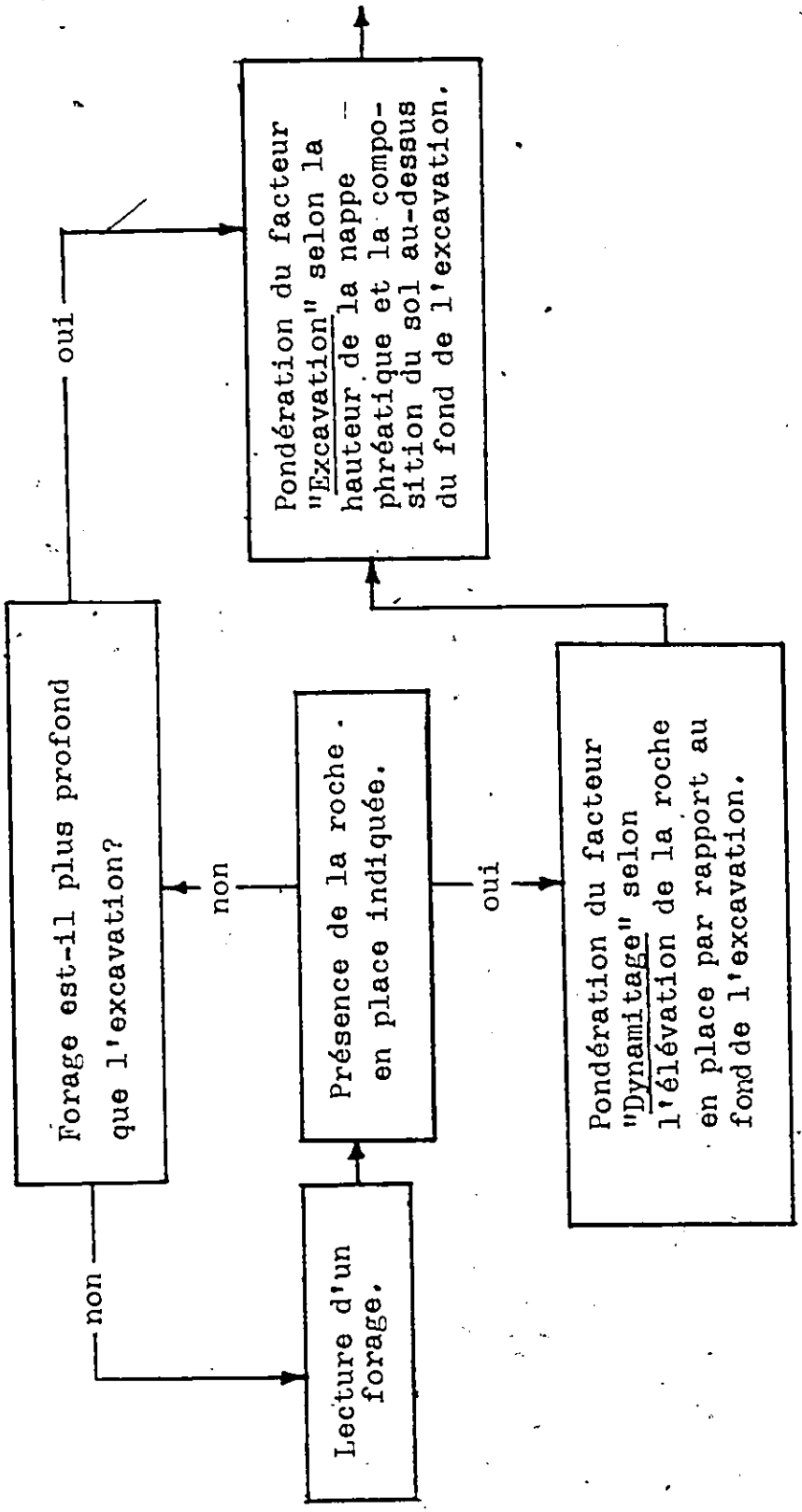
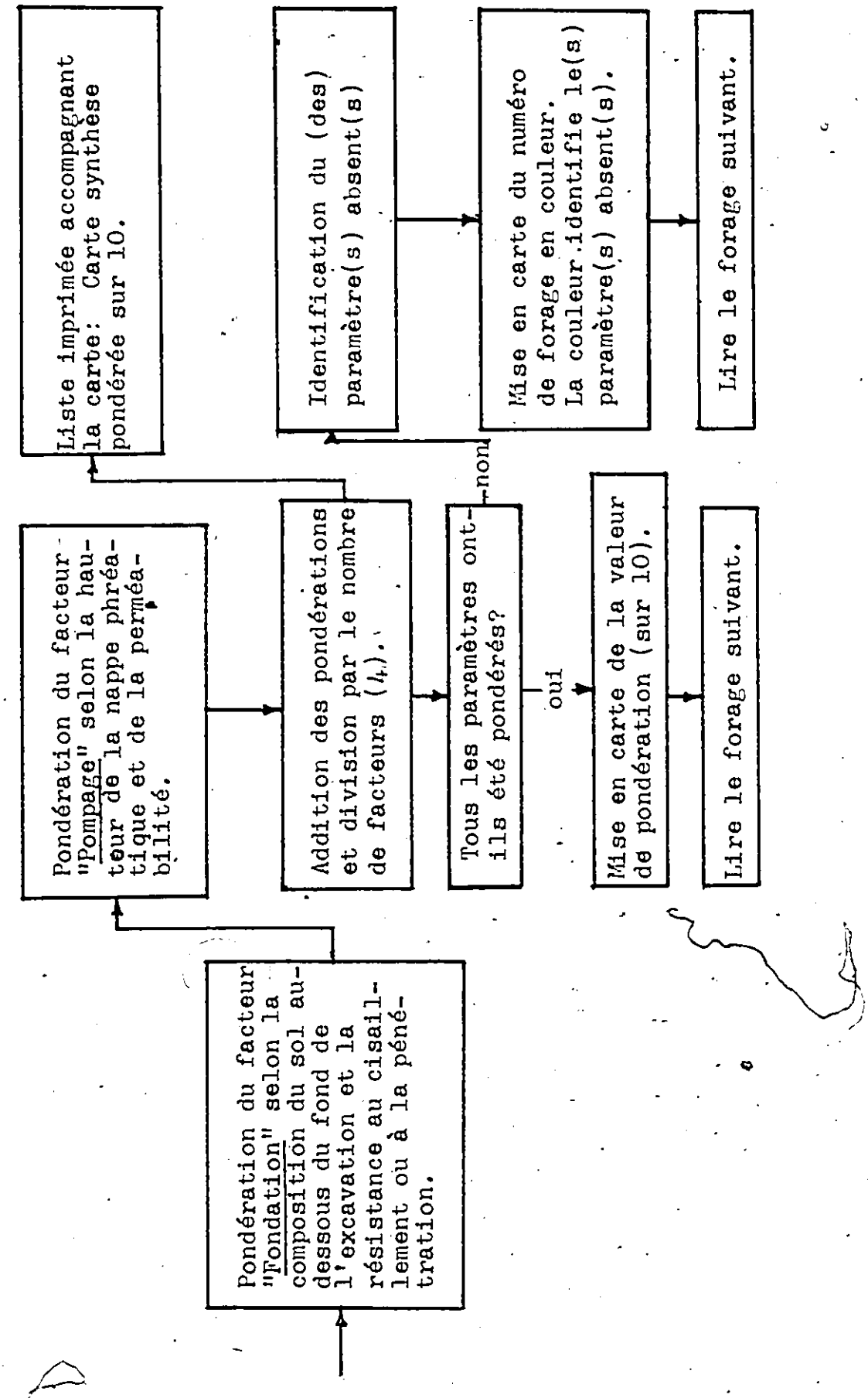

Lecture d'un forage.
Forage est-il plus profond que l'excavation?
non
oui
Présence de la roche en place indiquée.
non
oui
Pondération du facteur "Excavation" selon la hauteur de la nappe phréatique et la composition du sol au-dessus du fond de l'excavation.
Pondération du facteur "Dynamitage" selon l'élévation de la roche en place par rapport au fond de l'excavation.

Figure 9-3

(figure 9-3 suite)



9-3-2-1: Exemple.

Titre de la carte: Carte synthèse pondérée sur 10.
(Voir figures 9-4, 9-5 et 9-6.
Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - 30M/4f.

Ce document représente une évaluation plus détaillée des possibilités d'un site pour un aménagement particulier.

A partir des spécifications de l'aménagement hypothétique, décrites plus haut, les valeurs des paramètres jugés pertinents sont pondérées selon leur influence sur les facteurs se rattachant à la construction des fondations de l'édifice proposé. Toutefois, l'importance relative des paramètres entre eux n'est pas considérée.

Voici brièvement, un résumé des pondérations effectuées: (voir aussi l'annexe IV).

Les quatres (4) facteurs considérés qui se rapportent à différentes étapes de la construction des fondations sont:

Figure 9-4

Carte synthèse pondérée sur 10 (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Code chromatique et symboles	Interprétation
Noir (pondération de 0.00 à 10.00)	Moyenne de la pondération des quatres facteurs.
Bleu (numéro de forage)	Forage dont la hauteur de la nappe phréatique n'est pas indiquée.
Jaune (numéro de forage)	Forage dont la résistance au cisaillement ou la résistance à la pénétration n'est pas indiquée.
Rouge (numéro de forage)	Forage pour lequel il manque plus d'un des paramètres considérés.

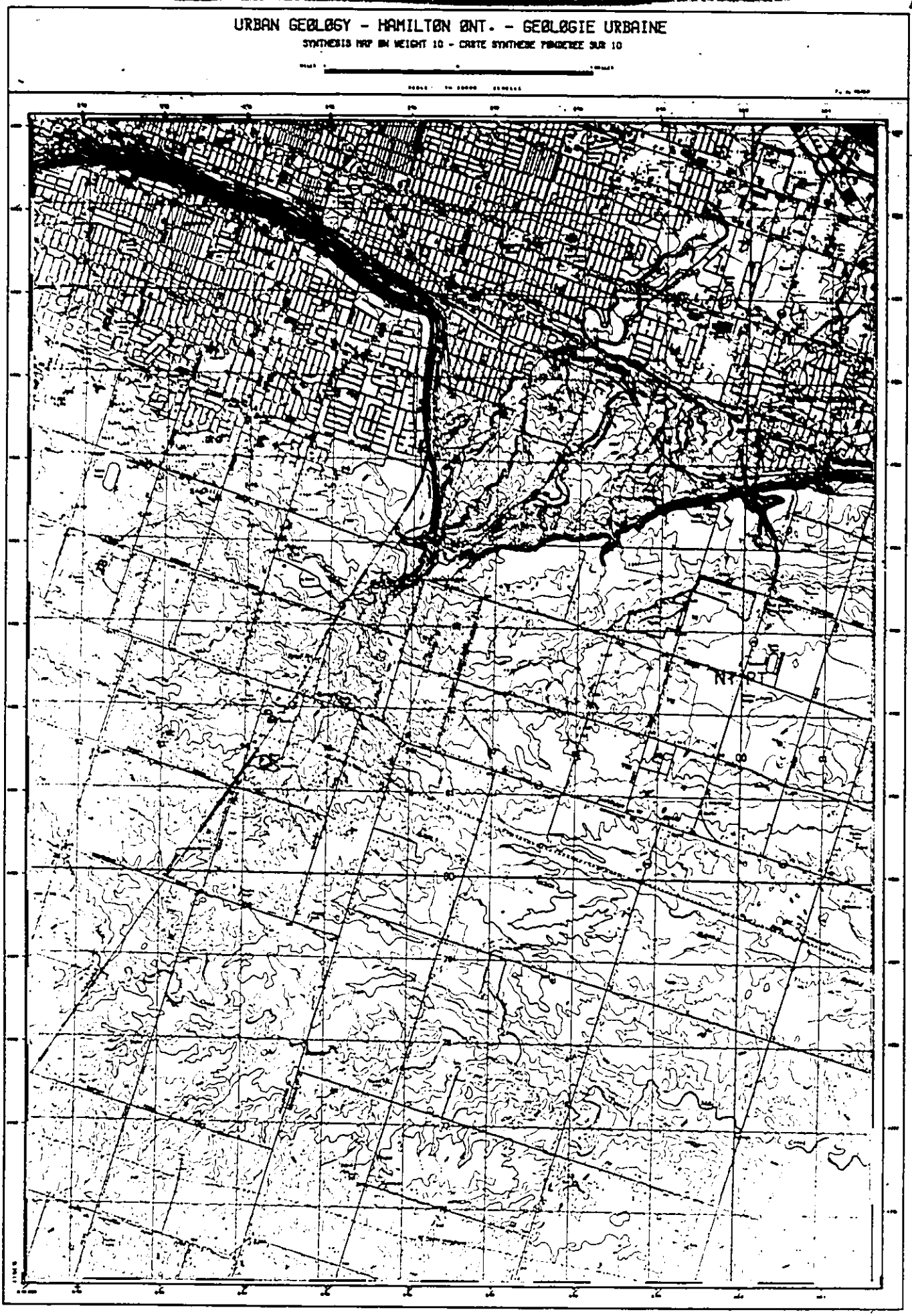


Figure 9-4

POOR COPY.

Figure 9-5

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte synthèse pondérée sur 10.

(Pour la légende voir la figure 9-4).

Figure 9-5

POOR COPY.

1) Le dynamitage de la roche en place.

2) Le pompage de la nappe phréatique si son niveau se situe au-dessus du fond de l'excavation prévue.

3) La fondation dont le type peut varier selon les conditions du sol.

4) La difficulté d'effectuer l'excavation.

1) Le dynamitage.

Ce facteur est le plus simple à pondérer. Si la roche en place se situe à plus de dix (10) mètres (30 pieds) sous la surface topographique, l'importance de ce facteur est nulle (valeur pondérée de 0). Aucun dynamitage n'est requis.

La pondération de ce facteur augmente proportionnellement avec l'élévation de la surface de la roche en place au-dessus du fond de l'excavation prévue. Lorsque la roche en place affleure en surface, ce facteur prend une valeur pondérée de 10.

2) Le pompage.

Ce facteur est un peu plus complexe à pondérer. L'importance de ce facteur augmente avec la hauteur de la nappe phréatique au-dessus du fond de l'excavation prévue (10 mètres ou 30 pieds sous la surface). Le type d'installation de pompage dépend de la perméabilité qui dépend, à son tour, de la composition du sol. Si le sol est imperméable, ou presque, le facteur de pompage est nul (valeur pondérée de 0). Si, par contre, la perméabilité est grande et la nappe phréatique se situe entre 0 et quatre (4) mètres (12 pieds), il faut prévoir trois (3) niveaux d'installations (well points), puisque les pompes ne peuvent que très difficilement aspirer l'eau à plus de quatre (4) mètres (12 pieds) à la verticale. De 4 à 8 mètres (12 à 24 pieds), deux (2) niveaux d'installations sont nécessaires pour la même raison. Si la nappe phréatique se situe à plus de huit (8) mètres (24 pieds) mais à moins de dix (10) mètres (30 pieds), une seule installation (well points) est suffisante. Si la perméabilité du sol est très grande, il faut prévoir un système de pompage différent (puits profonds ou "deep wells"). Ce système est naturellement plus dispendieux et la valeur pondérée du facteur pompage augmente encore plus.

3) La fondation.

Ce facteur très complexe à pondérer, est évalué à partir de la résistance au cisaillement ou de la résistance à la pénétration (composition du matériel), des couches de sol situées sous le niveau de l'excavation. L'influence de ces paramètres doit diminuer avec la profondeur puisqu'une couche d'argiles molles à quinze (15) mètres (50 pieds) sous les fondations cause moins de problème que cette même couche située directement sous les fondations.

Enfin, les problèmes particuliers, que peuvent poser des couches de matières organiques et de remblais doivent être considérés et évalués en fonction de leur épaisseur et de leur profondeur sous le niveau prévu des fondations.

4) L'excavation.

Ce facteur est évalué selon la composition du sol et selon la hauteur de la nappe phréatique. La composition du sol influence ce facteur par sa résistance au cisaillement pour les argiles et les sédiments argileux et par sa résistance à la pénétration pour les dépôts gra-

nuleux. La résistance au cisaillement sert à évaluer la difficulté de maintenir les murs de l'excavation à la verticale (supports ou autres méthodes), tandis que la résistance à la pénétration sert à évaluer la compacité des dépôts granuleux. A ceci, s'ajoute la hauteur de la nappe phréatique qui influence différemment l'excavation dans les sables et les argiles. L'excavation dans des remblais est considérée au même titre que l'excavation dans des dépôts granuleux.

Il est à noter que la composition du sol de chaque horizon ainsi que tous les paramètres mesurés sont pondérés en fonction de l'épaisseur de cet horizon par rapport à la profondeur de l'excavation. Pour le facteur fondation chaque paramètre est évalué en fonction de l'épaisseur de l'horizon et de la profondeur de cet horizon sous l'excavation.

Pour les besoins de cette carte, tous les facteurs, une fois leur valeur pondérée, seront considérés sur un pied d'égalité. La contribution de chacun des quatre (4) facteurs est additionnée l'une à l'autre et divisée par quatre (4). Le résultat est cartographié dans le document: Carte synthèse pondérée sur 10.

Le centre du premier chiffre cartographié correspond à l'emplacement du site considéré. La couleur indique quels paramètres ne sont pas disponibles pour calculer la pondération des facteurs (voir la légende de la figure 9-4). Un document imprimé accompagne également cette carte afin d'indiquer, par écrit, l'information se rapportant à la localisation du site, aux pondérations des quatre (4) facteurs et aux paramètres non-disponibles (voir tableau 9-2). La figure 9-6 illustre la première page de cette liste imprimée.

Figure 9-6

Première page de la liste imprimée
accompagnant le document:
Carte synthèse pondérée sur 10.
(Voir aussi le tableau 9-2).

```
DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    82 NO. REF. (CARTE/MAP)=     82
   EASTING (UTM)= 594910        NORTHING (UTM)= 4789020
DYNAMITAGE/BLASTING = 0.00      POMPAGE / DEWATERING = 6.21
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION= 7.46
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---

RESISTANCE A LA PENETRATION/CISAILLEMENT

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    83 NO. REF. (CARTE/MAP)=      0
   EASTING (UTM)= 594840        NORTHING (UTM)= 4789810
DYNAMITAGE/BLASTING = 0.00      POMPAGE / DEWATERING = 5.91
FONDATION/FOUNDATION= 5.00      EXCAVATION/EXCAVATION= 5.43
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---


DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    84 NO. REF. (CARTE/MAP)=     84
   EASTING (UTM)= 594890        NORTHING (UTM)= 4788990
DYNAMITAGE/BLASTING = 0.00      POMPAGE / DEWATERING = 6.21
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION= 7.01
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---

RESISTANCE A LA PENETRATION/CISAILLEMENT

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    87 NO. REF. (CARTE/MAP)=     87
   EASTING (UTM)= 591930        NORTHING (UTM)= 4788660
DYNAMITAGE/BLASTING = 3.33      POMPAGE / DEWATERING = 0.00
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION=  .66
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---     NAPPE PHREATIQUE


DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    88 NO. REF. (CARTE/MAP)=     88
   EASTING (UTM)= 591950        NORTHING (UTM)= 4788650
DYNAMITAGE/BLASTING = 4.73      POMPAGE / DEWATERING = 0.00
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION=  .43
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---     NAPPE PHREATIQUE


DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    89 NO. REF. (CARTE/MAP)=     89
   EASTING (UTM)= 591950        NORTHING (UTM)= 4788490
DYNAMITAGE/BLASTING = 6.66      POMPAGE / DEWATERING = 0.00
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION=  .33
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---     NAPPE PHREATIQUE


DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    90 NO. REF. (CARTE/MAP)=     90
   EASTING (UTM)= 591940        NORTHING (UTM)= 4788720
DYNAMITAGE/BLASTING = 6.00      POMPAGE / DEWATERING = 0.00
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION=  .77
PARAMETRES ABSENTS/MISSING PARAMETERS---     NAPPE PHREATIQUE


DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE=    91 NO. REF. (CARTE/MAP)=     91
   EASTING (UTM)= 591970        NORTHING (UTM)= 4788710
DYNAMITAGE/BLASTING = 4.00      POMPAGE / DEWATERING = 0.00
FONDATION/FOUNDATION= 0.00      EXCAVATION/EXCAVATION=  .40
```

Figure 9-6

POOR COPY

Tableau 9-2

Inventaire de l'information disponible sur la liste imprimée accompagnant la carte: Carte synthèse pondérée sur 10. (voir figure 9-6).

NUMERO DE FORAGE:

Numéro identifiant le forage dans le fichier de la banque de données géoscientifiques de Hamilton, par ordre numérique pour la zone considérée (carte 30 M/4f).

NO. REF. (CARTE):

Numéro identifiant le forage sur la carte de synthèse pondérée sur 10. Si ce numéro est cartographié, il indique qu'un ou plusieurs paramètres ne sont pas disponibles. "0" indique que tous les paramètres nécessaires à la pondération des facteurs sont disponibles.

EASTING (UTM) et NORTHING (UTM):

Localisation du forage selon le grillage UTM sur la carte 30 M/4f (SNRC).

DYNAMITAGE:

Pondération du facteur dynamitage sur 10.

(tableau 9-2 suite)

POMPAGE:

Pondération du facteur pompage sur 10.

FONDATION:

Pondération du facteur fondation sur 10.

EXCAVATION:

Pondération du facteur excavation sur 10.

PARAMETRES ABSENTS:

Identification du (ou des) paramètre(s) non-disponible(s) pour la pondération des facteurs.

9-3-3: Pondération des paramètres entre eux.

De toute évidence, dans l'évaluation des coûts d'excavation dans un site, une nappe phréatique élevée ne revêt pas la même importance qu'une roche en place affleurante ou presque. Certains paramètres géotechniques exercent une plus grande influence sur le coût de l'aménagement d'un site particulier que d'autres. Il n'est donc pas raisonnable de les considérer comme étant d'importance égale.

Dans ce dernier document de la série III, les paramètres, pertinents au projet hypothétique postulé plus haut, sont pondérés entre eux après avoir pondéré l'importance des valeurs à l'intérieur de chacun de ces paramètres.

Pour réaliser cette pondération, il est toujours possible d'établir une échelle de 1 à 10 similaire à celle du document précédent. L'auteur a préféré une échelle que tous peuvent rapidement comprendre, celle de la valeur monétaire.

Il est, en effet, relativement facile pour l'utilisateur d'estimer la dépense nécessaire aux travaux qu'il doit entreprendre. Il s'agit donc maintenant de

traduire les coûts selon l'échelle de pondération à l'intérieur des paramètres. Ce travail est accompli ici pour le projet d'aménagement hypothétique discuté plus haut.

9-3-3-1: Exemple.

Titre de la carte: Coûts additionnels (verge cube) (voir figures 9-7, 9-8 et 9-9).

Echelle de la carte à l'origine: 1:25 000 - 30M/4f.

Ce document représente une première estimation des coûts additionnels prévus pour la construction du projet d'aménagement hypothétique spécifié plus haut. Ces coûts servent à évaluer l'amélioration des conditions du site et les problèmes de mise en oeuvre suscités par des conditions adverses. Ce document tente donc d'étiqueter, selon une échelle monétaire, le potentiel d'un site en relation avec les problèmes géotechniques possibles.

Comme il s'agit du même projet hypothétique que pour la carte précédente, les pondérations déjà établies demeurent valables. Ainsi, pour pondérer les facteurs entre eux; il suffit de donner une valeur monétaire à l'unité de pondération de chaque facteur. Il est justifiable de procéder ainsi puisque l'échelle de pondération

Figure 9-7

Carte des coûts additionnels - la verge cube - (premier feuillet) représentant la totalité de la zone couverte par la carte topographique 30 M/4f (SNRC) de la région étudiée.

Légende

Code chromatique et symboles	Interprétation
Noir (135.49)	Estimation des coûts additionnels par verge (mètre) cube de l'excavation minimale pour mettre en oeuvre et construire les assises (excavation et fondation) d'un projet hypothétique. Note: Pour trouver le coût total des dépenses additionnelles, multiplier par 25 000.
Rouge (numéro de forage)	Forage dont un ou plusieurs des paramètres nécessaires à la pondération ne sont pas disponibles (voir figure 9-9 pour plus de détails).

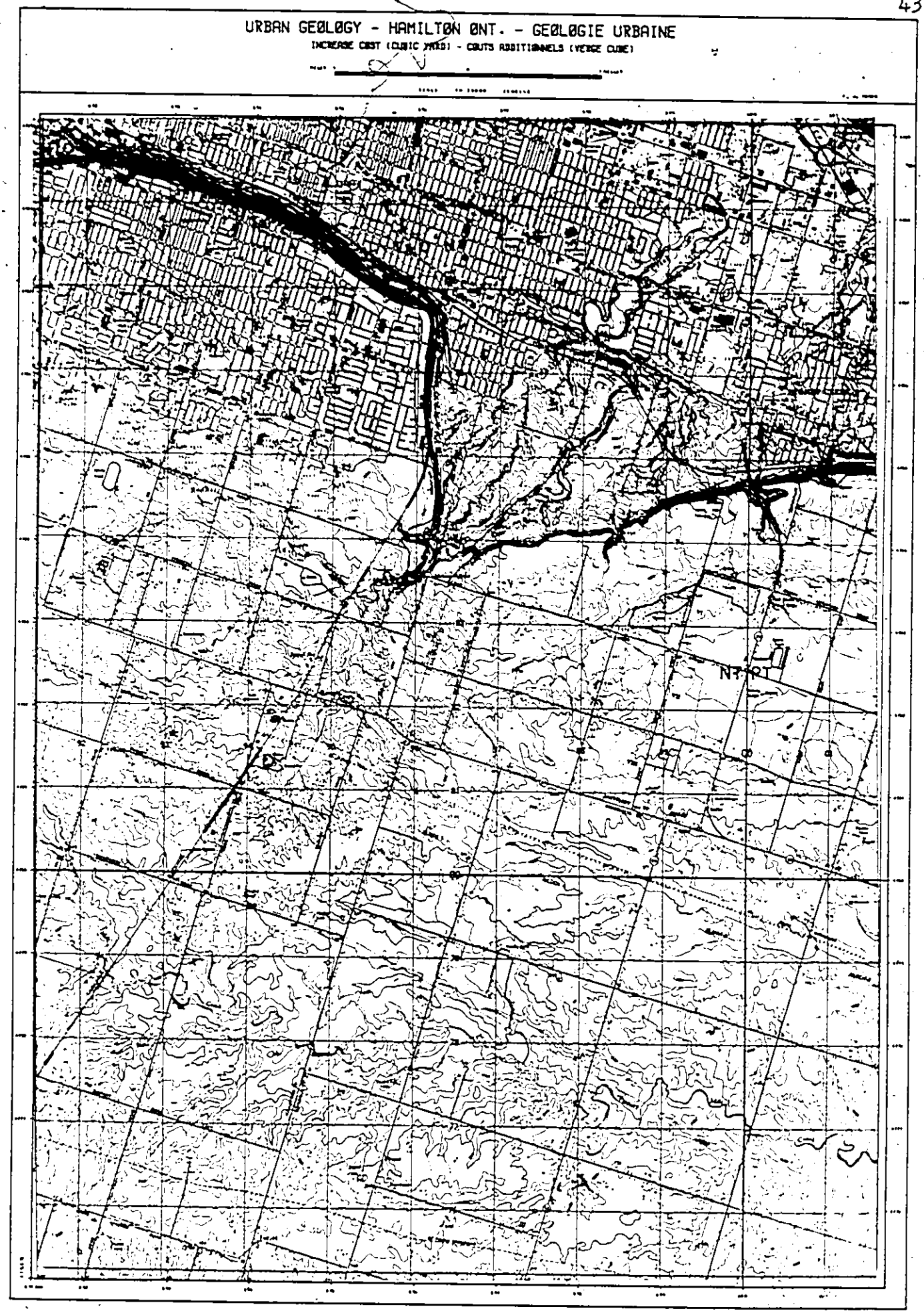


Figure 9-7

POOR COPY

Figure 9-8

Agrandissement d'une partie du premier feuillet de la carte des coûts additionnels - la verge cube -.

(Pour la légende voir la figure 9-7).

Figure 9-8

POOR COPY.

des valeurs d'un paramètre s'accroît proportionnellement à l'intérieur de ce paramètre (l'unité de pondération correspond au dixième de la difficulté causée par les conditions les plus adverses imaginables).

L'annexe V reproduit le programme documenté, utilisé dans la réalisation de cette pondération. Voici un bref résumé de la logique de cette pondération.

A priori, deux (2) des facteurs peuvent ou non être présents: le pompage et le dynamitage. Leur influence n'est considérée que si la hauteur de la nappe phréatique et/ou de la roche en place dépasse le fond de l'excavation prévue. Par contre, les facteurs excavation et fondation sont omniprésents même pour un site sans problème. Ainsi, l'auteur a octroyé, pour ces deux (2) derniers facteurs, une estimation minimale du coût, qui n'entre pas dans les calculs des coûts additionnels et de l'augmentation totale possible de ces coûts. Pour bien estimer les coûts réels, il faut que ces coûts se réfèrent à une unité commune. L'auteur a choisi la verge cube comme unité commune à tous les facteurs. Ainsi, les coûts additionnels pour l'amélioration et la mise en oeuvre d'un site (dynamitage, pompage, excavation et fondation) sont calculés par verge cube de l'excavation pour un volume minimal prévu (50 m. x 50 m. x 10 m. ou 150 pi. x 150 pi. x 30 pi.).

Il peut paraître inusité d'exprimer les coûts d'une fondation à la verge cube de l'excavation. Ceci est cependant essentiel pour trouver le coût unitaire des facteurs et prévoir la possibilité de calculer facilement le montant total des dépenses additionnelles. Les dimensions minimales de l'excavation sont de cinquante (50) verges (mètres par cinquante (50) verges (mètres) par dix (10) verges (mètres), soit un volume total de 25 000 verges cubes (mètres cubes). Les coûts additionnels cartographiés se rapportent à une verge cube (mètre cube). Il suffit donc de multiplier le montant cartographié par 25 000 pour avoir une estimation globale des coûts additionnels.

Voici un bref résumé du calcul des coûts additionnels pour le projet hypothétique considéré:

- Pour l'excavation:

Le coût minimal prévu (site sans problème) est fixé à $50 000.00. L'augmentation totale possible est fixée à $150 000.00 (obligation d'étendre l'aire d'excavation pour adoucir les pentes, remplissage après l'emplacement des fondations, taux de transport par camion du sol excavé, etc...). Ceci revient au coût unitaire de $0.75

la verge (mètre) cube par unité de pondération (2 à 10). Comme il y aura excavation, avec ou sans problème (coût minimal prévu), les deux (2) premières unités de pondération sont considérées comme étant représentatives d'un site normal (sans problème). Au-delà de deux (2), il y aura accroissement proportionnel du coût d'excavation. Cette démarche peut sembler arbitraire, mais elle se justifie par le mode de pondération des valeurs des paramètres discuté pour la carte précédente.

- Pour la fondation:

Le coût minimal prévu pour la fondation est de $4 000 000.00 (ceci inclut les trois (3) étages de stationnement). L'augmentation totale possible est fixée à $5.000 000.00 (changement du type de fondation basé sur l'évaluation de la résistance du sol). Les coûts s'accroissent à partir de deux (2) de la pondération pour la même raison que celle citée pour l'excavation. Le coût unitaire additionnel revient à $25.00 la verge (mètre) cube par unité de pondération (2 à 10).

- Pour le pompage:

L'estimation minimale du coût de pompage est de $0.00 puisque l'absence de la nappe phréatique au-dessus du fond prévu de l'excavation se traduit par l'absence du besoin d'installations de pompage. L'augmentation totale possible est estimée à $200 000.00, soit un coût unitaire additionnel de $0.80 par verge (mètre) cube par unité de pondération (0 à 10).

- Pour le dynamitage:

L'estimation minimale du coût de dynamitage est de $0.00 puisque l'absence de la roche en place, à l'intérieur de l'excavation prévue, se traduit par l'inutilité de dynamiter. L'augmentation totale possible du coût de dynamitage est estimée à $350 000.00 (calcaire affleurant en surface). Ceci revient à un coût unitaire de $1.40 par verge (mètre) cube par unité de pondération (0 à 10).

Pour accepter toutes ces pondérations, il faut présupposer des conditions homogènes pour l'ensemble du site de l'excavation prévue à partir des données ponctuelles (un forage pour tout le site de cinquante (50) verges (mètres) par cinquante (50) verges (mètres). De plus,

il faut souvent reporter ce site évalué au site à côté du forage exécuté, puisque l'existence même de ce forage présuppose déjà l'existence d'un aménagement. Ce forage et ces analyses furent exécutés dans un but, soit souvent celui de la réalisation d'un aménagement particulier.

En dernier lieu, les coûts additionnels (par verge ou mètre cube) sont additionnés et la somme cartographiée. L'absence d'un ou plusieurs paramètres nécessaires à la pondération est signalée par la cartographie du numéro de forage en rouge (voir la légende de la figure 9-7).

Afin de mieux renseigner l'utilisateur sur cette dernière pondération, une liste imprimée accompagne le document cartographié (voir figure 9-9). Le tableau 9-3 représente l'inventaire de l'information disponible sur cette liste imprimée.

Il est à noter que la localisation du site est exactement sous le centre du premier symbole cartographié.

Figure 9-9

Première page de la liste
imprimée accompagnant la carte:
Coûts additionnels (verge cube).

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 88 NO. REF. (CARTE/MAP)= 88
EASTING (UTM)= 591950 NORTHING (UTM)= 4788650
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 6.62 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 89 NO. REF. (CARTE/MAP)= 89
EASTING (UTM)= 591950 NORTHING (UTM)= 4788690
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 9.32 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 90 NO. REF. (CARTE/MAP)= 90
EASTING (UTM)= 591940 NORTHING (UTM)= 4788720
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 8.40 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 91 NO. REF. (CARTE/MAP)= 91
EASTING (UTM)= 591970 NORTHING (UTM)= 4788710
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 5.60 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 92 NO. REF. (CARTE/MAP)= 92
EASTING (UTM)= 591960 NORTHING (UTM)= 4788760
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 6.52 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 111 NO. REF. (CARTE/MAP)= 111
EASTING (UTM)= 594160 NORTHING (UTM)= 4783270
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 8.86 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 112 NO. REF. (CARTE/MAP)= 112
EASTING (UTM)= 594130 NORTHING (UTM)= 4783180
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 9.32 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 113 NO. REF. (CARTE/MAP)= 113
EASTING (UTM)= 594100 NORTHING (UTM)= 4783080
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 11.66 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 114 NO. REF. (CARTE/MAP)= 114
EASTING (UTM)= 594060 NORTHING (UTM)= 4782930
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 12.60 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 115 NO. REF. (CARTE/MAP)= 115
EASTING (UTM)= 594180 NORTHING (UTM)= 4783360
DYNAMITAGE /BLASTING=$ 8.86 POMPAGE / DEWATERING=$ 0.00
FONDATION/FOUNDATION=$ 0.00 EXCAVATION/EXCAVATION=$ 0.00
COUT TOTAL COST=$ 0.00

DATANUMBER/NUMERO DE FORAGE= 118 NO. REF. (CARTE/MAP)= 118
EASTING (UTM)= 597070 NORTHING (UTM)= 4785610

Figure 9-9

POOR COPY.

Tableau 9-3

Inventaire de l'information disponible sur la liste imprimée accompagnant la carte: Coûts additionnels (verge cube).

NUMERO DE FORAGE:

Numéro identifiant le forage dans le fichier de la banque de données géoscientifiques de Hamilton, par ordre numérique et pour la zone couverte par la carte 30M/4f.

NO. REF. (CARTE):

Numéro identifiant les forages cartographiés et dont un ou plusieurs paramètres ne sont pas disponibles, pour le calcul de pondération. "0" indique que tous les paramètres nécessaires à la pondération sont disponibles.

EASTING (UTM) et NORTHING (UTM):

Localisation du forage selon le quadrillage UTM, sur la carte 30M/4f.

DYNAMITAGE:

Coût du dynamitage par verge (mètre) cube. Ceci comprend le coût évalué sur le volume total de l'excavation (1/25 000), et non sur le coût évalué selon le volume du roc à dynamiter. Cette façon de procéder permet d'évaluer chaque facteur sur une base commune (1/25 000 de l'excavation minimale).

(tableau 9-3 suite)

POMPAGE:

Coût du pompage par verge (mètre) cube. Ce coût est évalué sur le volume total et minimal de l'excavation (1/25 000).

FONDATION:

Coûts additionnels par verge (mètre) cube occasionnés par des changements importants dans la planification des fondations pour remédier aux conditions géotechniques adverses du site. Ces coûts sont basés sur le volume total et minimal de l'excavation (1/25 000).

EXCAVATION:

Coûts additionnels par verge (mètre) cube occasionnés par des conditions adverses rencontrées lors de l'exécution projetée de l'excavation. Ces coûts sont basés sur le volume total et minimal de l'excavation (1/25 000).

COUT TOTAL:

Addition des coûts évalués pour les quatre (4) facteurs pour une verge (mètre) cube du volume total et minimal de l'excavation.

Il est important de noter que l'indication de $0.00 dans la liste des coûts additionnels, accompagnant cette carte, n'indique pas nécessairement une absence de frais pour ce facteur surtout si la rubrique "coût total" égale aussi $0.00. L'absence d'un paramètre nécessaire à la pondération peut rendre le calcul du coût additionnel, impossible pour un ou plusieurs facteurs. Pour découvrir s'il s'agit de l'absence d'un paramètre et identifier celui-ci, il faut consulter la carte synthèse pondérée sur 10 (voir figures 9-4 et 9-5) ou la liste imprimée accompagnant cette carte (voir figure 9-6).

CONCLUSION

La compilation d'une banque de données géoscientifiques est probablement l'étape la plus importante de toute étude de cartographie géotechnique, car, du succès de cette compilation, dépend la qualité et l'intégrité des documents thématiques réalisés par la suite.

Une méthode efficace de cueillette de l'information facilite énormément la compilation d'une banque de données. Afin de permettre l'optimum d'efficacité lors de la cueillette, certains pays ont légiféré dans ce domaine. Toute information provenant d'excavations importantes, de forages et de sondages géoscientifiques ainsi que les résultats des analyses de sol les accompagnant sont transférés au domaine public. Un délai raisonnable protège l'initiative privée. Ainsi s'accumule, à peu de frais, toute la documentation nécessaire à l'étude de l'aspect physique de l'aménagement d'un territoire. Cette même législation pourrait prévoir une formulation standard des données afin d'assurer une plus grande uniformité. De telles législations existent en Europe, en particulier en France.

Une seconde préoccupation, toute aussi importante, est l'élaboration d'un système de mise en fiche permettant de retenir la majeure partie de l'information ainsi

recueillie et de l'entreposer sur bande magnétique. Ce système doit prévoir et faciliter une multitude de combinaisons et de manipulations des données (dérivations, analyses statistiques ...).

Il revient aux gouvernements de légiférer sur les modalités de la cueillette de l'information. Par contre, cette thèse propose une approche inédite de mise en fiche de l'information en stipulant la nature de l'information à retenir, les mesures pertinentes à chosir et le mode de compilation à suivre. Cette approche facilite, par la suite, les manipulations de données et les récupérations cartographiques désirées. La banque de données géoscientifiques de Rivière-du-Loup au Québec, fut compilée selon cette méthode. Celle-ci s'avère non seulement réalisable mais aussi hautement efficace.

L'approche, à la cartographie géotechnique par ordinateur suggérée ici, est originale à de nombreux points de vue, mais surtout du fait qu'elle est réellement orientée vers l'utilisateur. Ce dernier devient le réalisateur du document géotechnique dont il a besoin. L'originalité de cette approche réside dans les modes de récupérations mis à la disposition de l'utilisateur. Il peut choisir les paramètres qui lui sont nécessaires et il a le loisir

de les pondérer selon son expérience et les ressources financières dont il prévoit disposer. Il peut fixer les coûts nécessaires pour remédier aux divers paramètres adverses, selon ses méthodes de travail et selon l'équipement dont il dispose. Bien sûr, ces estimations de coûts ne seront qu'approximatives car les données sont souvent incomplètes. Cependant, ces estimations de coûts servent quand même à concrétiser les difficultés géotechniques que peut rencontrer un projet d'aménagement sur une échelle que l'utilisateur connait bien, celle des dollars.

Toutes les cartes géotechniques réalisées dans cette thèse cherchent à documenter une planification de l'aménagement et de l'équipement d'un territoire, à souligner les zones pouvant représenter des sols aux propriétés défavorables et à tracer dans les grandes lignes les propriétés géotechniques d'une région. Tout ceci à une échelle et à un niveau qui n'exclut pas mais encourage et guide les études de sites pour des aménagements particuliers.

Les cartes de documentation et de facteurs géotechniques non-dérivés permettent de récupérer des données mesurées. Il ne sera pas tenté d'extrapoler ces données

pour déterminer le comportement du sol sous des conditions particulières non-anticipées lors du sondage initial. En ce qui a trait à l'échelle de confiance à accorder à l'information présentée dans les documents cartographiques de cette thèse, les cartes de la série I se placent au plus haut échelon. Les données consignées dans ces documents cartographiques représentent le résultat d'une connaissance de première main du site étudié. Au fur et à mesure que se multiplient les manipulations (dérivations, reclassifications, estimations, etc ...), le document s'éloigne de cette connaissance de "première main" et subit une perte possible de précision. Même dans le cadre de cette série de documents, le fait de regrouper les descriptions qualitatives, selon les principales formations géologiques identifiées dans la région, apporte un élément d'interprétation.

Des trois (3) types de cartes basés sur la récupération de paramètres dérivés, le premier et le deuxième sont de qualité relativement homogène. Le système utilise des paramètres dérivés à partir de formules communément employées par les ingénieurs ou à partir des analyses statistiques effectuées sur les données. Ceci rend possible la cartographie de valeurs habituellement trop peu nombreuses pour justifier une mise en carte. L'énorme

avantage de cette approche est de donner à un utilisateur éventuel une première approximation des problèmes géotechniques d'une région.

Il importe de réaliser que la banque de données fut construite à partir d'informations hétérogènes. Il s'agit, en fait, d'un regroupement de données générées pour des besoins spécifiques sans liens entre elles. Pour tenter des synthèses géotechniques, il faut procéder à une certaine homogénéisation des données. Cette homogénéisation s'effectue le mieux par la dérivation des paramètres absents, ou encore par la dérivation de nouveaux paramètres selon des mesures compilées dans la banque de données.

De plus, la dérivation de paramètres complexes, à partir de données plus simples couramment mesurées, s'inscrit dans le cheminement vers les cartes de synthèse géotechniques selon une banque de données géoscientifiques du type de celle de Hamilton en Ontario.

La réalisation de documents d'information spatiale thématique (ou de synthèse) constitue le but ultime de la démarche proposée dans cette thèse. L'approche à ces documents en est la contribution la plus originale.

En laissant à l'utilisateur le soin de spécifier les modalités de récupération du document géotechnique dont il a besoin, il est possible de libérer ce document de l'approche biaisée du réalisateur traditionnel. Ce dernier travaille à l'élaboration d'un document d'utilité générale et habituellement conservateur. L'utilisateur pourra biaiser les données selon son optique du problème qu'il doit résoudre. En plus d'être celui qui est le plus en mesure d'exprimer ses besoins face à un projet d'aménagement, l'utilisateur est aussi celui qui peut le mieux pondérer les paramètres qu'il aura jugés pertinents à ce projet.

Toute manipulation doit inciter l'utilisateur à une plus grande circonspection. Toutefois, il ne faut pas oublier que le but des manipulations et des interprétations est de faciliter l'utilisation du document, donc de rendre plus pertinentes et accessibles les données géotechniques. Il est difficile de réaliser cet objectif sans plus ou moins biaiser les données vers une interprétation trop conservatrice ou trop audacieuse.

L'auteur insiste une fois de plus, sur l'importance de la cueillette de l'information et sur son mode de compilation. La valeur de la banque de données repose

sur ces deux points. Il est toujours possible de reprendre une carte de synthèse ou de paramètres dérivés en modifiant une interprétation ou une formule de dérivation, mais il est impossible d'améliorer la qualité de la plupart de ces cartes, surtout celles de documentation, puisqu'elles traduisent le contenu de la banque de données.

Cette thèse ne présente pas un système intégré de compilation, de correction, de manipulation et de récupération par ordinateur, mais présente plutôt une conception de l'organisation des éléments de ce système et une définition des principales étapes de sa structure. La suite logique de cette thèse serait une intégration des différentes étapes en un système similaire aux "packages" disponibles en statistiques (exemple: SPSS - "Statistical Package for Social Sciences" - de Nie, Hadlaihull, Jenkins, Steinbrenner et Bent, 1975). Toutefois, ce travail d'intégration relève essentiellement de l'informatique qui est hors du propos de cette thèse. Cette dernière se limite donc à proposer des cartes prototypes. Il est néanmoins possible de résumer les principales étapes d'un système intégré d'exploitation de données géoscientifiques.

a) Intégration des programmes d'exploitation.

Cette étape relève en grande partie de l'informatique. Il s'agit de la réalisation d'un "package" permettant à l'utilisateur de choisir des options clairement définies pour réaliser une cartographie selon ses besoins et ses spécifications. De plus, cette étape doit prévoir différentes options de pondérations et d'interactions des paramètres. Cependant, une certaine uniformité dans les modes de pondérations et d'interactions des paramètres est possible. Par exemple, la perméabilité du sol influencera la valeur d'un site en vue de l'aménagement d'une fosse septique et d'une façon différente l'aménagement d'un puits d'eau potable.

b) Accessibilité au système.

Pour être vraiment efficace, ce système de récupération devra être effectué par des mini-ordinateurs et par leurs équipements périphériques (table traçante, imprimante, écran cathodique ...). Il existe présentement de tels ordinateurs qui, pour une somme très raisonnable à l'achat ou à la location, peuvent traiter des données, les reproduire sur écran cathodique ou les cartographier en quatre couleurs sur papier. Ceci peut s'effectuer avec un minimum de pré-traitement par un "gros ordinateur.

Avec l'évolution rapide de ces mini-ordinateurs, le pré-traitement deviendra sans doute inutile d'ici quelques années, toutes les opérations de compilation, de mise à jour et de traitement pourront s'effectuer sur mini-ordinateur. Alors, des organismes à budget limité telles les petites municipalités, les agences de planification et d'aménagement régional, les petites firmes privées d'ingénieurs-conseil pourront se prévaloir des énormes avantages de l'exploitation relativement sophistiquée de banques de données géoscientifiques.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES CITEES DANS LE TEXTE

Arnould, M.
1974: Problèmes de cartographie en géologie de l'Ingénieur (Cartographie Géotechnique); Géologie de l'Ingénieur, Liège, pp. 313-322.

Arnould, M. et Vantroys, M.
1970: Essai de cartographie géotechnique automatique sur la ville nouvelle d'Evry (région parisienne); 1er Congrès International de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, Tome II, pp. 1069-1080.

Atlas National du Canada.
1974: Atlas National du Canada (4ième édition revisée); Energie, Mines et Ressources du Canada et Information Canada, Ottawa, Ont.

Bachmann, G:
1964: Ingenieurgeologische Kartierung; Wissensch. techn. Zentr. VVB Feste Minerale, Zentrales Geol. Instituts, Berlin.

Barres, M., Bos, P., Gounon, A., Peter, A. et Putallez, J.
1969: Carte géotechnique de la région de Creil (Oise); BRGM 69 SGL090 BGA, Orléans, France.

Bélanger, J.R.
1974: Urban Geology Automated Information System (U.G.A.I.S.); in Computer use in projects of the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 74-60, Ottawa, Ont. pp. 95-98.

1975: U.G.A.I.S. data record instruction manual; Geological Survey of Canada, Open File 292, Ottawa, Ont., 11 p.

1975: ISAMAP user's manual - an interpolation and contouring package for continuous phenomena; Geological Survey of Canada, Open File 295, 38 p.

Bjerrum, L. and Simmons, N.E.
1960: Comparison of shear strength characteristics of normally consolidated clays; American Society Civil Engineers, Proc., Research Conference on Shear Strength of Cohesive Soils, pp. 711-726.

Black, W.P.M.
1962: A method of estimating the California Bearing Ratio of cohesive soils from plasticity data; Géotechnique, Vol. 12, pp. 271-282.

Bowles, T.E.
1968: Foundation analysis and design; McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y., 659 p.

Brumley, J.C.
1975: An engineering geologic mapping system for the central business district of Melbourne, Australia; Assoc. of Engineering Geologists, Bulletin, Vol. XII, No. 4, pp. 235-249.

Christiansen, E.A.
1970: Physical environment of Saskatoon Canada; National Research Council of Canada, NRC Publication No. 11378.

Churinov, M.V., Tsypina, I.M. and Lazareva, V.P.
1970: The principles of compiling the engineering-geological map of the USSR territory on the scale of 1/2 500 000; 1er Congrès International de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, Paris, (Tome II), pp. 850-860.

Debaille, G. et Ghiste, S.
1968: Influence des facteurs géologiques sur les propriétés mécaniques des sols de fondation; dans Engineering Geology in County Planning; XXIII International Conference of Geology, Vol. 12, Prague, pp. 29-37.

Dienemann, Q.
1953: Cartes du sous-sol dressées sur une base géotechnique; 3ième Congrès International de Mécanique des Sols, Zurich, 1/4.

Dubus, J.
1968: Carte d'orientation géotechnique de la région de Mexiniseux (Ain); BRGM 69 SGL 01 BGA, Paris, France.

Dumper, T.
1972: A computer generated model for land-use decisions; Ph.D. thesis (unpublished) Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, 176 p.

Fadum, R.E.
1941: Observations and analysis of building settlements in Boston; Sc. D. thesis (unpublished), Harvard University, Massachusetts.

Feenstra, B.H.
1975: Quaternary geology of the Grimsby area, southern Ontario; Ontario Division of Mines, Preliminary Map P. 993, Geological Series, scale 1:50 000.

Fisher, W.L., Brown, L.F.(Jr.), McGowen, J.H., Groat, C.G.
1973: Environmental Geologic Atlas of the Texas coastal zone Beaumont-Port Arthur area; Bureau of Economic Geology, University of Texas at Austin, USA.

Font, R.G. and Williamson, E.F.
1970: Geologic factors affecting construction in Waco; in Urban Geology of Greater Waco, Pt. 4, Engineering, Baylor University, Baylor Geologic Studies, Bulletin 12, p. 34.

Ghiste, S.
1972: Rapport sur la cartographie géotechnique; Laboratoire de Mécanique des sols, Institut Reine Astrid-Mons, Belgique.

Giardina, S. (Jr.), Kulhawy, F.H.
1975: Trend surface analysis for geotechnical site planning; Bulletin of the Assoc. of Engineering Geologists, Vol. XII, No. 3, pp. 177-192.

Gigan, J-P.
1973: Essai de cartographie géotechnique région de la Défense et boucle de Gennevilliers (Hauts-de-Seine-France); BRGM. Bulletin (deuxième série), Section III, No. 3, pp. 147-177.

Golodkavskaya, G.A., et al.
1968: Engineering geological mapping in the USSR; XXIII International Conference of Geology, Prague, Vol. 12, pp. 57-64.

Gordon, T. and Hutchison, W.W.
1974: Computer use in projects of the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 74-60, 108 p.

Gounon, A.
1969: Carte d'orientation géotechnique de la région de Tigery-Lieusaint; BRGM, Paris, 69DGL063 BGA.

Grant, K.
1968: A terrain evaluation system of engineering; Commonwealth Science and Industry Research Organization, Australia, Division Soil Mechanics, Technical Paper 2, 27 p.

Grim, R.E.
1962: Applied clay mineralogy; McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y., USA.

Hackett, J.E. and McComas, M.R.
1969: Geology for planning in McHenry County; Illinois Geological Survey Circular 438, 31 p.

Humbert, M.
1970: Aptitude des terrains au développement urbain et industriel; 1er Congrès International de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, Paris, France, (Tome II), pp. 950-959.

1973: La carte géotechnique à 1/50 000 de Clermont-Ferrand (France) et la planification urbaine; BRGM, Bulletin (deuxième série), Section III, No. 3, pp. 179-190.

Humbert, M. et Jeannette, A.
1962: Les cartes géotechniques, quelques principes de réalisation; Revue de Géographie, Maroc, No. 1 et 2, pp. 67-74.

Karrow, P.F.
1963: Pleistocene geology of the Hamilton-Galt area; Ontario Department of Mines, Gr 16, 68 p.

Kugler-Gagnon, M.
1974: Information géoscientifique et aménagement; thèse de Ph.D. (non-publiée), Université d'Ottawa, Ottawa, Ont.

Laffitte, P.
1972: Traité d'informatique géologique; ouvrage collectif publié sous la direction de P. Laffitte; Masson et Cie, Paris, 624 p.

Legget, R.F.
1973: Cities and geology; McGraw-Hill Book Co., 629 p.

Maranda, R.
1975: Cartographie géotechnique, ville de Bécancour; 28th Canadian Geotechnical Conference, Montreal, pp. 44-53.

Marsily (de), G.
1970: Traité d'informatique géologique; ouvrage collectif publié sous la direction de P. Laffitte; Masson et Cie, Paris, pp. 239-283.

Matheron, G.
1963: Traité de géostatistique appliquée; BRGM, Mémoire, No. 24, Paris, 171 p.

1969: Le krigeage universel; Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de l'ENSMP, Paris, 83 p.

1972: Traité d'informatique; ouvrage collectif publié sous la direction de P. Laffitte; Masson et Cie, Paris, pp. 306-378.

Matula, M.
1969: Regional engineering geology of Czechoslovak Carpathians; Publishing House of Slovak Academy of Sciences, Bratislava.

1971: Engineering geologic mapping and evaluation in urban planning; in - Environmental Planning and Geology -; D.R. Nichols and C.G. Campbell (editors), U.S. Department of Housing and Urban Development and U.S. Department of Interior, pp. 144-153.

McHarg, I.L.
1969: Design with nature; (1st Edition), American Museum of Natural History, Natural History Press, Garden City, N.J., 197 p.

Morin, F.J.
1974: Estimations de quelques propriétés physiques des sols; Commissions Géologique du Canada, Ottawa, Open File 273, 66 p.

Muehrcke, P.
1972: Thematic cartography; Commission on College Geography Resource, Paper No. 19; Association of American Geographer, Washington, D.C., USA.

Nie, N.H., Hadlaihull, C., Jenkins, J.G., Steinbrenner, K. and Bent, D.H.
1975: Statistical Package for Social Sciences; (2nd edition) McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, N.Y., USA. 675 p.

Pašek, J.
1968: The development of engineering-geological maps in Czechoslovakia; Zentr. Geol. Inst. Abh., Berlin, Vol. 14, pp. 75-85.

Pašek, J. et Rybar, J.
1961: Die Darstellung ingenieurgeologisher Verhatnisse in der Karte 1/25 000; Zeitsch. für angewandte geologie, Vol. 7, No. 3, pp. 136-139.

Pooch, U.W.
1974: Translation of decision tables; Computing Survey, Vol. 6, No. 2, June, pp. 125-151.

Radbruch, D.H.
1968: Engineering Geology in Urban Planning and Construction in the U.S.; XXIII International Conference of Geology, Prague, Vol. 12, pp. 105-111.

Reuter, F.
1968: Grundlagen für ingenieurgeologische Kartierungarbeiten in Auslangungsgebieten der D.D.R.; XXIII International Conference of Geology, Prague, Vol. 12, pp. 113-124.

Sanejouand, R.
1972: La cartographie géotechnique en France; Ministère de l'Equipement et du Logement; Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme et, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris, 96 p.

Simek, R.
1962: Nova inzenyrska geologicka mapa u meritku 1/5 000; Geologicky pozkum, Prague.

Skempton, A.W.
1944: Notes on the compressibility of clays; Quart. Journal of Geological Society, London, England, pp. 119-135.

1953: The colloidal "Activity" of clay; Proc. Third International Conference Soil Mechanics, Vol. 1, pp. 57-61.

1957: New Hongkong Airport (comments by A.W. Skempton); Proc. Institute of Civil Engineers, London, England, Vol. 7, pp. 305-307.

Sowers, G.B. and Sowers, G.F.
1961: Introductory soil mechanics and foundation; (2nd edition), Macmillan Co., New York, N.Y., USA.

Stamatello, H.
1965: Une carte géologique de la ville de Varsovie à l'usage des urbanistes; Revue de Géographie Physique et Géologie Dynamique, Vol. 7, No. 1, pp. 3-10.

Terzaghi, K. et Peck, R.B.
1961: Mécanique des sols appliquée au travaux publics et au bâtiment; Dunod, Paris, 565 p.

1967: Soil mechanics in engineering practice; John Wiley & Sons Inc., New York, N.Y., USA., 729 p.

Thomas A.
1970: Réflexions sur la cartographie géotechnique; 1er Congrès International de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, Paris, France (Tome II), pp. 960-970.

Turner, A.K. and Smedes, H.
1974: Environment, Computers, and Planning - The Jefferson County Experience; Mines Magazine, April, Vol. 64, No. 4, pp. 4-8.

Vantroys, M. et Gros, G.
1972: Traité d'Informatique; ouvrage collectif publié sous la direction de P. Laffitte, Masson et Cie, Paris, pp. 537-578.

Varnes, D.J.
1974: The logic of geologic maps, with reference to their interpretation and use for Engineering Purposes; USGS Professional Paper 837, Washington, D.C., USA, 48 p.

Voight, B.
1973: Correlation between Atterberg Plasticity Limits and Residual Shear Strength of Natural soils; Geotechnique, Vol. 23, No. 2, pp. 265-267.

Zaruba, Q.
1948: Geologisky Podklad a Základove Pomery Unitrné Praky; (Geologic features and foundation conditions of the city of Prague), Suazek 5, Geotechnica, Prague, Tchécoslovakie.

1968: The influence of Geology on the development of the city of Prague; XXIII International Conference of Geology, Prague, Vol. 12, pp. 133-134.

Zebera, K.
1947: Geology in the planning of areas and settlements; Geotechnica, 3 Prague, Czechoslovakia.

ANNEXES

ANNEXE I

---RESUME DES STATISTIQUES ELEMENTAIRES SUR LES DONNEES DE LA BANQUE GEOSCIENTIFIQUE DE HAMILTON, ONTARIO.

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES. II
FORMATION 90 ET 91 TILL DE HALTON GRIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	32.389	STD ERR	.352	STD DEV	22.130
VARIANCE	489.725	KURTOSIS	.937	SKEWNESS	1.138
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	127968.000
C.V. PCT	68.325	.95 C.I.	31.699	TO	33.079

VALID CASES 3951 MISSING CASES 2303

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	17.717	STD ERR	.197	STD DEV	4.266
VARIANCE	18.199	KURTOSIS	37.105	SKEWNESS	4.387
MINIMUM	10.000	MAXIMUM	65.000	SUM	8327.000
C.V. PCT	24.079	.95 C.I.	17.330	TO	18.104

VALID CASES 470 MISSING CASES 5784

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	30.442	STD ERR	.321	STD DEV	6.728
VARIANCE	45.270	KURTOSIS	1.554	SKEWNESS	.760
MINIMUM	10.000	MAXIMUM	62.000	SUM	13364.000
C.V. PCT	22.102	.95 C.I.	29.811	TO	31.073

VALID CASES 439 MISSING CASES 5815

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	17.478	STD ERR	.152	STD DEV	7.842
VARIANCE	61.490	KURTOSIS	40.694	SKEWNESS	4.557
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	99.000	SUM	46719.000
C.V. PCT	44.865	.95 C.I.	17.181	TO	17.776

VALID CASES 2673 MISSING CASES 3581

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 90 ET 91 TILL DE HALTON GRIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2476.460	STD ERR	124.553	STD DEV	1817.797
VARIANCE	3304386.759	KURTOSIS	2.356	SKEWNESS	1.467
MINIMUM	32.000	MAXIMUM	9553.000	SUM	527486.000
C.V. PCT	73.403	.95 C.I.	2230.938	TO	2721.982

VALID CASES 213 MISSING CASES 6041

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	134.489	STD ERR	.312	STD DEV	5.890
VARIANCE	34.696	KURTOSIS	1.900	SKEWNESS	-.470
MINIMUM	105.000	MAXIMUM	152.000	SUM	47878.000
C.V. PCT	4.380	.95 C.I.	133.875	TO	135.103

VALID CASES 356 MISSING CASES 5898

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	3.122	STD ERR	.154	STD DEV	1.481
VARIANCE	2.194	KURTOSIS	-1.405	SKEWNESS	.132
MINIMUM	.700	MAXIMUM	5.500	SUM	287.210
C.V. PCT	47.450	.95 C.I.	2.815	TO	3.429

VALID CASES 92 MISSING CASES 6162

VARIABLE SPECWT$_s$ POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.737	STD ERR	.003	STD DEV	.033
VARIANCE	.001	KURTOSIS	.700	SKEWNESS	-.748
MINIMUM	2.620	MAXIMUM	2.800	SUM	312.000
C.V. PCT	1.217	.95 C.I.	2.731	TO	2.743

VALID CASES 114 MISSING CASES 6140

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 90 ET 91 TILL DE HALTON GRIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	14.457	STD ERR	1.025	STD DEV	10.548
VARIANCE	111.258	KURTOSIS	14.735	SKEWNESS	3.138
MINIMUM	.980	MAXIMUM	79.400	SUM	1532.390
C.V. PCT	72.963	.95 C.I.	12.425	TO	16.488

VALID CASES 106 MISSING CASES 6148

- -

VARIABLE UNCFCOMP COMPRESSION SIMPLE

MEAN	4613.333	STD ERR	802.254	STD DEV	1389.544
VARIANCE	1930833.333	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	.562
MINIMUM	3530.000	MAXIMUM	6180.000	SUM	13840.000
C.V. PCT	30.120	.95 C.I.	1161.476	TO	8065.191

VALID CASES 3 MISSING CASES 6251

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	12.800	STD ERR	.290	STD DEV	6.051
VARIANCE	36.615	KURTOSIS	15.668	SKEWNESS	-1.846
MINIMUM	-40.000	MAXIMUM	34.000	SUM	5581.000
C.V. PCT	47.272	.95 C.I.	12.231	TO	13.370

VALID CASES 436 MISSING CASES 5818

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES V
FORMATION 80 ET 81 TILL DE HALTON ROUGE
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	53.842	STD ERR	2.009	STD DEV	28.133
VARIANCE	791.447	KURTOSIS	-1.055	SKEWNESS	-.071
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	100.000	SUM	10553.000
C.V. PCT	52.251	.95 C.I.	49.879	TO	57.805
VALID CASES	196	MISSING CASES	195		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	17.833	STD ERR	.459	STD DEV.	1.948
VARIANCE	3.794	KURTOSIS	-.396	SKEWNESS	.535
MINIMUM	15.000	MAXIMUM	22.000	SUM	321.000
C.V. PCT	10.923	.95 C.I.	16.865	TO	18.802
VALID CASES	18	MISSING CASES	373		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	28.222	STD ERR	1.275	STD DEV	5.408
VARIANCE	29.242	KURTOSIS	.708	SKEWNESS	1.041
MINIMUM	20.000	MAXIMUM	42.000	SUM	508.000
C.V. PCT	19.161	.95 C.I.	25.533	TO	30.911
VALID CASES	18	MISSING CASES	373		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	12.875	STD ERR	1.094	STD DEV	10.266
VARIANCE	105.398	KURTOSIS	54.698	SKEWNESS	6.847
MINIMUM	5.000	MAXIMUM	99.000	SUM	1133.000
C.V. PCT	79.739	.95 C.I.	10.700	TO	15.050
VALID CASES	88	MISSING CASES	303		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES VI
FORMATION 80 ET 81 TILL DE HALTON ROUGE
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	9800.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	9800.000	MAXIMUM	9800.000	SUM	9800.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	9800.000	TO	9800.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	390		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	139.500	STD ERR	2.915	STD DEV	8.246
VARIANCE	68.000	KURTOSIS	.021	SKEWNESS	.888
MINIMUM	130.000	MAXIMUM	156.000	SUM	1116.000
C.V. PCT	5.911	.95 C.I.	132.606	TO	146.394
VALID CASES	8	MISSING CASES	383		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	5.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	5.000	MAXIMUM	5.000	SUM	25.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	5.000	TO	5.000
VALID CASES	5	MISSING CASES	386		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.744	STD ERR	.007	STD DEV	.019
VARIANCE	.000	KURTOSIS	-.386	SKEWNESS	.719
MINIMUM	2.720	MAXIMUM	2.780	SUM	21.950
C.V. PCT	.701	.95 C.I.	2.728	TO	2.760
VALID CASES	8	MISSING CASES	383		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 80 ET 81 TILL DE HALTON ROUGE
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	21.768	STD ERR	6.141	STD DEV	17.368
VARIANCE	301.662	KURTOSIS	2.348	SKEWNESS	1.969
MINIMUM	11.160	MAXIMUM	63.200	SUM	174.140
C.V. PCT	79.791	.95 C.I.	7.247	TO	36.288

VALID CASES 8 MISSING CASES 383

- -

VARIABLE UNCFCOMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	10.389	STD ERR	1.070	STD DEV	4.539
VARIANCE	20.605	KURTOSIS	.688	SKEWNESS	1.029
MINIMUM	4.000	MAXIMUM	22.000	SUM	187.000
C.V. PCT	43.693	.95 C.I.	8.132	TO	12.646

VALID CASES 18 MISSING CASES 373

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATIONS80,81,90 ET 91 TILL DE HALTON
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENPES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	33.403	STD ERR	.356	STD DEV	22.903
VARIANCE	524.527	KURTOSIS	.661	SKEWNESS	1.077
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	138521.000
C.V. PCT	68.565	.95 C.I.	32.705	TO	34.100
VALID CASES	4147	MISSING CASES	2498		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	17.721	STD ERR	.190	STD DEV	4.202
VARIANCE	17.659	KURTOSIS	38.003	SKEWNESS	4.419
MINIMUM	10.000	MAXIMUM	65.000	SUM	8648.000
C.V. PCT	23.713	.95 C.I.	17.348	TO	18.095
VALID CASES	488	MISSING CASES	6157		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	30.354	STD ERR	.313	STD DEV	6.690
VARIANCE	44.760	KURTOSIS	1.559	SKEWNESS	.776
MINIMUM	10.000	MAXIMUM	62.000	SUM	13872.000
C.V. PCT	22.041	.95 C.I.	29.739	TO	30.970
VALID CASES	457	MISSING CASES	6188		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	17.331	STD ERR	.152	STD DEV	7.969
VARIANCE	63.506	KURTOSIS	40.998	SKEWNESS	4.620
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	99.000	SUM	47852.000
C.V. PCT	45.980	.95 C.I.	17.034	TO	17.629
VALID CASES	2761	MISSING CASES	3884		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES.
FORMATIONS80,91,90 ET 91 TILL DE HALTON
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2510.682	STD ERR	128.607	STD DEV	1881.356
VARIANCE	3539500.481	KURTOSIS	2.615	SKEWNESS	1.540
MINIMUM	32.000	MAXIMUM	9800.000	SUM	537286.000
C.V. PCT	74.934	.95 C.I.	2257.177	TO	2764.187
VALID CASES	214	MISSING CASES	6431		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	134.599	STD ERR	.314	STD DEV	5.982
VARIANCE	35.784	KURTOSIS	2.020	SKEWNESS	-.347
MINIMUM	105.000	MAXIMUM	156.000	SUM	48994.000
C.V. PCT	4.444	.95 C.I.	133.982	TO	135.215
VALID CASES	364	MISSING CASES	6281		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	3.219	STD ERR	.152	STD DEV	1.501
VARIANCE	2.254	KURTOSIS	-1.472	SKEWNESS	.028
MINIMUM	.700	MAXIMUM	5.500	SUM	312.210
C.V. PCT	46.648	.95 C.I.	2.916	TO	3.521
VALID CASES	97	MISSING CASES	6548		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.737	STD ERR	.003	STD DEV	.033
VARIANCE	.001	KURTOSIS	.850	SKEWNESS	-.768
MINIMUM	2.620	MAXIMUM	2.800	SUM	333.950
C.V. PCT	1.189	.95 C.I.	2.731	TO	2.743
VALID CASES	122	MISSING CASES	6523		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATIONS80,81,90 ET 91 TILL DE HALTON
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	14.970	STD ERR	1.050	STD DEV	11.207
VARIANCE	125.587	KURTOSIS	12.557	SKEWNESS	3.031
MINIMUM	.980	MAXIMUM	79.400	SUM	1706.530
C.V. PCT	74.862	.95 C.I.	12.890	TO	17.049

VALID CASES 114 MISSING CASES 6531

VARIABLE UNCFCOMP COMPRESSION SIMPLE

MEAN	4613.333	STD ERR	802.254	STD DEV	1389.544
VARIANCE	1930833.333	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	.562
MINIMUM	3530.000	MAXIMUM	6180.000	SUM	13840.000
C.V. PCT	30.120	.95 C.I.	1161.476	TO	8065.191

VALID CASES 3 MISSING CASES 6642

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	12.705	STD ERR	.282	STD DEV	6.013
VARIANCE	36.156	KURTOSIS	15.307	SKEWNESS	-1.771
MINIMUM	-40.000	MAXIMUM	34.000	SUM	5768.000
C.V. PCT	47.328	.95 C.I.	12.150	TO	13.259

VALID CASES 454 MISSING CASES 6191

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 20 ET 21 ARGILES LACUSTRES BASSES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	21.828	STD ERR	.478	STD DEV	18.935
VARIANCE	358.536	KURTOSIS	3.901	SKEWNESS	1.823
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	34183.000
C.V. PCT	86.746	.95 C.I.	20.890	TO	22.767

VALID CASES 1566 MISSING CASES 965

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	19.020	STD ERR	.276	STD DEV	4.322
VARIANCE	18.676	KURTOSIS	6.461	SKEWNESS	2.072
MINIMUM	10.000	MAXIMUM	40.000	SUM	4660.000
C.V. PCT	22.721	.95 C.I.	18.477	TO	19.564

VALID CASES 245 MISSING CASES 2286

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	35.077	STD ERR	.616	STD DEV	9.446
VARIANCE	89.225	KURTOSIS	3.647	SKEWNESS	1.459
MINIMUM	17.000	MAXIMUM	81.000	SUM	8243.000
C.V. PCT	26.929	.95 C.I.	33.863	TO	36.291

VALID CASES 235 MISSING CASES 2296

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	23.126	STD ERR	.287	STD DEV	9.485
VARIANCE	89.973	KURTOSIS	16.109	SKEWNESS	3.131
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	99.000	SUM	25300.000
C.V. PCT	41.016	.95 C.I.	22.563	TO	23.689

VALID CASES 1094 MISSING CASES 1437

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 20 ET 21 ARGILES LACUSTRES BASSES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS .RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2640.066	STD ERR	151.866	STD DEV	2136.942
VARIANCE	4566521.930	KURTOSIS	1.245	SKEWNESS	1.331
MINIMUM	119.000	MAXIMUM	9963.000	SUM	522733.000
C.V. PCT	80.943	.95 C.I.	2340.574	TO	2939.557
VALID CASES	198	MISSING CASES	2333		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	129.424	STD ERR	.826	STD DEV	4.744
VARIANCE	22.502	KURTOSIS	2.387	SKEWNESS	-.576
MINIMUM	114.000	MAXIMUM	141.000	SUM	4271.000
C.V. PCT	3.665	.95 C.I.	127.742	TO	131.106
VALID CASES	33	MISSING CASES	2498		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	2.933	STD ERR	.491	STD DEV	1.701
VARIANCE	2.893	KURTOSIS	-1.578	SKEWNESS	.034
MINIMUM	.500	MAXIMUM	5.000	SUM	35.200
C.V. PCT	57.988	.95 C.I.	1.853	TO	4.014
VALID CASES	12	MISSING CASES	2519		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.708	STD ERR	.010	STD DEV	.036
VARIANCE	.001	KURTOSIS	.198	SKEWNESS	-.585
MINIMUM	2.630	MAXIMUM	2.770	SUM	35.210
C.V. PCT	1.321	.95 C.I.	2.687	TO	2.730
VALID CASES	13	MISSING CASES	2518		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 20 ET 21 ARGILES LACUSTRES BASSES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	14.042	STD ERR	1.340	STD DEV	4.642
VARIANCE	21.545	KURTOSIS	-.487	SKEWNESS	-.696
MINIMUM	4.600	MAXIMUM	18.600	SUM	168.500
C.V. PCT	33.056	.95 C.I.	11.092	TO	16.991

VALID CASES 12 MISSING CASES 2519

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	15.987	STD ERR	.416	STD DEV	6.361
VARIANCE	40.459	KURTOSIS	2.991	SKEWNESS	.963
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	49.000	SUM	3741.000
C.V. PCT	39.787	.95 C.I.	15.168	TO	16.806

VALID CASES 234 MISSING CASES 2297

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 30 ET 31 ARGILES LACUSTRES HAUTES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	24.007	STD ERR	.819	STD DEV	16.708
VARIANCE	279.159	KURTOSIS	5.317	SKEWNESS	1.999
MINIMUM	4.000	MAXIMUM	100.000	SUM	9987.000
C.V. PCT	69.596	.95 C.I.	22.397	TO	25.617

VALID CASES 416 MISSING CASES 399

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	20.444	STD ERR	.232	STD DEV	2.586
VARIANCE	6.688	KURTOSIS	.354	SKEWNESS	.427
MINIMUM	15.000	MAXIMUM	28.000	SUM	2535.000
C.V. PCT	12.650	.95 C.I.	19.984	TO	20.903

VALID CASES 124 MISSING CASES 691

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	35.309	STD ERR	.658	STD DEV	7.294
VARIANCE	53.199	KURTOSIS	-.352	SKEWNESS	.162
MINIMUM	20.000	MAXIMUM	54.000	SUM	4343.000
C.V. PCT	20.657	.95 C.I.	34.007	TO	36.611

VALID CASES 123 MISSING CASES 692

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	22.049	STD ERR	.492	STD DEV	9.430
VARIANCE	88.927	KURTOSIS	45.666	SKEWNESS	5.944
MINIMUM	6.000	MAXIMUM	99.000	SUM	8092.000
C.V. PCT	42.769	.95 C.I.	21.081	TO	23.017

VALID CASES 367 MISSING CASES 448

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 30 ET 31 ARGILES LACUSTRES HAUTES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H4GP1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2642.191	STD ERR	187.137	STD DEV	1543.171
VARIANCE	2381375.918	KURTOSIS	1.754	SKEWNESS	1.156
MINIMUM	550.000	MAXIMUM	8350.000	SUM	179669.000
C.V. PCT	58.405	.95 C.I.	2268.664	TO	3015.718
VALID CASES	68	MISSING CASES	747		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	128.260	STD ERR	.597	STD DEV	5.238
VARIANCE	27.432	KURTOSIS	-.797	SKEWNESS	-.209
MINIMUM	116.000	MAXIMUM	139.000	SUM	9876.000
C.V. PCT	4.084	.95 C.I.	127.071	TO	129.449
VALID CASES	77	MISSING CASES	738		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	3.527	STD ERR	.149	STD DEV	1.495
VARIANCE	2.234	KURTOSIS	-1.112	SKEWNESS	-.175
MINIMUM	.700	MAXIMUM	7.500	SUM	356.220
C.V. PCT	42.383	.95 C.I.	3.232	TO	3.822
VALID CASES	101	MISSING CASES	714		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.739	STD ERR	.003	STD DEV	.037
VARIANCE	.001	KURTOSIS	-.318	SKEWNESS	-.595
MINIMUM	2.640	MAXIMUM	2.800	SUM	301.290
C.V. PCT	1.334	.95 C.I.	2.732	TO	2.746
VALID CASES	110	MISSING CASES	705		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 30 ET 31 ARGILES LACUSTRES HAUTES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	17.470	STD ERR	1.311	STD DEV	11.500
VARIANCE	132.250	KURTOSIS	5.559	SKEWNESS	2.083
MINIMUM	1.240	MAXIMUM	68.000	SUM	1345.220
C.V. PCT	65.826	.95 C.I.	14.860	TO	20.081

VALID CASES 77 MISSING CASES 738

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

MEAN	3726.667	STD ERR	737.058	STD DEV	2553.245
VARIANCE	6519060.606	KURTOSIS	1.850	SKEWNESS	1.676
MINIMUM	1000.000	MAXIMUM	10280.000	SUM	44720.000
C.V. PCT	68.513	.95 C.I.	2104.412	TO	5348.921

VALID CASES 12 MISSING CASES 803

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	14.893	STD ERR	.558	STD DEV	6.167
VARIANCE	38.030	KURTOSIS	-.236	SKEWNESS	.087
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	30.000	SUM	1817.000
C.V. PCT	41.406	.95 C.I.	13.788	TO	15.999

VALID CASES 122 MISSING CASES 693

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES — XVII
FORMATIONS 20,21,30 ET 31 ARGILES LACUSTRES COMBINEES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	22.286	STD ERR	.416	STD DEV	18.507
VARIANCE	342.514	KURTOSIS	4.102	SKEWNESS	1.836
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	44170.000
C.V. PCT	83.045	.95 C.I.	21.470	TO	23.101

VALID CASES 1982 MISSING CASES 1364

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	19.499	STD ERR	.202	STD DEV	3.882
VARIANCE	15.071	KURTOSIS	6.075	SKEWNESS	1.744
MINIMUM	10.000	MAXIMUM	40.000	SUM	7195.000
C.V. PCT	19.910	.95 C.I.	19.101	TO	19.896

VALID CASES 369 MISSING CASES 2977

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	35.156	STD ERR	.463	STD DEV	8.756
VARIANCE	76.676	KURTOSIS	3.284	SKEWNESS	1.223
MINIMUM	17.000	MAXIMUM	81.000	SUM	12586.000
C.V. PCT	24.907	.95 C.I.	34.246	TO	36.067

VALID CASES 358 MISSING CASES 2988

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	22.856	STD ERR	.248	STD DEV	9.480
VARIANCE	89.867	KURTOSIS	24.590	SKEWNESS	3.814
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	99.000	SUM	33392.000
C.V. PCT	41.477	.95 C.I.	22.369	TO	23.342

VALID CASES 1461 MISSING CASES 1885

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XVIII
FORMATIONS 20,21,30 ET 31 ARGILES LACUSTRES COMBINEES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2640.609	STD ERR	122.579	STD DEV	1999.205
VARIANCE	3996819.756	KURTOSIS	1.535	SKEWNESS	1.341
MINIMUM	119.000	MAXIMUM	9963.000	SUM	702402.000
C.V. PCT	75.710	.95 C.I.	2399.256	TO	2881.962
VALID CASES	266	MISSING CASES	3080		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	128.609	STD ERR	.486	STD DEV	5.101
VARIANCE	26.020	KURTOSIS	-.125	SKEWNESS	-.321
MINIMUM	114.000	MAXIMUM	141.000	SUM	14147.000
C.V. PCT	3.966	.95 C.I.	127.645	TO	129.573
VALID CASES	110	MISSING CASES	3236		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	3.464	STD ERR	.143	STD DEV	1.521
VARIANCE	2.313	KURTOSIS	-1.156	SKEWNESS	-.170
MINIMUM	.500	MAXIMUM	7.500	SUM	391.420
C.V. PCT	43.906	.95 C.I.	3.180	TO	3.747
VALID CASES	113	MISSING CASES	3233		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.736	STD ERR	.003	STD DEV	.038
VARIANCE	.001	KURTOSIS	-.278	SKEWNESS	-.556
MINIMUM	2.630	MAXIMUM	2.800	SUM	336.500
C.V. PCT	1.372	.95 C.I.	2.729	TO	2.742
VALID CASES	123	MISSING CASES	3223		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATIONS 20,21,30 ET 31 ARGILES LACUSTRES COMBINEES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	17.008	STD ERR	1.153	STD DEV	10.876
VARIANCE	118.296	KURTOSIS	6.626	SKEWNESS	2.219
MINIMUM	1.240	MAXIMUM	68.000	SUM	1513.720
C.V. PCT	63.948	.95 C.I.	14.717	TO	19.299
VALID CASES	89	MISSING CASES	3257		

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

MEAN	3726.667	STD ERR	737.058	STD DEV	2553.245
VARIANCE	6519060.606	KURTOSIS	1.850	SKEWNESS	1.676
MINIMUM	1000.000	MAXIMUM	10280.000	SUM	44720.000
C.V. PCT	68.513	.95 C.I.	2104.412	TO	5348.921
VALID CASES	12	MISSING CASES	3334		

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	15.612	STD ERR	.334	STD DEV	6.308
VARIANCE	39.787	KURTOSIS	2.100	SKEWNESS	.696
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	49.000	SUM	5558.000
C.V. PCT	40.402	.95 C.I.	14.955	TO	16.270
VALID CASES	356	MISSING CASES	2990		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 40 ET 41 SEDIMENTS LACUSTRES PEU PROFOND -BAS-
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	26.015	STD ERR	.449	STD DEV	20.502
VARIANCE	420.341	KURTOSIS	1.102	SKEWNESS	1.179
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	54293.000
C.V. PCT	78.810	.95 C.I.	25.135	TO	26.895
VALID CASES	2087	MISSING CASES	946		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	23.071	STD ERR	2.171	STD DEV	11.489
VARIANCE	131.995	KURTOSIS	1.136	SKEWNESS	1.488
MINIMUM	13.000	MAXIMUM	55.000	SUM	646.000
C.V. PCT	49.797	.95 C.I.	18.617	TO	27.526
VALID CASES	28	MISSING CASES	3005		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	36.857	STD ERR	3.640	STD DEV	19.262
VARIANCE	371.016	KURTOSIS	-.111	SKEWNESS	1.085
MINIMUM	18.000	MAXIMUM	80.000	SUM	1032.000
C.V. PCT	52.261	.95 C.I.	29.388	TO	44.326
VALID CASES	28	MISSING CASES	3005		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	18.395	STD ERR	.328	STD DEV	10.859
VARIANCE	117.927	KURTOSIS	27.485	SKEWNESS	4.247
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	99.000	SUM	20161.000
C.V. PCT	59.034	.95 C.I.	17.751	TO	19.039
VALID CASES	1096	MISSING CASES	1937		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 40 ET 41 SEDIMENTS LACUSTRES PEU PROFOND -BAS-
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2505.563	STD ERR	342.539	STD DEV	2373.177
VARIANCE	5631969.400	KURTOSIS	-.171	SKEWNESS	1.054
MINIMUM	240.000	MAXIMUM	8140.000	SUM	120267.000
C.V. PCT	94.716	.95 C.I.	1816.464	TO	3194.661

VALID CASES 48 MISSING CASES 2985

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	133.316	STD ERR	2.250	STD DEV	9.810
VARIANCE	96.228	KURTOSIS	1.414	SKEWNESS	-1.266
MINIMUM	106.000	MAXIMUM	147.000	SUM	2533.000
C.V. PCT	7.358	.95 C.I.	128.588	TO	138.044

VALID CASES 19 MISSING CASES 3014

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	2.014	STD ERR	.526	STD DEV	1.392
VARIANCE	1.938	KURTOSIS	-.650	SKEWNESS	1.062
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	4.500	SUM	14.100
C.V. PCT	69.114	.95 C.I.	.727	TO	3.302

VALID CASES 7 MISSING CASES 3026

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.689	STD ERR	.011	STD DEV	.028
VARIANCE	.001	KURTOSIS	-1.593	SKEWNESS	-.288
MINIMUM	2.650	MAXIMUM	2.720	SUM	18.820
C.V. PCT	1.039	.95 C.I.	2.663	TO	2.714

VALID CASES 7 MISSING CASES 3026

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 40 ET 41 SEDIMENTS LACUSTRES PEU PROFOND -BAS-
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	13.816	STD ERR	3.390	STD DEV	7.581
VARIANCE	57.475	KURTOSIS	-1.291	SKEWNESS	-.440
MINIMUM	3.160	MAXIMUM	21.840	SUM	69.080
C.V. PCT	54.873	.95 C.I.	4.403	TO	23.229

VALID CASES 5 MISSING CASES 3028

- -

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	13.786	STD ERR	1.757	STD DEV	9.299
VARIANCE	86.471	KURTOSIS	-.422	SKEWNESS	.938
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	34.000	SUM	386.000
C.V. PCT	67.454	.95 C.I.	10.180	TO	17.391

VALID CASES 28 MISSING CASES 3005

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 60 ET 61 SEDIMENTS LACUSTRES PEU PROFOND -HAUTS-
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	29.954	STD ERR	1.737	STD DEV	19.885
VARIANCE	395.413	KURTOSIS	1.975	SKEWNESS	1.333
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	100.000	SUM	3924.000
C.V. PCT	66.385	.95 C.I.	26.517	TO	33.391
VALID CASES	131	MISSING CASES	78		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	18.000	STD ERR	1.000	STD DEV	1.414
VARIANCE	2.000	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	17.000	MAXIMUM	19.000	SUM	36.000
C.V. PCT	7.857	.95 C.I.	5.294	TO	30.706
VALID CASES	2	MISSING CASES	207		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	26.000	STD ERR	3.000	STD DEV	4.243
VARIANCE	18.000	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	23.000	MAXIMUM	29.000	SUM	52.000
C.V. PCT	16.318	.95 C.I.	-12.119	TO	64.119
VALID CASES	2	MISSING CASES	207		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	17.669	STD ERR	.406	STD DEV	4.415
VARIANCE	19.488	KURTOSIS	.987	SKEWNESS	-.575
MINIMUM	4.000	MAXIMUM	28.000	SUM	2085.000
C.V. PCT	24.984	.95 C.I.	16.865	TO	18.474
VALID CASES	118	MISSING CASES	91		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XXIV
FORMATION 60 ET 61 SEDIMENTS LACUSTRES PEU PROFOND -HAUTS-
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	1457.000	STD ERR	1293.000	STD DEV	1828.578
VARIANCE	3343698.000	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	164.000	MAXIMUM	2750.000	SUM	2914.000
C.V. PCT	125.503	.95 C.I.	-14972.117	TO	17886.117
VALID CASES	2	MISSING CASES	207		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	136.667	STD ERR	.667	STD DEV	1.633
VARIANCE	2.667	KURTOSIS	-1.365	SKEWNESS	.280
MINIMUM	135.000	MAXIMUM	139.000	SUM	820.000
C.V. PCT	1.195	.95 C.I.	134.953	TO	138.380
VALID CASES	6	MISSING CASES	203		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	1.600	STD ERR	.937	STD DEV	1.874
VARIANCE	3.513	KURTOSIS	-.689	SKEWNESS	1.127
MINIMUM	.500	MAXIMUM	4.400	SUM	6.400
C.V. PCT	117.149	.95 C.I.	-1.383	TO	4.583
VALID CASES	4	MISSING CASES	205		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.710	STD ERR	.008	STD DEV	.020
VARIANCE	.000	KURTOSIS	-1.260	SKEWNESS	.657
MINIMUM	2.690	MAXIMUM	2.740	SUM	16.260
C.V. PCT	.738	.95 C.I.	2.689	TO	2.731
VALID CASES	6	MISSING CASES	203		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 60 ET 61 SEDIMENTS LACUSTRES PEU PROFOND -HAUTS-
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	16.567	STD ERR	1.980	STD DEV	3.429
VARIANCE	11.761	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	-.562
MINIMUM	12.700	MAXIMUM	19.240	SUM	49.700
C.V. PCT	20.701	.95 C.I.	8.047	TO	25.086

VALID CASES 3 MISSING CASES 206

- -

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	8.000	STD ERR	2.000	STD DEV	2.828
VARIANCE	8.000	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	6.000	MAXIMUM	10.000	SUM	16.000
C.V. PCT	35.355	.95 C.I.	-17.412	TO	33.412

VALID CASES 2 MISSING CASES 207

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATIONS 40,41,60 ET 61 SEDIMENTS EAUX PEU PROFONDES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	26.248	STD ERR	.435	STD DEV	20.483
VARIANCE	419.552	KURTOSIS	1.144	SKEWNESS	1.182
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	58217.000
C.V. PCT	78.038	.95 C.I.	25.395	TO	27.100
VALID CASES	2218	MISSING CASES	1024		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	22.733	STD ERR	2.038	STD DEV	11.163
VARIANCE	124.616	KURTOSIS	1.504	SKEWNESS	1.594
MINIMUM	13.000	MAXIMUM	55.000	SUM	682.000
C.V. PCT	49.105	.95 C.I.	18.565	TO	26.902
VALID CASES	30	MISSING CASES	3212		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	36.133	STD ERR	3.433	STD DEV	18.805
VARIANCE	353.637	KURTOSIS	.141	SKEWNESS	1.185
MINIMUM	18.000	MAXIMUM	80.000	SUM	1084.000
C.V. PCT	52.044	.95 C.I.	29.111	TO	43.155
VALID CASES	30	MISSING CASES	3212		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	18.325	STD ERR	.299	STD DEV	10.411
VARIANCE	108.381	KURTOSIS	29.710	SKEWNESS	4.364
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	99.000	SUM	22246.000
C.V. PCT	56.812	.95 C.I.	17.738	TO	18.911
VALID CASES	1214	MISSING CASES	2028		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATIONS 40,41,60 ET 61 SEDIMENTS EAUX PEU PROFONDES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2463.620	STD ERR	332.067	STD DEV	2348.066
VARIANCE	5513413.628	KURTOSIS	-.075	SKEWNESS	1.077
MINIMUM	164.000	MAXIMUM	8140.000	SUM	123181.000
C.V. PCT	95.310	.95 C.I.	1796.307	TO	3130.933
VALID CASES	50	MISSING CASES	3192		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	134.120	STD ERR	1.730	STD DEV	8.652
VARIANCE	74.860	KURTOSIS	2.979	SKEWNESS	-1.636
MINIMUM	106.000	MAXIMUM	147.000	SUM	3353.000
C.V. PCT	6.451	.95 C.I.	130.549	TO	137.691
VALID CASES	25	MISSING CASES	3217		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	1.864	STD ERR	.453	STD DEV	1.504
VARIANCE	2.261	KURTOSIS	-.744	SKEWNESS	.990
MINIMUM	.500	MAXIMUM	4.500	SUM	20.500
C.V. PCT	80.676	.95 C.I.	.854	TO	2.874
VALID CASES	11	MISSING CASES	3231		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.698	STD ERR	.007	STD DEV	.026
VARIANCE	.001	KURTOSIS	-.549	SKEWNESS	-.382
MINIMUM	2.650	MAXIMUM	2.740	SUM	35.080
C.V. PCT	.967	.95 C.I.	2.683	TO	2.714
VALID CASES	13	MISSING CASES	3229		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATIONS 40,41,60 ET 61 SEDIMENTS EAUX PEU PROFONDES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	14.848	STD ERR	2.186	STD DEV	6.183
VARIANCE	38.230	KURTOSIS	-.449	SKEWNESS	-.842
MINIMUM	3.160	MAXIMUM	21.840	SUM	118.780
C.V. PCT	41.644	.95 C.I.	9.678	TO	20.017

VALID CASES 8 MISSING CASES 3234

- -

VARIABLE UNCFCOMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	13.400	STD ERR	1.663	STD DEV	9.107
VARIANCE	82.936	KURTOSIS	-.211	SKEWNESS	1.033
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	34.000	SUM	402.000
C.V. PCT	67.963	.95 C.I.	9.999	TO	16.801

VALID CASES 30 MISSING CASES 3212

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 50 ET 51 SEDIMENTS PRE-IROQUOIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	18.128	STD ERR	2.805	STD DEV	17.514
VARIANCE	306.746	KURTOSIS	6.993	SKEWNESS	2.531
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	90.000	SUM	707.000
C.V. PCT	96.613	.95 C.I.	12.451	TO	23.806
VALID CASES	39	MISSING CASES	33		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	17.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	17.000	MAXIMUM	17.000	SUM	17.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	17.000	TO	17.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	71		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	37.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	37.000	MAXIMUM	37.000	SUM	37.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	37.000	TO	37.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	71		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	17.500	STD ERR	1.674	STD DEV	7.487
VARIANCE	56.053	KURTOSIS	-.488	SKEWNESS	-.322
MINIMUM	4.000	MAXIMUM	30.000	SUM	350.000
C.V. PCT	42.782	.95 C.I.	13.996	TO	21.004
VALID CASES	20	MISSING CASES	52		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XXX
FORMATION 50 ET 51 SEDIMENTS PRE-IROQUOIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2374.333	STD ERR	2214.604	STD DEV	3835.807
VARIANCE	.1471E+08	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	.706
MINIMUM	100.000	MAXIMUM	6805.000	SUM	7123.000
C.V. PCT	161.553	.95 C.I.	-7154.444	TO	11903.111
VALID CASES	3	MISSING CASES	69		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	1.367	STD ERR	.633	STD DEV	1.097
VARIANCE	1.203	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	.545
MINIMUM	.500	MAXIMUM	2.600	SUM	4.100
C.V. PCT	80.266	.95 C.I.	-1.358	TO	4.092
VALID CASES	3	MISSING CASES	69		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.705	STD ERR	.010	STD DEV	.019
VARIANCE	.000	KURTOSIS	-1.372	SKEWNESS	-.493
MINIMUM	2.680	MAXIMUM	2.720	SUM	10.820
C.V. PCT	.708	.95 C.I.	2.675	TO	2.735
VALID CASES	4	MISSING CASES	68		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION 50 ET 51 SEDIMENTS PRE-IROQUOIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	22.797	STD ERR	8.011	STD DEV	13.875
VARIANCE	192.519	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	.277
MINIMUM	10.120	MAXIMUM	37.620	SUM	68.390
C.V. PCT	60.865	.95 C.I.	-11.671	TO	57.265
VALID CASES	3	MISSING CASES	69		

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	20.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	20.000	MAXIMUM	20.000	SUM	20.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	20.000	TO	20.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	71		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XXXII
FORMATION FC REMBLAIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H3CM4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	13.961	STD ERR	.379	STD DEV	12.823
VARIANCE	164.424	KURTOSIS	9.581	SKEWNESS	2.639
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	15944.000
C.V. PCT	91.844	.95 C.I.	13.217	TO	14.706
VALID CASES	1142	MISSING CASES	1367		

VARIABLE LP. LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	20.867	STD ERR	2.607	STD DEV	10.099
VARIANCE	101.981	KURTOSIS	8.246	SKEWNESS	3.051
MINIMUM	15.000	MAXIMUM	56.000	SUM	313.000
C.V. PCT	48.396	.95 C.I.	15.274	TO	26.459
VALID CASES	15	MISSING CASES	2494		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	32.538	STD ERR	2.469	STD DEV	8.903
VARIANCE	79.269	KURTOSIS	-.920	SKEWNESS	.280
MINIMUM	19.000	MAXIMUM	49.000	SUM	423.000
C.V. PCT	27.362	.95 C.I.	27.158	TO	37.919
VALID CASES	13	MISSING CASES	2496		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	20.112	STD ERR	.496	STD DEV	12.492
VARIANCE	156.052	KURTOSIS	16.852	SKEWNESS	3.420
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	99.000	SUM	12751.000
C.V. PCT	62.113	.95 C.I.	19.138	TO	21.086
VALID CASES	634	MISSING CASES	1875		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION F0 REMBLAIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	1293.267	STD ERR	375.263	STD DEV	1453.387
VARIANCE	2112334.638	KURTOSIS	.282	SKEWNESS	1.347
MINIMUM	100.000	MAXIMUM	4380.000	SUM	19399.000
C.V. PCT	112.381	.95 C.I.	488.408	TO	2098.126
VALID CASES	15	MISSING CASES	2494		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	131.500	STD ERR	1.511	STD DEV	8.809
VARIANCE	77.591	KURTOSIS	.018	SKEWNESS	-.411
MINIMUM	110.000	MAXIMUM	151.000	SUM	4471.000
C.V. PCT	6.699	.95 C.I.	128.427	TO	134.573
VALID CASES	34	MISSING CASES	2475		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

MEAN	3.229	STD ERR	.690	STD DEV	1.826
VARIANCE	3.336	KURTOSIS	-1.804	SKEWNESS	-.184
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	5.000	SUM	22.600
C.V. PCT	56.570	.95 C.I.	1.539	TO	4.918
VALID CASES	7	MISSING CASES	2502		

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

MEAN	2.679	STD ERR	.017	STD DEV	.048
VARIANCE	.002	KURTOSIS	-1.348	SKEWNESS	.207
MINIMUM	2.620	MAXIMUM	2.750	SUM	21.430
C.V. PCT	1.790	.95 C.I.	2.639	TO	2.719
VALID CASES	8	MISSING CASES	2501		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION F0 REMBLAIS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

MEAN	28.915	STD ERR	10.114	STD DEV	24.773
VARIANCE	613.708	KURTOSIS	.267	SKEWNESS	1.326
MINIMUM	10.920	MAXIMUM	76.000	SUM	173.490
C.V. PCT	85.676	.95 C.I.	2.918	TO	54.912

VALID CASES 6 MISSING CASES 2503

- - - -

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION X0 ORGANIQUES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	7.507	STD ERR	.810	STD DEV	9.991
VARIANCE	99.828	KURTOSIS	24.904	SKEWNESS	4.446
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	81.000	SUM	1141.000
C.V. PCT	133.102	.95 C.I.	5.905	TO	9.108
VALID CASES	152	MISSING CASES	233		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	45.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	45.000	MAXIMUM	45.000	SUM	45.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	45.000	TO	45.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	384		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	70.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	70.000	MAXIMUM	70.000	SUM	70.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	70.000	TO	70.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	384		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	37.137	STD ERR	2.567	STD DEV	22.961
VARIANCE	527.209	KURTOSIS	.239	SKEWNESS	.939
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	99.000	SUM	2971.000
C.V. PCT	61.827	.95 C.I.	32.028	TO	42.247
VALID CASES	80	MISSING CASES	305		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION XO ORGANIQUES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	568.250	STD ERR	167.679	STD DEV	335.359
VARIANCE	112465.583	KURTOSIS	-1.109	SKEWNESS	.582
MINIMUM	250.000	MAXIMUM	1023.000	SUM	2273.000
C.V. PCT	59.016	.95 C.I.	34.627	TO	1101.873

VALID CASES 4 MISSING CASES 381

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	126.571	STD ERR	5.694	STD DEV	15.065
VARIANCE	226.952	KURTOSIS	.625	SKEWNESS	-1.187
MINIMUM	96.000	MAXIMUM	141.000	SUM	886.000
C.V. PCT	11.902	.95 C.I.	112.639	TO	140.504

VALID CASES 7 MISSING CASES 378

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION X0 ORGANIQUES
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	25.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	25.000	MAXIMUM	25.000	SUM	25.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	25.000	TO	25.000

VALID CASES 1 MISSING CASES 384

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION AD ALLUVIONS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	29.455	STD ERR	8.971	STD DEV	29.754
VARIANCE	885.273	KURTOSIS	.801	SKEWNESS	1.338
MINIMUM	3.000	MAXIMUM	100.000	SUM	324.000
C.V. PCT	101.015	.95 C.I.	9.466	TO	49.443

VALID CASES 11 MISSING CASES 13

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	36.500	STD ERR	19.500	STD DEV	27.577
VARIANCE	760.500	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	17.000	MAXIMUM	56.000	SUM	73.000
C.V. PCT	75.554	.95 C.I.	-211.271	TO	284.271

VALID CASES 2 MISSING CASES 22

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	31.500	STD ERR	1.500	STD DEV	2.121
VARIANCE	4.500	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	30.000	MAXIMUM	33.000	SUM	63.000
C.V. PCT	6.734	.95 C.I.	12.441	TO	50.559

VALID CASES 2 MISSING CASES 22

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	18.429	STD ERR	2.987	STD DEV	11.175
VARIANCE	124.879	KURTOSIS	.490	SKEWNESS	.969
MINIMUM	5.000	MAXIMUM	45.000	SUM	258.000
C.V. PCT	60.639	.95 C.I.	11.976	TO	24.881

VALID CASES 14 MISSING CASES 10

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XXXIX
FORMATION AO ALLUVIONS
FILE NONAME (CRÉATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	1056.667	STD ERR	607.353	STD DEV	1051.966
VARIANCE	1106633.333	KURTOSIS	-1.500	SKEWNESS	.700
MINIMUM	400.000	MAXIMUM	2270.000	SUM	3170.000
C.V. PCT	99.555	.95 C.I.	-1556.591	TO	3669.925

VALID CASES 3 MISSING CASES 21

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XL
FORMATION A0 ALLUVIONS
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	-5.000	STD ERR	18.000	STD DEV	25.456
VARIANCE	648.000	KURTOSIS	-2.000	SKEWNESS	0
MINIMUM	-23.000	MAXIMUM	13.000	SUM	-10.000
C.V. PCT	509.117	.95 C.I.	-233.712	TO	223.712

VALID CASES 2 MISSING CASES 22

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION HO SEDIMENTS GROSSIERS DEPOTS EN MILIEU AQUEUX
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE PENRES RESISTANCE A LA PENETRATION EN COUPS PAR

MEAN	27.441	STD ERR	1.073	STD DEV	21.379
VARIANCE	457.060	KURTOSIS	.807	SKEWNESS	1.098
MINIMUM	1.000	MAXIMUM	100.000	SUM	10894.000
C.V. PCT	77.909	.95 C.I.	25.331	TO	29.550
VALID CASES	397	MISSING CASES	371		

VARIABLE LP LIMITE DE PLASTICITE

MEAN	17.200	STD ERR	1.068	STD DEV	2.387
VARIANCE	5.700	KURTOSIS	-1.279	SKEWNESS	-.138
MINIMUM	14.000	MAXIMUM	20.000	SUM	86.000
C.V. PCT	13.881	.95 C.I.	14.236	TO	20.164
VALID CASES	5	MISSING CASES	763		

VARIABLE LL LIMITE DE LIQUIDITE

MEAN	27.200	STD ERR	2.498	STD DEV	5.586
VARIANCE	31.200	KURTOSIS	-.490	SKEWNESS	-1.004
MINIMUM	18.000	MAXIMUM	32.000	SUM	136.000
C.V. PCT	20.536	.95 C.I.	20.265	TO	34.135
VALID CASES	5	MISSING CASES	763		

VARIABLE MC TENEUR EN EAU

MEAN	16.261	STD ERR	1.542	STD DEV	18.116
VARIANCE	328.194	KURTOSIS	13.445	SKEWNESS	3.650
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	99.000	SUM	2244.000
C.V. PCT	111.409	.95 C.I.	13.211	TO	19.310
VALID CASES	138	MISSING CASES	630		

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES XLII
FORMATION WO SEDIMENTS GROSSIERS DEPOTS EN MILIEU AQUEUX
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE SHEARS RESISTANCE AU CISAILLEMENT

MEAN	2480.000	STD ERR	0	STD DEV	0
VARIANCE	0	KURTOSIS	0	SKEWNESS	0
MINIMUM	2480.000	MAXIMUM	2480.000	SUM	2480.000
C.V. PCT	0	.95 C.I.	2480.000	TO	2480.000
VALID CASES	1	MISSING CASES	767		

VARIABLE UW POIDS SPECIFIQUE DE L AGREGAT

MEAN	135.000	STD ERR	1.763	STD DEV	4.986
VARIANCE	24.857	KURTOSIS	-.065	SKEWNESS	1.043
MINIMUM	131.000	MAXIMUM	145.000	SUM	1080.000
C.V. PCT	3.693	.95 C.I.	130.832	TO	139.168
VALID CASES	8	MISSING CASES	760		

VARIABLE PREAD LECTURE DE PENETROMETRE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE SPECWT POIDS SPECIFIQUE DES SOLIDES

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

VARIABLE CARBONAT TENEUR EN CARBONATES

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

STATISTIQUES ELEMENTAIRES CONCERNANT LES PARAMETRES MESURES
FORMATION HO SEDIMENTS GROSSIERS DEPOTS EN MILIEU AQUEUX
FILE NONAME (CREATION DATE = 24/01/77)
SUBFILE H30M5C H30M5D H30M4E H30M4F H30M4G H40P1H

VARIABLE UNCFCCMP COMPRESSION SIMPLE

STATISTICS CANNOT BE COMPUTED FOR THIS VARIABLE
IT IS EITHER MISSING IN EVERY CASE OR HAS BAD DATA VALUES.

- -

VARIABLE IP INDICE DE PLASTICITE

MEAN	10.000	STD ERR	2.025	STD DEV	4.528
VARIANCE	20.500	KURTOSIS	.131	SKEWNESS	-1.409
MINIMUM	2.000	MAXIMUM	13.000	SUM	50.000
C.V. PCT	45.277	.95 C.I.	4.378	TO	15.622

VALID CASES 5 MISSING CASES 763

ANNEXE II

--- PROGRAMME DE REGROUPEMENT ET D"IDENTIFICATION DES HORIZONS DE SOLS SELON LES UNITES STRATIGRAPHIQUES CONNUES DANS LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO.

```
       PROCEDURE DIVISION.
       START.
           PERFORM SORT-PROC.
           OPEN INPUT INFILE , OUTPUT GOODFILE , BADFILE .
           PERFORM TRANSFORM THRU EXIT-TRANSFORM UNTIL  FINISHED .
           DISPLAY "  NUMBER OF RECORDS READ ON INPUT  = " COUNT-IN.
           DISPLAY "  NUMBER OF GOOD RECORDS WRITTEN   = " COUNT-OUT .
           DISPLAY "  NUMBER OF BAD RECORDS WRITTEN    = " COUNT-BAD .
           CLOSE INFILE GOODFILE , BADFILE .
           STOP RUN .
       SORT-PROC.
           SORT SORTFILE ON ASCENDING KEY DATA-NO OF SORTREC
               USING OLDFILE GIVING INFILE.

      *  ************************************************************
      *  *                                                          *
      *  *    CE PROGRAMME TENTE DE REGROUPER LES DESCRIPTIONS      *
      *  *    DES DEPOTS MEUBLES DE LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO, *
      *  *    SELON LES PRINCIPALES UNITES STRATIGRAPHIQUES         *
      *  *    RECONNUES PAR P.F. KARROW (1963), W.R. COWAN (1972)   *
      *  *    ET B.H. FEENSTRA (1975).                              *
      *  *                                                          *
      *  ************************************************************

       TRANSFORM.
           READ INFILE AT END MOVE "E" TO END-RECORDS ,
                              GO TO EXIT-TRANSFORM .
           ADD 1 TO COUNT-IN.
           IF COUNT-IN EQ 100 MOVE SPACE TO TRACEX.
           IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
               "  TRANSFORM  REC NO - " COUNT-IN.
           MOVE 1 TO K .
           MOVE SPACES TO END-HORIZON , END-RESOLVE .

           PERFORM HORIZON-TEST VARYING I FROM 1 BY 1 UNTIL I IS
                   GREATER THAN 9 OR FINISHED-HORIZON  .
           SUBTRACT 1 FROM K .
           MOVE K TO LEVEL-NO.
           MOVE CORR HEADER-RECORD OF INREC TO
                     HEADER-RECORD OF GOODREC .

           PERFORM RESOLVE VARYING I FROM 1 BY 1 UNTIL I IS
                   GREATER THAN 9 OR K .

           MOVE ZEROS TO TOP-EL , MOVE 1 TO HOR-GROUP-NUMBER .
           PERFORM GROUPING-TABLE THRU GROUP-EXIT  VARYING I FROM 1 BY 1
                     UNTIL I IS GREATER THAN K  OR 9 .
```

```
           IF  UNRESOLVED  OR  TRACE-ON  OR  PARTIAL-TRACE
               ADD 1 TO COUNT-BAD.
           MOVE DATA-NO OF INREC TO DATA-NUMBER.
                       ADD 1 TO COUNT-OUT .
           WRITE GOODREC INVALID KEY DISPLAY "  INVALID DATA-NO = "
               DATA-NO OF INREC.
           MOVE SPACES TO GOODREC .
       EXIT-TRANSFORM.
           EXIT.
      /

      *  ***************************************************************
      *  *                                                             *
      *  *    PREMIERE SUBDIVISION DES DONNEES. -TYPES DE DEPOTS-.     *
      *  *                                                             *
      *  ***************************************************************

       HORIZON-TEST.
           IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
               "    HORIZON  I = " I " NOUN - " NOUN OF INREC (I) .
           PERFORM THICKNESS .
           IF ( NOUN OF INREC (I) = "121" OR "119" )
                   MOVE SPACES TO NEW-NOUN (K)  MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR
                     MOVE "E" TO END-HORIZON .
           ELSE
           IF ( NOUN OF INREC (I) = SPACES AND ELEV-D OF INREC (I) = 0 )
                       MOVE "E" TO END-HORIZON .
           ELSE  IF DELTA-THICK IS LESS-EQUAL  1.0     OR
                   ( NOUN OF INREC (I) EQUALS "116"  OR "120"  )
                       MOVE "A" TO INCLUDEX , NEW-NOUN (K) .
                       MOVE I TO INCLUDE-I (I) .
                       MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR .
           ELSE  IF NOUN OF INREC (I) EQUALS SPACES
                   MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR , MOVE "E" TO END-HORIZON .
           ELSE  IF NOUN OF INREC (I)  EQUALS "022"
                       MOVE SPACES TO NEXT-HOR .
           ELSE    PERFORM  MAIN-TABLE .
           IF ANOTHER-HORIZON
                   MOVE CORR HORIZON-RECORD OF INREC (I) TO
                             HORIZON-RECORD OF GOODREC (K)    .
                   MOVE SPACES TO NEXT-HOR ,
                   ADD 1 TO K .
       THICKNESS.
           IF I = 9  OR ( ELEV OF INREC  (I) = SPACES OR  ZEROS      )
                    EXAMINE ELEV OF INREC (I) REPLACING LEADING " " BY 0
                    EXAMINE BOTM-ELEV OF INREC REPLACING
                       LEADING SPACES BY ZEROS .
                    SUBTRACT BOTM-ELEV-D OF INREC FROM
                       ELEV-D OF INREC (I) GIVING DELTA-THICK ,
           ELSE    EXAMINE ELEV OF INREC (I) REPLACING LEADING " " BY 0
                   EXAMINE ELEV OF INREC ( I + 1 ) REPLACING LEADING
                   SPACES BY ZEROS ,
                   SUBTRACT ELEV-D  OF INREC (I + 1 ) FROM ELEV-D OF
                   INREC ( I )    GIVING DELTA-THICK .
      /

      *  ***************************************************************
      *  *                                                             *
      *  *    SUBDIVISIONS DES PRINCIPAUX GENRES DE DEPOTS MEUBLES.    *
      *  *                                                             *
```

```
*  ************************************************************
MAIN-TABLE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
       "         MAIN TABLE    GEN = " GEN OF INREC (I) .
    IF NOUN OF INREC (I) = "020"
                MOVE "X0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT"  TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF NOUN OF INREC (I) = "004" AND NOT 4-GEN OF INREC
    (I) AND GEN OF INREC (I) IS NOT EQUAL TO "012"
                MOVE "F0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT"  TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF NOUN OF INREC (I) = "101" AND NOT 4-GEN OF INREC (I)
                PERFORM TILL-TABLE THRU TILL-EXIT .
    ELSE  IF  GEN OF INREC (I) = "012"   AND
              NOUN OF INREC (I) IS NOT EQUAL TO "004"
                PERFORM TILL-TABLE THRU TILL-EXIT ,
    ELSE  IF 2-NOUN OF INREC (I)
                PERFORM GOOD-QUESTION .
    ELSE  IF GEN OF INREC (I) = ZEROS
                PERFORM SORTING-TABLE ,
    ELSE  IF GEN OF INREC (I) = "013"  OR  "015"
                PERFORM GENERAL-LACUS-TABLE ,
    ELSE  IF GEN OF INREC (I) = "026"
                MOVE "T0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT"  TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF GEN OF INREC (I) = "009"
                MOVE "K0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT"  TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF GEN OF INREC (I) = "002"
                MOVE "A0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT"  TO NEXT-HOR ,
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION .
GOOD-QUESTION.
    MOVE " Z" TO NEW-NOUN  (K) ,
    MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR .
/

*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    SUBDIVISION DES TILLS.                                *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

TILL-TABLE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
       "         TILL TABLE   COLOR2 = " COLOR2 OF INREC (I) .
    IF NOUN OF INREC (I) IS NOT EQUAL TO "101"
              GO TO TILL-PART-2 .
    IF COLOR2 OF INREC (I) = "14"
                MOVE "80" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF SUB1 OF INREC (I)   = "089"  OR "091"
                MOVE "90" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE        MOVE "70" TO NEW-NOUN (K) ,
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR.
    IF I IS GREATER THAN 1   AND
        ( SUB1 OF INREC (I) = NOUN OF INREC ( I - 1 )   AND
          SUB2 OF INREC (I) = SUB1 OF INREC ( I - 1 )   AND
          SUB3 OF INREC (I) = SUB2 OF INREC ( I - 1 )   )
                MOVE NEW-NOUN (I) TO NEW-NOUN ( I - 1 ) .
```

```
      IF I IS LESS THAN K    AND
          ( SUB1 OF INREC (I) = NOUN OF INREC ( I + 1 )    AND
            SUB2 OF INREC (I) = SUB1 OF INREC ( I + 1 )    AND
           SUB3 OF INREC (I) = SUB2 OF INREC ( I + 1 )          )
                 MOVE NEW-NOUN (I) TO NEW-NOUN ( I + 1 )
                 ADD 1 TO I .
      GO TO TILL-EXIT.
  TILL-PART-2.
      IF NOUN OF INREC (I) IS NOT EQUAL TO "089"  AND
         NOUN OF INREC (I) IS NOT EQUAL TO "091"
                 GO TO TILL-PART-3 .
      IF GEN OF INREC (I) NOT EQUAL "012"
                 GO TO TILL-PART-2A ,
     ELSE  IF COLOR2  OF INREC (I)  = "14"
                 MOVE "80" TO NEW-NOUN (K)
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
      ELSE       MOVE "90" TO NEW-NOUN (K) ,
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR .
      GO TO TILL-EXIT .
  TILL-PART-2A.
      IF COLOR2 OF INREC (I) = "14"
                 MOVE "81" TO NEW-NOUN (K)
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
      ELSE       MOVE "91" TO NEW-NOUN (K) ,
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR .
      GO TO TILL-EXIT.
  TILL-PART-3.
      IF PEN-RES OF INREC (I) IS NOT EQUAL TO SPACES
          EXAMINE PEN-RES OF INREC (I) REPLACING LEADING " " BY 0 .
      IF GEN OF INREC (I) = "012"
                 MOVE "70" TO NEW-NOUN (K)
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
      ELSE  IF  PEN-RES OF INREC (I) GR "026"  AND
                PEN-RES OF INREC (I)  NOT = SPACES
                 MOVE "71" TO NEW-NOUN (K)
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
      ELSE  IF PEN-RES OF INREC (I) NOT = SPACES
                 PERFORM GOOD-QUESTION .
      ELSE  IF PHYS OF INREC (I) NOT = "023"  AND
               PHYS OF INREC (I) NOT = "038"
                 MOVE "71" TO NEW-NOUN (K)
                 MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
      ELSE       PERFORM GOOD-QUESTION.
  TILL-EXIT.
      EXIT.
/


*  ************************************************************************
*  *                                                                      *
*  *    APPRECIATION DE LA GRANULOMETRIE DES DEPOTS CLASSES               *
*  *    NON-COHESIFS.                                                     *
*  *                                                                      *
*  ************************************************************************

  SORTING-TABLE.
      IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
          "          SORT TABLE  SUB1 , SUB2 , SUB3 = "
          SUB1 OF INREC (I) " " SUB2 OF INREC (I) " "
          SUB3 OF INREC (I) .
      IF NOUN OF INREC (I) = "089"  OR  "091"
                 PERFORM GENERAL-FINES-TABLE THRU FINES-EXIT ,
      ELSE  IF NOUN OF INREC (I) = "061"  OR "050"
```

```
                PERFORM  GENERAL-COARSE-TABLE THRU COARSE-EXIT .
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION .


*  ****************************************************************
*  *                                                              *
*  *    PREMIERE SUBDIVISION DES DEPOTS FINS.                     *
*  *                                                              *
*  ****************************************************************

GENERAL-FINES-TABLE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
        "         GEN FINES   STRUC = " STRUC OF INREC (I) .
    IF NOUN OF INREC (I) = "089" AND
             SUB1 OF INREC (I)  NOT EQUAL TO SPACES  AND
             ( "091" NOT EQUAL TO  SUB1 OF INREC (I)  AND
               "091" NOT EQUAL TO  SUB2 OF INREC (I)  AND
               "091" NOT EQUAL TO  SUB3 OF INREC (I)  )
                GO TO GEN-FINES-2 ,
    ELSE  IF NOUN OF INREC (I) = "089" AND
           SUB1 OF INREC (I) = SPACES
                PERFORM DEEP-LACUSTRINE ,
    ELSE  IF "050" =  SUB1 OF INREC (I) ,
                      SUB2 OF INREC (I) ,     OR
                      SUB3 OF INREC (I)
                GO TO GEN-FINES-1A
    ELSE        PERFORM DEEP-LACUSTRINE .
    GO TO FINES-EXIT .

*  ****************************************************************
*  *                                                              *
*  *    SUBDIVISION DES DIFFERENTS SILTS ET ARGILES.              *
*  *                                                              *
*  ****************************************************************

GEN-FINES-1A.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" .
        "         GEN FINES 1A " .
    IF STRUC OF INREC (I) = "026"
                PERFORM DEEP-LACUSTRINE ,
    ELSE        PERFORM TILL-TABLE THRU TILL-EXIT .
    GO TO FINES-EXIT .
GEN-FINES-2.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
        "         GEN FINES 2  " .
    IF "050" =  SUB1 OF INREC (I)   ,
                SUB2 OF INREC (I)   , OR
                SUB3 OF INREC (I)
              GO TO GEN-FINES-2A  .
    ELSE  IF SUB1 OF INREC (I) =   "020"
                MOVE "X0" TO  NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF  "061" = SUB1 OF INREC (I)
                      SUB2 OF INREC (I)    OR
                     SUB3 OF INREC (I)
                PERFORM SHALLOW-LACUSTRINE ,
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION .
    GO TO FINES-EXIT .
GEN-FINES-2A.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
        "         GEN FINES 2A " .
```

```
    IF STRUC OF INREC (I) NOT EQUAL TO "026"
                PERFORM TILL-TABLE THRU TILL-EXIT .
    ELSE        PERFORM  GOOD-QUESTION.
    GO TO  FINES-EXIT .
FINES-EXIT.
    EXIT.


*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    PREMIERE SUBDIVISION DES DEPOTS GROSSIERS.            *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

GENERAL-COARSE-TABLE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" .
        "          GEN COARSE "     .
    IF SUB1 OF INREC (I) = SPACES   OR
       (  SUB1 OF INREC (I) = "020" AND SUB2 OF INREC (I) = " " )
                MOVE "W0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR
    ELSE  IF ( "091" =  SUB1 OF INREC (I) .
                        SUB2 OF INREC (I)  OR
                        SUB3 OF INREC (I) )  OR
             ( "089" =  SUB1 OF INREC (I) .
                        SUB2 OF INREC (I)  OR
                        SUB3 OF INREC (I) )
                GO TO GEN-COARSE-2.
    ELSE  IF "050" =    NOUN OF INREC (I) .
                        SUB1 OF INREC (I) .
                        SUB2 OF INREC (I)  OR
                        SUB3 OF INREC (I)
                MOVE "W0" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION.
    GO TO COARSE-EXIT .
GEN-COARSE-2.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" .
        "          GEN COARSE 2 / PHSY/PEN-RES/STRUCT = "
        PHYS OF INREC (I) " / " PEN-RES OF INREC (I) " / "
        STRUC OF INREC (I) .
    IF PEN-RES OF INREC (I) NOT EQUAL TO SPACES
                EXAMINE PEN-RES OF INREC (I) REPLACING
                    LEADING SPACES BY ZEROS .
    IF "050" NOT  =     NOUN OF INREC (I)   AND
       "050" NOT  =     SUB1 OF INREC (I)   AND
       "050" NOT  =     SUB2 OF INREC (I)   AND
       "050" NOT  =     SUB3 OF INREC (I)
                PERFORM SHALLOW-LACUSTRINE .
    ELSE  IF PEN-RES OF INREC (I) LQ "026"  AND
             PEN-RES OF INREC (I) NQ SPACES   AND
             STRUC OF INREC (I) NOT = "026"
                PERFORM TILL-TABLE THRU TILL-EXIT .
    ELSE  IF PEN-RES OF INREC (I) NOT = SPACES
                PERFORM  GOOD-QUESTION .
    ELSE  IF PHYS OF INREC (I) NOT = "023"  AND
             PHYS OF INREC (I) NOT = "038"  AND
             STRUC OF INREC (I) NOT = "026"
                PERFORM  TILL-TABLE THRU TILL-EXIT .
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION.
COARSE-EXIT .
    EXIT.
```

```
*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    SUBDIVISION DES DEPOTS LACUSTRES SELON LEUR           *
*  *    GRANULOMETRIE ET LEUR ELEVATION.                      *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

GENERAL-LACUS-TABLE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
       "          GEN LACUSTRINE  / STRUC / ELEV-D/GEN = "
       STRUC OF INREC (I) " / " ELEV-D OF INREC (I) " / "
       GEN OF INREC (I) .
    IF NOUN OF INREC (I) = "089" OR "091"
                PERFORM DEEP-LACUSTRINE ,
    ELSE  IF NOUN OF INREC (I) = "06I" OR "050"
                PERFORM SHALLOW-LACUSTRINE ,
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION.


DEEP-LACUSTRINE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
       "           DEEP LACUSTRINE " .
    IF ( STRUC OF INREC (I) = "026"    OR
       ( GEN OF INREC (I) = "013" OR "015" ) )
       AND ELEV-D OF INREC (1) LS 500.0
                MOVE "20" TO NEW-NOUN (K) ,
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF ( STRUC OF INREC (I) = "026" OR
             ( GEN OF INREC (I) = "013" OR "015" ) )
             AND   ELEV-D OF INREC (1) GR 600.0
               MOVE "30" TO NEW-NOUN (K)
               MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF  ( STRUC OF INREC (I) = "026" OR
             ( GEN OF INREC (I) = "013" OR "015" ) )
               PERFORM GOOD-QUESTION .
    ELSE  IF ELEV-D OF INREC (1) LS 500.0
                MOVE "21" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE  IF ELEV-D OF INREC (1) GR 600.0
                MOVE "31" TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR ,
    ELSE        PERFORM GOOD-QUESTION .


SHALLOW-LACUSTRINE.
    IF TRACE-ON    DISPLAY "**** TRACE ****" ,
       "           SHALLOW LACUSTRINE " .
    IF ELEV-D OF INREC (1)  GQ  600.0
                MOVE 60 TO NEW-TEMP ,
    ELSE  IF ELEV-D OF INREC (1) GR 360.0
                MOVE 50 TO NEW-TEMP .
    ELSE        MOVE 40 TO NEW-TEMP .

    IF STRUC OF INREC (I) = "026"  OR
       GEN OF INREC (I) = "013" OR "015"
                MOVE NEW-TEMP TO NEW-NOUN (K)
                MOVE "NEXT" TO NEXT-HOR
    ELSE
                ADD 1 TO NEW-TEMP
                MOVE NEW-TEMP TO NEW-NOUN (K)
```

```
*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    EXAMEN ET SOLUTIONS DES PROBLEMES DE REGROUPEMENT DE  *
*  *    CERTAINS DEPOTS.                                      *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

RESOLVE.
    IF  NEW-NOUN (I) = "YZ"
                PERFORM DISPLAY-NO .
    ELSE  IF  NEW-NOUN (I)  IS NOT EQUAL TO " Z"
                PERFORM RESOLVE-2 .
    ELSE IF I IS LESS THAN 9  AND NEW-NOUN (I + 1 ) IS EQUAL " Z"
                MOVE "YZ" TO NEW-NOUN (I + 1) .
                PERFORM Z-HORIZON-TABLE .
    ELSE        PERFORM Z-HORIZON-TABLE .
RESOLVE-2.
    IF I IS GREATER THAN 1  AND LACUSTRINE (I)  AND  SURE (I)
           AND  TILL ( I - 1 )  AND  DOUBT ( I - 1 )
                MOVE NEW-NOUN (I) TO NEW-NOUN ( I - 1 )
                PERFORM DISPLAY-NO .
    IF I IS EQUAL TO 1  OR  I IS EQUAL TO 9
                NEXT SENTENCE .
    ELSE  IF LACUSTRINE (I) AND DOUBT ( I )   AND
             TILL ( I - 1 )   AND  TILL ( I + 1 )
                MOVE NEW-NOUN ( I - 1 ) TO NEW-NOUN (I )
                PERFORM DISPLAY-NO .

    IF I IS EQUAL TO 1
                NEXT SENTENCE
    ELSE  IF LACUSTRINE (I)  AND  SURE (I)   AND  TILL ( I - 1 )
             AND DOUBT ( I - 1 )
                MOVE NEW-NOUN (I)  TO NEW-NOUN (I - 1 )
                PERFORM DISPLAY-NO .
Z-HORIZON-TABLE.
    IF  I EQUALS  1  PERFORM BELOW .
    ELSE  IF I EQUALS  9  OR NEW-NOUN (I) EQUALS "  "
                PERFORM ABOVE .
    ELSE  IF NN-1 ( I + 1 ) EQUALS NN-1 ( I - 1 )
                PERFORM BOTH .
    ELSE        MOVE "YZ" TO NEW-NOUN (I) .
                PERFORM DISPLAY-NO .
BELOW.
    IF I IS LESS THAN 9  AND  SURE ( I + 1 )
                MOVE NEW-NOUN ( I + 1 ) TO NEW-NOUN (I) .
                PERFORM DISPLAY-NO .
    ELSE        MOVE "YZ" TO NEW-NOUN (I )
                PERFORM DISPLAY-NO .
ABOVE.
    IF I IS GREATER THAN 1 AND SURE ( I - 1 )
                MOVE NEW-NOUN (I - 1 ) TO NEW-NOUN (I)
                PERFORM DISPLAY-NO .
    ELSE        MOVE "YZ" TO NEW-NOUN (I )
                PERFORM DISPLAY-NO .
BOTH.
    IF SURE ( I - 1 )    OR  (DOUBT ( I - 1 ) AND DOUBT (I + 1) )
                MOVE NEW-NOUN ( I - 1 ) TO NEW-NOUN ( I )
    ELSE        MOVE NEW-NOUN ( I + 1 ) TO NEW-NOUN ( I ) .
```

```
*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    SOLUTIONS DE REGROUPEMENT DE CERTAINES DESCRIPTIONS   *
*  *    DIFFICILES ET IDENTIFICATION DES HORIZONS IMPOSSIBLES *
*  *    A CLASSER.                                            *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

 GROUPING-TABLE.
     IF NEW-NOUN ( I )  IS EQUAL TO "YZ"
                 MOVE "U" TO END-RESOLVE.
                 GO TO GROUP-EXIT .
     ELSE  IF NEW-NOUN (I) = "A " PERFORM A-PROC .
     IF ( NN-1 (I) = NN-1 (I + 1 ) OR NEW-NOUN(I) = "A " )
             AND I NOT = K
                 PERFORM  GROUP-1
     ELSE  IF I = 1  OR NN-1 ( I ) NOT EQUAL TO NN-1 ( I - 1 ) .
                 PERFORM  GROUP-2
     ELSE  IF NEW-NOUN ( I + 1 )  NOT EQUAL TO SPACES
                 PERFORM SUB-45
     ELSE  IF ELEV-D OF GOODREC ( I + 1 ) EQUALS  0  OR SPACES
                 PERFORM SUB-6
     ELSE  IF ELEV-D OF GOODREC ( I + 1 ) NQ   ZEROS
                 PERFORM SUB-45
     ELSE  DISPLAY " UNRESOLVED GROUPING  " .
 GROUP-EXIT.
     EXIT.


*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    DIFFERENTES SOUS-ROUTINES.                            *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

 GROUP-1.
     IF TRACE-ON DISPLAY "........ GROUP-1  I = " I .
     IF ( I = 1   OR NN-1 ( I ) NOT EQUAL TO NN-1 ( I - 1 ) )
           AND  NEW-NOUN ( I + 1 ) NOT EQUAL TO  SPACES
                 MOVE ELEV-D OF GOODREC (I)  TO TOP-EL
                 MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I)
     ELSE        MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I) .
 GROUP-2.
     IF TRACE-ON DISPLAY "........ GROUP-2  I = " I .
     IF NEW-NOUN (I + 1 ) = "A " AND TOP-EL = 0
                 MOVE ELEV-D OF GOODREC (I) TO TOP-EL.
     IF ELEV-D OF GOODREC ( I + 1 ) EQUALS ZEROS OR I = K
                 SUBTRACT BOTTOM-ELEV-D FROM ELEV-D OF GOODREC (I)
                 GIVING HOR-GROUP-THICK OF GOODREC (I)
                 MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I)
                 ADD 1 TO HOR-GROUP-NUMBER
     ELSE
                 SUBTRACT ELEV-D OF GOODREC ( I + 1 ) FROM
                 ELEV-D OF GOODREC (I) GIVING HOR-GROUP-THICK
                       OF GOODREC (I)
                 MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I)
                 ADD 1 TO HOR-GROUP-NUMBER .
 SUB-45.
     IF TRACE-ON DISPLAY "........ SUB-45   I = " I .
     SUBTRACT ELEV-D  OF GOODREC ( I + 1 ) FROM TOP-EL
         GIVING HOR-GROUP-THICK OF GOODREC (I) .
```

```
    MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I) .
    IF NEW-NOUN ( I + 1 ) NOT = "A "   MOVE ZEROS TO TOP-EL .
    ADD 1 TO HOR-GROUP-NUMBER .
SUB-6.
    IF TRACE-ON DISPLAY "........ SUB-6     I = " I .
    SUBTRACT BOTTOM-ELEV-D FROM TOP-EL GIVING HOR-GROUP-THICK
            OF GOODREC (I)
    MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I)
    MOVE ZEROS TO TOP-EL .
    ADD 1 TO HOR-GROUP-NUMBER .
A-PROC.
    IF I = 1 PERFORM BELOW-A
    ELSE       PERFORM ABOVE-A .
BELOW-A.
    IF TRACE-ON DISPLAY "........ BELOW-A  I = " I .
    IF NEW-NOUN ( I + 1 ) NOT = "A "
                MOVE NEW-NOUN ( I + 1 ) TO NEW-NOUN ( I )
                MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO (I)
    ELSE  IF NEW-NOUN ( I + 2 ) NOT = "A "
                MOVE NEW-NOUN ( I + 2 ) TO NEW-NOUN ( I )
                                           NEW-NOUN ( I + 1 )
                MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO ( I + 1 )
                                         HOR-GROUP-NO ( I )
    ELSE    DISPLAY " MORE THAN 2 A S  IN A ROW DN/H - "
                DATA-NUMBER OF GOODREC "  I = " I.
ABOVE-A.
    IF TRACE-ON DISPLAY "........ ABOVE-A  I = " I .
    IF NEW-NOUN ( I + 1 ) NOT = "A "
                MOVE NEW-NOUN ( I - 1 ) TO NEW-NOUN ( I )
                MOVE HOR-GROUP-NUMBER TO HOR-GROUP-NO ( I )
                MOVE SPACES TO HORIZON-GROUP-THICK-X ( I  - 1 )
                SUBTRACT 1 FROM HOR-GROUP-NUMBER
    ELSE   DISPLAY " MORE THAN 1 A IN A ROW  DATA NO - "
                DATA-NUMBER OF GOODREC "  I = " I.
DISPLAY-PROCEDURE.
    MOVE SPACES TO BADREC .
    MOVE NEW-NOUN (I) TO NEW-NOUN-A .
            MOVE HOR-GROUP-NO (I) TO HOR-GROUP-NO-A .
    MOVE CORR HORIZON-RECORD OF GOODREC  (I) TO TEST-RECORD.
    MOVE I TO HR-NO .
    WRITE BADREC .
DISPLAY-NO.
    EXIT.
```

ANNEXE III

---HOMOGENEISATION DES DONNEES ET LE CALCUL DE CERTAINES DERIVATIONS POSSIBLES POUR LA BANQUE GEOSCIENTIFIQUE DE HAMILTON, ONTARIO.

```
      IMPLICIT REAL(A-Z)
      INTEGER I , FN, SSGT, PCODE, MUNSELL                              000130
C                                                                       000140
C
C
C     ****************************************************************
C     ****************************************************************
C     *    HOMOGENEISATION DES DONNEES ET CALCUL DE CERTAINES        *
C     *    DERIVATIONS POUR LA BANQUE GEOSCIENTIFIQUE DE             *
C     *          HAMILTON, ONTARIO.                                  *
C     *                                                              *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C     ****************************************************************
C
C
      NOBS =0                                                           000200
      DO 50 I=1,100000                                                  000210
      READ(5,100) DN,EAST,NORTH,MON,YEAR,FN,FNO,FTHIK,DEPTH,SURF,COLOR, 000220
     C            GEN,PHYS,STRUC,PENRES,LP,LL,MC,SHEARS,CR,UW,SSGT,    000230
     C            PREAD,PCODE,TVOL,DRYWT,SPECWT,MUNSELL,CBN8,UNCMP      000240
  100 FORMAT( F5.0,F6.0,F7.0,2F2.0,A2,F1.0,2F4.1,F5.1,4F2.0,F3.0,       000250
     C        3F2.0,F4.0,2F3.0,A1,F3.1,A1,F5.2,F4.2,F3.2,A6,            000260
     C        F5.2,F5.0)                                                000270
      IF(EOF(5)) 55,10                                                  000280
   10 CONTINUE                                                          000290
      IF ( I .LT. 14211 ) GO TO 50                                      000300
      IF ( I .GT. 18238 ) GO TO 55                                      000310
      IF ( SHEARS .EQ. 0. .A. PREAD .EQ. 0. .A. PENRES .EQ. 0. .A.      000320
     CUNCMP .EQ. 0. ) GO TO 50                                          000330
      IP = 0.                                                           000331
      NOBS = NOBS + 1                                                   000340
      CI      = 0.                                                      000350
      FNQ     = 0.                                                      000360
      NQ      = 0.                                                      000370
      IL      = 0.                                                      000380
      S       = 0.                                                      000390
      SENS    = 0.                                                      000400
      CC1     = 0.                                                      000410
      CC2     = 0.                                                      000420
      CSURP   = 0.                                                      000430
      DR      = 0.                                                      000440
      VSOLID  = 0.                                                      000450
      VVIDE   = 0.                                                      000460
      PDEAU   = 0.                                                      000470
      SR      = 0.                                                      000480
      SUK     = 0.                                                      000490
      CBR     = 0.                                                      000500
      FREEL   = 0.                                                      000510
      FTAP1   = 0.                                                      000520
      FTAP2   = 0.                                                      000530
                                                                        000540
```

```
      VV      = 0.                                                          000550
      E       = 0.                                                          000560
      CSURVID = 0.                                                          000570
      N       = 0.                                                          000580
      K       = 0.                                                          000590
      RESHR   = 0.                                                          000600
      SWELL   = 0.                                                          000610
      SABFRT  = 0.                                                          000620
      CCODE   = 0.                                                          000630
      QPERM   = 0.                                                          000640
      IF(LP.GT.LL)LP = 0.                                                   000650
      IF(LP.GT.LL)LL=0.                                                     000660
      IP=LL-LP                                                              000670
      IF (MC .GE. 99.) MC = 0.0                                             000675
      IF(PENRES.GT.100.)PENRES=0.                                           000680
      IF(PREAD.GT.10.)PREAD=PREAD/10.                                       000690
      IF(PREAD.GE.5)PREAD=0.                                                000700
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *     CALCUL DE L"INDICE DE PLASTICITE.                        *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF((FN.EQ."90".OR.FN.EQ."91").A.LP.EQ.0..A.LL.NE.0.)IP=-7.09065+  000720
     C (0.6483*LL)                                                      000730
      IF((FN.EQ."20".OR.FN.EQ."21").A.LP.EQ.0..A.LL.NE.0.)IP=-6.0722 +  000740
     C (0.63119*LL)                                                     000750
      IF((FN.EQ."30".OR.FN.EQ."31").A.LP.EQ.0..A.LL.NE.0.)IP=-13.1203 + 000760
     C (0.7939*LL)                                                      000770
      IF ( IP  .LT. 0.0 ) IP = 0.                                       000775
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *     ESTIMATION STATISTIQUE DU POIDS SPECIFIQUE DE            *
C     *     L"AGREGAT A PARTIR DE SA TENEUR EN EAU POUR UNE          *
C     *                  MEME FORMATION.                             *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF((FN.EQ."90".OR.FN.EQ."91").A.(MC.NE.0..A.UW.EQ.0.))            000790
     C  UW=(74.114-MC)/0.415                                            000800
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(MC.NE.0..A.                       000810
     C  UW.EQ.0.))UW=(109.7518-MC)/0.6849                               000820
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *     ESTIMATION STATISTIQUE DE LA RESISTANCE AU CISAIL-       *
C     *     LEMENT SELON UNE MESURE AU PENETROMETRE.                 *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(SHEARS.EQ.0.                      000840
     C.A.PREAD.NE.0.).A.(FN.EQ."90".OR.FN.EQ."91"))SSGT=5.              000850
      IF((FN.EQ."90".OR.FN.EQ."91").A.(SHEARS.EQ.0..A.PREAD.NE.0.))     000860
     C  SHEARS=(PREAD-0.99312)/0.00058                                  000870
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(SHEARS.EQ.0.                      000880
     C.A.PREAD.NE.0.))SHEARS=(PREAD-1.35135)/0.00074                    000890
C
C
```

```
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    ESTIMATION STATISTIQUE DE LA RESISTANCE AU CISAILLE-      *
C       *    MENT SELON L"ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE (STANDARD     *
C       *    PENETRATION TEST).                                        *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IF((FN.EQ."20".OR.FN.EQ."21").A.(SHEARS.EQ.0..A.PENRES.NE.0.))    000910
     C SSGT=5.                                                          000920
      IF((FN.EQ."20".OR.FN.EQ."21").A.(SHEARS.EQ.0..A.PENRES.NE.0.))    000930
     C  SHEARS=655.9774+(85.7113*PENRES)                                000940
C  ******  ASSIGN MISSING SHEARS,SSGT (0.)                             000950
COMMENT         CALCUL DE CI CONSISTANCE RELATIVE                      000960
      IF(IP.NE.0..A.MC.NE.0.)CI=(LL-MC)/IP                              000970
C  ******  ASSIGN MISSING CI (0.)                                      000980
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    DERIVATION DE NQ/10, SOIT LE FACTEUR DE CAPACITE          *
C       *    PORTANTE DIVISE PAR 10 (SELON BLACK-1962).                *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IP2 = IP * IP                                                     001000
      IP3 = IP2 * IP                                                    001010
      IP4 = IP3 * IP                                                    001020
      IF(CI.LE.1.325.A.CI.GT.1.275)FNQ=5.953-(0.1153*IP)-(0.003375*IP2  001030
     C )+(0.0001114*IP3)-(0.0000007786*IP4)                             001040
      IF(CI.LE.1.275.A.CI.GT.1.225)FNQ=7.359-(0.3728*IP)-(0.007855*IP2  001050
     C )-(0.00007455*IP3)+(0.0000002658*IP4)                            001060
      IF(CI.LE.1.225.A.CI.GT.1.15)FNQ=4.931-(0.1405*IP)-(0.0007444*IP2  001070
     C )+(0.00005781*IP3)-(0.0000004264*IP4)                            001080
      IF(CI.LE.1.15.A.CI.GT.1.05)FNQ=6.355-(0.3593*IP)+(0.008267*IP2)-  001090
     C (0.00008506*IP3)+(0.0000003259*IP4)                              001100
      IF(CI.LE.1.05.A.CI.GT.0.95)FNQ=4.999-(0.23*IP)+(0.003236*IP2)-    001110
     C (0.000003559*IP3)-(0.0000001161*IP4)                             001120
      IF(CI.LE.0.95.A.CI.GT.0.85)FNQ=5.265-(0.3203*IP)+(0.007881*IP2)-  001130
     C (0.00008629*IP3)+(0.0000003491*IP4)                              001140
      IF(CI.LE.0.85.A.CI.GT.0.7)FNQ=4.74-(0.2806*IP)+(0.006671*IP2)-    001150
     C (0.00007046*IP3)+ (0.0000002755*IP4)                             001160
      IF(CI.LE.0.7.A.CI.GT.0.3)FNQ=4.495-(0.2921*IP)+(0.007874*IP2)-    001170
     C (0.00009555*IP3)+(0.0000004246*IP4)                              001180
      IF(CI.LE.0.3.A.CI.GT.0.000)FNQ=3.804-(0.2316*IP)+(0.005739*IP2)-  001190
     C (0.00006359*IP3)+(0.0000002605*IP4)                              001200
      IF(CI.GT.1.325.A.CI.LT.0.000)FNQ=0.                               001210
C  ******  ASSIGN MISSING FNQ (0.)                                     001220
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    ESTIMATION DE NQ OU DU FACTEUR DE CAPACITE PORTANTE       *
C       *                  (SELON BLACK-1962).                         *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
   IF(FNQ.NE.0.)NQ=FNQ*10.                                              001240
C  ******  ASSIGN MISSING NQ (0.)                                      001250
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
```

```
C       *     CALCUL DE L INDICE DE LIQUIDITE IL                        *
C       *                                                               *
C       *****************************************************************
C
      IF(MC.NE.0..A.IP.NE.0.)IL=(MC-LP)/IP                                001270
C     ******  ASSIGN MISSING IL (0.)                                      001280
C
C
C       *****************************************************************
C       *                                                               *
C       * DERIVATION DE LA SENSIBILITE D"UNE ARGILE (SKEMPTON-1953)     *
C       *                                                               *
C       *****************************************************************
C
      IF(IL.NE.0.)S=(0.4302*IL)+(0.9455*(IL**2))-(0.6035*(IL**3))+        001300
     C (0.157*(IL**4))                                                    001310
C     ******  ASSIGN MISSING S (0.)                                       001320
      IF(S.GT.0..A. S.LT.2.4)SENS=(10**S)                                 001330
C     ******  ASSIGN MISSING SENS (0.)                                    001340
C
C
C       *****************************************************************
C       *                                                               *
C       *    ESTIMATION DE L"INDICE DE COMPRESSION                      *
C       *                  -SOL NON-REMANIE-(SKEMPTON-1944).            *
C       *                                                               *
C       *****************************************************************
C
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(SENS.LE.4.0).A.(IP                  001360
     C .LE. 30.0).A.(DEPTH.GE.10.0))CC1=(LL-10)*0.009                     001370
C     ******  ASSIGN MISSING CC1 (0.)                                     001380
C
C
C       *****************************************************************
C       *                                                               *
C       *    ESTIMATION DE L"INDICE DE COMPRESSION                      *
C       *                  -SOL REMANIE-(SKEMPTON-1944).                *
C       *                                                               *
C       *****************************************************************
C
      IF(CC1.NE.0.)CC2=(LL-10.)*0.007                                     001400
C     ******  ASSIGN MISSING CC2 (0.)                                     001410
C
C
C       *****************************************************************
C       *                                                               *
C       *  ESTIMATION DU RAPPORT DE CONTRAINTE EFFECTIVE                *
C       *                  -SANS DRAINAGE-(SKEMPTON-1957).              *
C       *                                                               *
C       *****************************************************************
C
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(DEPTH.GE.10.0).A.                   001430
     C (IP.NE.0.))CSURP=0.11+(0.0087*IP)                                  001440
C     ******  ASSIGN MISSING CSURP (0.)                                   001450
C
C
C       *****************************************************************
C       *                                                               *
C       *    ESTIMATION DE LA DENSITE RELATIVE D"UN SABLE SELON         *
C       *    LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT.(BOWLES-1968).               *
C       *                                                               *
C       *****************************************************************
C
```

```
      IF((FN.GE."40".A.FN.LE."61").A.(PENRES .LE.50.)                    001470
     C.A.(PENRES.NE.0.)) DR=0.0+0.044575*PENRES-(0.0010713*(PENRES**2))  001480
     C   +(0.000010426*(PENRES**3))                                      001490
C  ******  ASSIGN MISSING DR (0.)                                        001500
C
C
C        ************************************************************
C        *                                                          *
C        *    ESTIMATION DU POIDS SPECIFIQUE DE L"AGREGAT           *
C        *                  -LBS PAR PIED CUBE-(BOWLES-1968).       *
C        *                                                          *
C        ************************************************************
C
      IF((FN.GE."40".A.FN.LE."61").A.(UW.EQ.0.).A.(PENRES.LE.50. .A.     001520
     C  PENRES.NE.0.))UW=71.1138+(6.187*PENRES)-(0.2084*(PENRES**2))     001530
     C   + (0.0022435*(PENRES**3))                                       001540
C
C
C        ************************************************************
C        *                                                          *
C        *     CALCUL DU DEGREE DE SATURATION SR                    *
C        *                                                          *
C        ************************************************************
C
      IF(TVOL.NE.0..A.DRYWT.NE.0..A.SPECWT.NE.0..A.MC.NE.0.)VSOLID=      001560
     C DRYWT/SPECWT                                                     001570
C  ******  ASSIGN MISSING VSOLID (0.)                                   001580
      IF(VSOLID.NE.0.)VVIDE=TVOL-VSOLID                                 001590
C  ******  ASSIGN MISSING VVIDE (0.)                                    001600
      IF(VVIDE.NE.0.)PDEAU=(MC/100.)*DRYWT                              001610
C  ******  ASSIGN MISSING PDEAU (0.)                                    001620
      IF(VVIDE.NE.0.)SR=(PDEAU/VVIDE)*100.                              001630
C  ******  ASSIGN MISSING SR (0.)                                       001640
C
C
C        ************************************************************
C        *                                                          *
C        * CALCUL DE DERIVATION DE LA SUCCION D"UN SOL (BLACK-1962)  *
C        *                                                          *
C        ************************************************************
C
      IF(CI.NE.0.)LL2=(IP+14.2)/0.838                                   001660
      IF(LL2.NE.0.)MC2=LL2-(CI*IP)                                      001670
      MC22 = MC2  * MC2                                                 001680
      MC23 = MC22 * MC2                                                 001690
      MC24 = MC23 * MC2                                                 001700
      IF(IP.GT.0..A.IP.LE.5.0.A.MC2.LE.21)SUC=2.3508+(0.26015*(MC2))-   001710
     C (0.079*MC22)+(0.00436*MC23)-(0.0000784*MC24)                     001720
      IF(IP.GT.5.0.A.IP.LE.7.5.A.MC2.LE.25)SUC=2.3498+(0.07655*(MC2))-  001730
     C (0.02836*MC22)+(0.00105*MC23)-(0.000011546*MC24)                 001740
      IF(IP.GT.7.5.A.IP.LE.12.5.A.MC2.LE.30.)SUC=2.3526+(0.1216*(MC2))- 001750
     C (0.03479*MC22)+(0.001506*MC23)-(0.00002145*MC24)                 001760
      IF(IP.GT.12.5.A.IP.LE.17.5.A.MC2.LE.35)SUC=2.7049+(0.03707*MC2)-  001770
     C (0.01926*MC22)+(0.000718*MC23)-(0.000008704*MC24)                001780
      IF(IP.GT.17.5.A.IP.LE.22.5.A.MC2.LE.44)SUC=4.0115-(0.1949*MC2)+   001790
     C (0.0005097*MC22)+(0.00004644*MC23)-(0.0000006435*                001800
     C MC24)                                                            001810
      IF(IP.GT.22.5.A.IP.LE.27.5.A.MC2.LE.50.)SUC=3.8091-(0.1474*MC2)-  001820
     C (0.0006581*MC22)+(0.00005976*MC23)-(0.0000007029*                001830
     C MC24)                                                            001840
      IF(IP.GT.27.5.A.IP.LE.32.5.A.MC2.LE.58)SUC=4.0464-(0.1752*MC2)+   001850
     C (0.002148*MC22)-(0.00002253*MC23)+(0.0000001137*MC24)            001860
      IF(IP.GT.32.5.A.IP.LE.37.5.A.MC2.LE.66)SUC=3.9609-(0.1475*MC2)+   001870
```

```
     C (0.001317*MC22)-(0.000007776*MC23)+(0.00000001433*                    001880
     C MC24)                                                                 001890
      IF(IP.GT.37.5.A.IP.LE.42.5.A.MC2.LE.74)SUC=3.7757-(0.1105*MC2)+        001900
     C (0.0001228*MC22)+(0.00001*MC23)-(0.00000007683*MC24)                  001910
      IF(IP.GT.42.5.A.IP.LE.47.5.A.MC2.LE.84)SUC=4.0566-(0.1406*MC2)+        001920
     C (0.001692*MC22)-(0.00001629*MC23)+(0.00000007*MC24)                   001930
      IF(IP.GT.47.5.A.IP.LE.52.5.A.MC2.LE.92)SUC=4.5518-(0.1836*MC2)+        001940
     C (0.003042*MC22)-(0.00003036*MC23)+(0.0000001147*MC24)                 001950
      IF(IP.GT.52.5.A.IP.LE.57.5.A.MC2.LE.101)SUC=4.07-(0.1197*MC2)+         001960
     C (0.001172*MC22)-(0.000008063*MC23)+(0.00000002296*                    001970
     C MC24)                                                                 001980
      IF(IP.GT.57.5.A.IP.LE.62.5.A.MC2.LE.110.)SUC=3.8808-(0.08789*MC2)+     001990
     C (0.0001535*MC22)+(0.000005163*MC23)-(0.00000003435*                   002000
     C MC24)                                                                 002010
      IF(IP.GT.62.5.A.IP.LE.67.5.A.MC2.LE.119)SUC=-1.5458+(0.4397*MC2)-      002020
     C (0.01632*MC22)+(0.000213*MC23)-(0.0000009423*MC24)                    002030
      IF(IP.GT.67.5.A.IP.LE.72.5.A.MC2.LE.128)SUC=-1.5414+(0.4093*MC2)-      002040
     C (0.01417*MC22)+(0.0001726*MC23)-(0.0000007118*MC24)                   002050
      IF(SUC.GT.0. .A. SUC .LT. 340. )SUK=(10**SUC)                          002060
C     ******  ASSIGN MISSING SUK (0.)                                       002070
C
C
C         ***************************************************************
C         *                                                             *
C         *  DERIVATION DES VALEURS DU CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)   *
C         *        -SATURE, EN LBS PAR POUCE CARRE-(BLACK-1962).        *
C         *                                                             *
C         ***************************************************************
C
      IF(SUK.NE.0..A.FNQ.NE.0.)CBR=SUK*FNQ
C     ******  ASSIGN MISSING CBR (0.)                                       002090
C                                                                           002100
C
C         ***************************************************************
C         *                                                             *
C         *    ESTIMATION DE L"ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE REEL         *
C         *    POUR UNE ARGILE (BLACK-1962).                            *
C         *                                                             *
C         ***************************************************************
C
      IF(NQ.NE.0.)FREEL=3.0679+(3.4199*NQ)-(0.177*(NQ**2))+(0.004219*(       002120
     C NQ**3))-(0.00003516*(NQ**4))
C     ******  ASSIGN MISSING FREEL (0.)                                     002130
C                                                                           002140
C
C         ***************************************************************
C         *                                                             *
C         *    ESTIMATION DE L"ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE REEL         *
C         *    POUR UNE ARGILE (BJERRUM AND SIMONS-1960).               *
C         *                                                             *
C         ***************************************************************
C
      IF(IP.NE.0..A.FREEL.EQ.0.)FREEL=35.65-(0.278*IP)+(0.001415*(           002160
     C IP2))
C     ******  ASSIGN MISSING FREEL (0.)                                     002170
C                                                                           002180
C
C         ***************************************************************
C         *                                                             *
C         *    ESTIMATION DE L"ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE CONSOLIDE    *
C         *                  -SANS DRAINAGE-(TERZAGHI AND PECK-1961).   *
C         *                                                             *
C         ***************************************************************
```

```
C
      IF(FREEL.NE.0.)FTAP1=FREEL/2.                                     002200
      IF(FREEL.NE.0.)FTAP2=(FREEL*2)/3.                                 002210
C     ******  ASSIGN MISSING FTAP1 (0.)                                 002220
C     ******  ASSIGN MISSING FTAP2 (0.)                                 002230
C
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *     CALCUL DE L INDICE DES VIDES E                           *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF(TVOL.NE.0..A.SPECWT.NE.0..A.DRYWT.NE.0.)VOLSOLD=DRYWT/SPECWT   002250
C     ******  ASSIGN MISSING VOLSOLD (0.)                               002260
      IF(VOLSOLD.NE.0.)VV=TVOL-VOLSOLD                                  002270
C     ******  ASSIGN MISSING VV (0.)                                    002280
      IF(VV.NE.0.)E=VV/VOLSOLD                                          002290
C     ******  ASSIGN MISSING E (0.)                                     002300
C
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *    ESTIMATION DE L"INDICE DE COMPRESSION SUR L"INDICE        *
C     *    DES VIDES POUR LE CALCUL DES TASSEMENTS.                  *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF  (MC .NE. 0. .A.((FN .GE. 2H20 .A. FN .LE. 2H31).OR.
     C(FN .EQ. 2H90 .OR. FN .EQ. 2H91)))CSURVID=-0.005+(0.005*MC)
C     ******  ASSIGN MISSING CSURVID (0.)                               002340
C
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *   ESTIMATION DE L"INDICE DES VIDES MOYEN (TERZAGHI           *
C     *    AND PECK-1967).                                           *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF(CC1.NE.0..A.CSURVID.NE.0..A.E.EQ.0.)E=(CC1/CSURVID)-1.         002360
C     ******  ASSIGN MISSING E (0.)                                     002370
C
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *     CALCUL DU DEGRE SATURATION SELON L"INDICE DES VIDES.     *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF(E.NE.0..A.SPECWT.NE.0..A.MC.NE.0.)SR=((MC/100.)*SPECWT)/E      002390
C     ******  ASSIGN MISSING E (0.)                                     002400
C
C
C     ****************************************************************
C     *                                                              *
C     *     CALCUL DE LA POROSITE N                                  *
C     *                                                              *
C     ****************************************************************
C
      IF(E.NE.0..A.(1+E).NE.0.)N=E/(1+E)                                002420
C     ******  ASSIGN MISSING N (0.)                                     002430
C
```

```
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    ESTIMATION DE LA PERMEABILITE                             *
C       *                  -(SELON SOWERS AND SOWERS-1961)-            *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IF(E.NE.0.)K=E**2                                                 002450
C     ******  ASSIGN MISSING K (0.)                                     002460
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    ESTIMATION DE LA COMPRESSION SIMPLE SELON UNE MESURE      *
C       *    DE PENETRATION.                                           *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IF(UNCMP.EQ.0..A.PREAD.NE.0.)CCODE=2.                             002480
      IF(UNCMP.EQ.0..A.PREAD.NE.0.)UNCMP=PREAD*2000.                    002490
C     ******  ASSIGN MISSING UNCMP (0.)                                 002500
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    ESTIMATION DE LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT               *
C       *              -NON DRAINE- SELON UNE MESURE DE PENETRATION.   *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IF(SHEARS.EQ.0..A.PREAD.NE.0.)SSGT=4.                             002520
      IF(SHEARS.EQ.0..A.PREAD.NE.0.)SHEARS=(PREAD*2000.)/2.             002530
C     ******  ASSIGN MISSING SHEARS (0.)                                002540
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *    ESTIMATION DE LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT               *
C       *    -RESIDUAL SHEAR STRENGHT- (VOIGHT-1973).                  *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(IP.NE.0.))                        002570
     C RESHR=0.6599-(0.014998*IP)+(0.0001485*IP2)-(0.0000005571*        002580
     C IP3)                                                             002590
C     ******  ASSIGN MISSING RESHR (0.)                                 002600
C
C
C       ****************************************************************
C       *                                                              *
C       *   ESTIMATION QUALITATIVE DU GONFLEMENT DES ARGILES           *
C       *                                                              *
C       ****************************************************************
C
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(IP.GT.0..A. IP                    002620
     C .LE. 12))SWELL="LOW"                                             002630
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(IP.GT.12..A. IP                   002640
     C .LE. 27))SWELL="MED"                                             002650
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(IP.GT.27..A. IP                   002660
     C .LE. 42))SWELL="HIE"                                             002670
      IF((FN.GE."20".A.FN.LE."31").A.(IP.GT.42))                        002680
     C SWELL="VHI"                                                      002690
```

```
C  ******  ASSIGN MISSING SWELL (0.)                                      002700
C
C
C        ***************************************************************
C        *                                                             *
C        *    ESTIMATION DE L"ANGLE DE FROTTEMENT INTERNE POUR         *
C        *                  POUR UN SABLE (MEYERHOF-1956).             *
C        *                                                             *
C        ***************************************************************
C
      IF(DR.NE.0.)SABFRT=25+(15.0*DR)                                    002720
C  ******  ASSIGN MISSING SABFRT (0.)                                    002730
C
C
C        ***************************************************************
C        *                                                             *
C        *    ESTIMATION GROSSIERE DE LA COMPRESSION SIMPLE (UNCMP)    *
C        *    SELON L"ESSAI DE PENETRATION DYNAMIQUE (PENRES)          *
C        *       -STANDARD PENETRATION TEST-(EN LBS PAR PIED CARRE)    *
C        *                                                             *
C        ***************************************************************
C
      IF((UNCMP.EQ.0..A.PENRES.NE.0..A.PENRES.LT.33).A.(FN.EQ.           002760
     C "20".OR.FN.EQ."21".OR.FN.EQ."30".OR.FN.EQ."31"))CCODE=3.          002770
      IF((UNCMP.EQ.0..A.PENRES.NE.0..A.PENRES.LT.33).A.(FN.GE.           002780
     C "20".A.FN.LE."31"))UNCMP=(PENRES/4)*1000.                         002790
C  ******  ASSIGN MISSING UNCMP,CCODE (0.)                               002800
C
C
C        ***************************************************************
C        *                                                             *
C        *     ESTIMATION QUALITATIVE DE PERMEABILITE                  *
C        *                  (TERZAGHI AND PECK-1967).                  *
C        *                                                             *
C        ***************************************************************
C
COMMENT         TRES PERMEABLE (1),PERM. MOYENNE (2), PEU PERMEABLE (3), 002820
COMMENT         TRES PEU PERM.(4), IMPERMEABLE (5).                      002830
      IF(K.NE.0..A.K.GT.(1*(10**(-1))))QPERM=1.                          002840
      IF(K.NE.0..A.K.LE.(1*(10**(-1))).A.K.GT.(1*(10**(-3))))QPERM=2.    002850
      IF(K.NE.0..A.K.LE.(1*(10**(-3))).A.K.GT.(1*(10**(-5))))QPERM=3.    002860
      IF(K.NE.0..A.K.LE.(1*(10**(-5))).A.K.GT.(1*(10**(-7))))QPERM=4.    002870
      IF(K.NE.0..A.K.LE.(1*(10**(-7))))QPERM=5.                          002880
C  ******  ASSIGN MISSING QPERM (0.)                                     002890
C
C
C        ***************************************************************
C        *                                                             *
C        *    ESTIMATION DE LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT (SHEARS)     *
C        *    SELON LA COMPRESSION SIMPLE (UNCMP).                     *
C        *                                                             *
C        ***************************************************************
C
      IF(UNCMP.NE.0..A.SHEARS.EQ.0.)SSGT=4.                              002910
      IF(UNCMP.NE.0..A.SHEARS.EQ.0.)SHEARS=UNCMP/2.                      002920
C  ******  ASSIGN MISSING SHEARS,SSGT (0.)                               002930
C
C
C        ***************************************************************
C        *                                                             *
C        *    ESTIMATION DE LA COMPRESSION SIMPLE (UNCMP) SELON        *
C        *    LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT (SHEARS).                  *
C        *                                                             *
```

```
C
C
      IF(SHEARS.NE.0..A.UNCMP.EQ.0.)CCODE=4.                              002950
      IF(SHEARS.NE.0..A.UNCMP.EQ.0.)UNCMP=SHEARS*2.                       002960
C     ******  ASSIGN MISSING UNCMP,CCODE (0.)                             002970
C                                                                         002980
C                                                                         002990
C                                                                         003000
      IF ( CBR .LT. 0. ) GO TO 50                                         003005
      WRITE (8)                                                           003010
     C DN,EAST,NORTH,MON,YEAR,FN,FNO,FTHIK,DEPTH,SURF,                    003020
     C COLOR,GEN,PHYS,STRUC,PENRES,LP,LL,MC,SHEARS,CR,UW,SSGT,PREAD,      003030
     C PCODE,TVOL,DRYWT,SPECWT,MUNSELL,CBN8,UNCMP,                        003040
     C IP,FNQ,NQ,IL,CC1,CC2,CSURP,DR,SENS,SR,CI,SUK,CBR,FREEL,            003050
     C FTAP1,FTAP2,E,N,K,RESHR,CSURVID,SWELL,SABFRT,                      003060
     C CCODE,QPERM                                                        003070
   50 CONTINUE                                                            003075
C                                                                         003080
C                                                                         003090
   55 CONTINUE                                                            003100
      WRITE (2,200) NOBS                                                  003110
  200 FORMAT (////,5X,*NUMBER OF RECORDS READ = *,I10)                    003120
      STOP                                                                003130
      END                                                                 003140
```

ANNEXE IV

---PONDERATIONS DE VALEURS DE PARAMETRES PERTINENTS D'UN PROJET D'AMENAGEMENT HYPOTHETIQUE DANS LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO.

```
       PROCEDURE DIVISION.

      *  ************************************************************
      *  ************************************************************
      *  *                                                          *
      *  *    PROGRAMME DE PONDERATION DE VALEURS DE PARAMETRES     *
      *  *    PERTINENTS A UN PROJET HYPOTHETIQUE D'AMENAGEMENT.    *
      *  *    LES FACTEURS PERTINENTS CONCIDERES SONT-              *
      *  *              -LA PROFONDEUR DE LA ROCHE EN PLACE.        *
      *  *              -L'ELEVATION DE LA NAPPE PHREATIQUE.        *
      *  *              -LA PERMEABILITE.                           *
      *  *              -LA COMPOSITION GRANULOMETRIQUE DU SOL.     *
      *  *              -LA RESISTANCE AU CISAILLEMENT ET A LA      *
      *  *               PENETRATION.                               *
      *  *                                                          *
      *  ************************************************************
      *  ************************************************************

        ENTER-PGM.
            OPEN INPUT BINFILE OUTPUT PLOTF-2 , LISTFILE.
            MOVE ZERO TO CNT-IN, MOVE ZERO TO CNT-OUT.
            PERFORM READ-FILE THRU EXIT-START  UNTIL FINISHED.
            DISPLAY "NUMBER OF RECORDS READ       - " CNT-IN.
            DISPLAY "NUMBER OF RECORDS WRITTEN    - " CNT-OUT.
            CLOSE BINFILE, PLOTF-2, LISTFILE.
            STOP RUN.

        READ-FILE.
            READ BINFILE AT END MOVE "E" TO END-RECORDS,
                GO TO EXIT-START.
            ADD 1 TO CNT-IN.
            MOVE SPACES TO END-HORIZON , NEXT-REC.
            MOVE ZEROS TO PLOTREC . LISTREC.
            MOVE SPACES TO MISSPAR, MISSPAR-2. MISSPAR-3, MISSPAR-4.
            MOVE 6 TO PERMX.
            MOVE ZEROS TO APERM.
            MOVE ZEROS TO FORMX.
            MOVE ZEROS TO XCAVA.
            MOVE ZEROS TO FORM-DEP.
            MOVE ZEROS TO WXCAVA.
            MOVE ZEROS TO BEAR-T.
            MOVE ZEROS  TO WATR-T.
            MOVE ZEROS TO FILLTIK.
            MOVE ZEROS TO FOUND.
            MOVE ZEROS TO PEATIK.
            MOVE ZEROS TO SATDEP.
            MOVE ZEROS TO DXWAT.
            MOVE 999999.9 TO BEARX.
            MOVE 9999.9 TO SHERDEP.
            MOVE ZEROS  TO DEWATA.
```

```
      IF WATRT OF BINREC (1) NQ SPACES
          EXAMINE WATRT OF BINREC (1) REPLACING LEADING " " BY 0.
      IF WATRT OF BINREC (1) IS NOT NUMERIC
          MOVE 99999 TO WATR-T
          MOVE DATA-NUMBER OF BINREC (1) TO DATA-RED OF LISTREC
          MOVE "NAPPE PHREATIQUE" TO MISSPAR OF LISTREC
          MOVE ZEROS TO WXCAV OF LISTREC
          MOVE   99  TO DEWAT OF LISTREC . DEWAT OF PLOTREC
          MOVE 99 TO WXCAV OF PLOTREC
      ELSE  MOVE WATR9  OF BINREC (1) TO WATR-T.
      PERFORM WATR-TABLE VARYING I FROM 1 BY 1 UNTIL
          I GR  9 OR FINISHED-HORIZON OR DATA-NUMBER OF BINREC (I)
          GR 13322 .
      IF NOT NEXT-RECORD
                          PERFORM SWITCHI
                          PERFORM WATER-TABLE
                          WRITE PLOTREC
                          WRITE LISTREC
                          ADD 1 TO CNT-OUT .

  EXIT-START.
      EXIT.
/

*  **********************************************************************
*  *                                                                    *
*  *    DYNAMITAGE (BW) ET SUBDIVISION DES DEPOTS SELON                 *
*  *    LEUR COMPOSITION (SITUE A 30 PIEDS ET MOINS SOUS                *
*  *    LA SURFACE).                                                    *
*  *                                                                    *
*  **********************************************************************

  WATR-TABLE.

      MOVE DEPTH OF BINREC (I) TO DEPTHA.
      MOVE FORM-THICK OF BINREC (I) TO FORM-THICKA.
      MOVE ZEROS TO BEAR-T.
      IF BW OF BINREC (1) IS EQ ZEROS AND FORM-NAM OF
          BINREC (I) IS EQ SPACES AND DEPTH OF BINREC (I) IS
          LS   30.0  PERFORM CHECK-BW.
      ELSE MOVE BW OF BINREC (1) TO BW OF PLOTREC.
      IF (XCAV OF BINREC (I) IS EQ 0.001 AND DB OF
          BINREC (1) IS EQ 30.0 ) SUBTRACT DEPTHA FROM 30.0
          GIVING BWA. DIVIDE BWA BY 30.0 GIVING XCAV
          OF BINREC (I).
      IF (XCAV OF BINREC (I) IS GR 100.0) MOVE ZEROS TO XCAV
          OF BINREC (I).
        PERFORM VERIF.
      IF FINISHED-HORIZON NEXT SENTENCE.
      ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ "80" OR "81" OR "90"
          OR "91" OR "20" OR "21" OR "30" OR "31" OR "50"
          OR "51") PERFORM PERMEAB. PERFORM FINES.
      ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ "40" OR "41" OR "60"
          OR "61") PERFORM PERMEAB. PERFORM LES-COARS.
      ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ "K0" OR "A0" OR
          "W0" OR "T0" OR "70" OR "71") PERFORM PERMEAB.
          PERFORM MOR-COARS.
      ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ "F0") PERFORM
          PERMEAB. PERFORM FILL.
      ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ "X0") PERFORM
          PERMEAB. PERFORM ORGANIC.
      ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ SPACES) MOVE "E" TO
          END-HORIZON. PERFORM SWITCHI.
      ELSE MOVE "E" TO NEXT-REC.END-HORIZON.
```

```
CHECK-BW.
    COMPUTE BWA = 30.0 - DEPTH OF BINREC (I).
    DIVIDE BWA BY 3 GIVING BW OF PLOTREC.
    MOVE DEPTHA TO DB OF BINREC (1).

PERMEAB.
    IF (QPERM OF BINREC (I) IS NQ ZEROS AND IS LS PERMX)
        MOVE QPERM OF BINREC (I) TO PERMX.

VERIF.
    IF ((DEPTHA IS GR 30.0) OR (FORM1 OF BINREC (I) IS GQ 1))
        PERFORM SWITCHI. PERFORM SWITCHII.
    IF (DEPTHA IS GR 30.0 AND I IS EQ 1 ) DISPLAY "WARNING"
        DATA-NUMBER OF BINREC (I).


*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    PONDERATION DE LA DIFFICULTE D"EXCAVATION (WXCAV)     *
*  *    DANS LES DEPOTS FINS.                                 *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

FINES.
    IF (PEN-RES OF BINREC (I) IS LQ 4 AND IS GR 0 )
        MULTIPLY 4 BY
        XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA. ADD XCAVA TO
        WXCAVA.
    ELSE IF (PEN-RES OF BINREC (I) IS GR 4 AND IS LQ 8)
        MULTIPLY 3 BY XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA.
        ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (PEN-RES OF BINREC (I) IS GR 8 AND IS LQ 16)
        MULTIPLY 2 BY XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA.
        ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (PEN-RES OF BINREC (I) IS GR 16) ADD
        XCAV OF BINREC (I) TO WXCAVA.
    ELSE IF (PEN-RES OF BINREC (I) IS EQ ZEROS)
        ADD XCAV OF BINREC (I) TO WXCAVA.


*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    PONDERATION DE LA DIFFICULTE D"EXCAVATION (WXCAV)     *
*  *    DANS LES SABLES.                                      *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

LES-COARS.
    IF ( WATR-T = 99999)
        PERFORM  SWITCHII
    ELSE IF (WATR-T IS LQ DEPTHA AND WATR-T IS LQ 30.0)
        MULTIPLY 10 BY XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA.
        ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (WATR-T IS GR DEPTHA) MULTIPLY 5 BY XCAV
        OF BINREC (I) GIVING XCAVA. ADD XCAVA TO WXCAVA.


*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    PONDERATION DE LA DIFFICULTE D"EXCAVATION (WXCAV)     *
*  *    DANS LES DEPOTS GROSSIERS.                            *
*  *                                                          *
```

```
*  ***************************************************************
MOR-COARS.
    IF ( WATR-T = 99999)
        PERFORM  SWITCHII
    ELSE IF (WATR-T IS LQ DEPTHA AND WATR-T IS LQ 30.0)
        MULTIPLY 9 BY XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA.
        ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (WATR-T IS GR DEPTHA) MULTIPLY 6 BY XCAV OF
        BINREC (I) GIVING XCAVA. ADD XCAVA TO WXCAVA.

ORGANIC.
    IF (FORMX IS EQ ZEROS)  MOVE DEPTHA TO FORMX.
        ADD FORM-THICKA TO FORMX GIVING FORM-DEP.
        PERFORM ORGANIC-2.
    ELSE PERFORM VERIF-ORG.

VERIF-ORG.
    IF I EQ 1 NEXT SENTENCE.
    ELSE IF (FORMX IS NQ DEPTH OF BINREC ( I - 1 )) MOVE
        DEPTHA TO FORMX. ADD FORM-THICKA TO FORMX
        GIVING FORM-DEP. PERFORM ORGANIC-2.
    ELSE MOVE DEPTHA TO FORMX. PERFORM ORGANIC-2.


*  ***************************************************************
*  *                                                             *
*  *    PONDERATION DE LA DIFFICULTE D"EXCAVATION (WXCAV)        *
*  *    DANS LES DEPOTS ORGANIQUES.                              *
*  *                                                             *
*  ***************************************************************

ORGANIC-2.
    IF (FORM-DEP IS LQ 31.0) MULTIPLY 5 BY XCAV OF BINREC (I)
        GIVING XCAVA. ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (FORM-DEP IS GR 31.0) MULTIPLY 5 BY XCAV OF
        BINREC (I) GIVING XCAVA. ADD XCAVA TO WXCAVA.
    PERFORM SWITCHI. PERFORM PEAT-TROURLE.


*  ***************************************************************
*  *                                                             *
*  *    PONDERATION DE LA DIFFICULTE D"EXCAVATION (WXCAV)        *
*  *    DANS LES REMBLAIS.                                       *
*  *                                                             *
*  ***************************************************************

FILL.
    IF ( WATR-T = 99999)
        PERFORM  SWITCHII
    ELSE IF (WATR-T IS LQ DEPTHA AND FORM-THICKA IS LQ 31.0)
        MULTIPLY 10 BY XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA.
        ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (WATR-T IS GR DEPTHA AND FORM-THICKA IS LQ 31.0)
        MULTIPLY 5 BY XCAV OF BINREC (I) GIVING XCAVA.
        ADD XCAVA TO WXCAVA.
    ELSE IF (WATR-T IS LQ DEPTHA AND FORM-THICKA IS GR 31.0)
        MOVE 10 TO WXCAV OF PLOTREC. PERFORM SWITCHII.
    ELSE IF (WATR-T IS GR DEPTHA AND FORM-THICKA IS GR 31.0)
        MOVE 5 TO WXCAV OF PLOTREC.

SWITCHI.
    IF (WXCAVA IS GR 10 ) MOVE 10 TO WXCAV OF PLOTREC.
```

```
           ELSE IF (WXCAVA IS LQ 10 ) MOVE WXCAVA TO WXCAV
               OF PLOTREC.

       SWITCHII.
           IF (FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ SPACES OR
               DEPTH OF BINREC (I) IS GR 70.0)
                   PERFORM FOUNDATION-A
           ELSE IF (DEPTH OF BINREC (I) IS GR 30.0)
                   PERFORM FORMATION-30 VARYING J FROM I BY 1
                       UNTIL J GR 9 OR DEPTH OF BINREC (J) GR 70   OR
                       FORM-NAM OF BINREC (J) = SPACES
                   PERFORM FOUNDATION.


      *  ****************************************************************
      *  *                                                              *
      *  *    CONSIDERATION DES DEPOTS SITUES A PLUS DE 30 PIEDS        *
      *  *    SOUS LA SURFACE.                                          *
      *  *                                                              *
      *  ****************************************************************

       FOUNDATION-A.
           IF I IS EQ 1 PERFORM FOUNDATION,
           ELSE IF (DEPTH OF BINREC ( I - 1 ) IS LS 30.0 AND
               FORM-NAM OF BINREC (I) IS EQ SPACES ) MOVE FORM-NAM
               OF BINREC ( I - 1 ) TO FORM-NAM OF BINREC (I).
               PERFORM FORMATION-30.
           ELSE PERFORM FOUNDATION.


      *  ****************************************************************
      *  *                                                              *
      *  *    SUBDIVISION DES DEPOTS SELON LEUR COMPOSITION (SITUE      *
      *  *    A PLUS DE 30 PIEDS SOUS LA SURFACE).                      *
      *  *                                                              *
      *  ****************************************************************

       FORMATION-30.
           IF ((FORM-NAM OF BINREC (J) IS EQ "80" OR "81" OR "90"
               OR "91" OR "20" OR "21" OR "30" OR "31" OR "50"
               OR "51") AND SHEAR-S OF BINREC (J) IS NQ ZEROS)
               MULTIPLY SHEAR-S OF BINREC (J) BY 2
               GIVING BEAR-T, PERFORM BEARING-TEST,
           ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (J) IS EQ "40" OR "41" OR "60"
               OR "61" OR "70" OR "71" OR "K0" OR "A0" OR "W0" OR
               "T0") AND (PEN-RES OF BINREC (J) IS NQ ZEROS)
               MULTIPLY PEN-RES OF BINREC (J) BY 200 GIVING
               BEAR-T, PERFORM BEARING-TEST,
           ELSE IF ((FORM-NAM OF BINREC (J) IS EQ "F0") AND PEN-RES
               OF BINREC (J) IS NQ ZEROS) MULTIPLY
               PEN-RES OF BINREC (J) BY 200.0 GIVING BEAR-T,
               SUBTRACT 30.0 FROM FORM-THICKA GIVING FILLTIK,
               PERFORM BEARING-TEST,
           ELSE IF ((FORM-NAM OF BINREC (J) IS EQ "X0") AND SHEAR-S
               OF BINREC (J) IS NQ ZEROS) MULTIPLY
               SHEAR-S OF BINREC (J) BY 2 GIVING BEAR-T,
               PERFORM SHEARDEP,
           ELSE IF (FORM-NAM OF BINREC (J) IS EQ "X0") MOVE ZEROS
               TO BEAR-T, PERFORM SHEARDEP.

       BEARING-TEST.
           IF (BEAR-T IS LS BEARX AND IS NQ ZEROS) MOVE BEAR-T TO BEARX.
```

```
SHEARDEP.
    IF (DEPTHA IS LS SHERDEP) MOVE DEPTHA TO SHERDEP.
        PERFORM BEARING-TEST.
    ELSE PERFORM BEARING-TEST.

PEAT-TROUBLE.
    IF (PEATIK IS EQ ZEROS) ADD FORM-THICKA TO DEPTHA GIVING
        PEATIK. PERFORM P-TROUBLE.
    ELSE PERFORM SWITCHII.

P-TROUBLE.
    IF (PEATIK IS LQ 41.0) ADD 3 TO FOUND GIVING FOUND.
        PERFORM SWITCHII.
    ELSE IF (PEATIK IS GR 41.0) MOVE 10 TO FOUND.
        PERFORM FOUND-PARAM.

*  ************************************************************************
*  *                                                                      *
*  *    PONDERATION DES PROBLEMES DE FONDATIONS (FOUNDW)                  *
*  *    SELON LA CAPACITE PORTANTE (ESTIMATION).                          *
*  *                                                                      *
*  ************************************************************************

FOUNDATION.
    IF (BEARX IS EQ 999999.9) PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS GR 16000.0) ADD 1 TO FOUND GIVING
        FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS LS 16000.0 AND IS GR 10000.0)
        ADD 2 TO FOUND GIVING FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS LQ 10000.0 AND IS GQ 8000.0) ADD 3 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS LS 8000.0 AND IS GR 6000.0) ADD 4 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS LQ 6000.0 AND IS GQ 4000.0) ADD 5 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS LS 4000.0 AND IS GR 2000.0) ADD 6 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX IS LQ 2000.0 AND IS GR 1000.0) ADD 8 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM SHERDIP.
    ELSE IF (BEARX LQ 1000.0 AND IS GQ 100) ADD 10 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM FOUND-PARAM.
    ELSE MOVE ZERO TO FOUND. PERFORM FOUND-PARAM.

    MOVE "E" TO END-HORIZON.

*  ************************************************************************
*  *                                                                      *
*  *    PONDERATION ADDITIONNELLE DES PROBLEMES DE FONDATIONS             *
*  *    (FOUNDW) SELON L"IMPORTANCE DES DEPOTS ORGANIQUES.                *
*  *                                                                      *
*  ************************************************************************

SHERDIP.
    IF (SHERDEP IS EQ 9999.9) PERFORM FILLTAK.
    ELSE IF (SHERDEP IS GQ 30.0 AND IS LQ 40.0) ADD 3 TO
        FOUND GIVING FOUND. PERFORM FILLTAK.
    ELSE IF (SHERDEP IS LS 55.0) ADD 2 TO FOUND GIVING
        FOUND. PERFORM FILLTAK.
    ELSE IF (SHERDEP IS LQ 70.0) ADD 1 TO FOUND GIVING
        FOUND. PERFORM FILLTAK.
    ELSE PERFORM FILLTAK.
```

```
*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    PONDERATION ADDITIONNELLE DES PROBLEMES DE FONDATIONS *
*  *    (FOUNDW) SELON L"IMPORTANCE DES REMBLAIS.             *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

 FILLTAK.
     IF (FILLTIK IS LQ 10.0) PERFORM FOUND-PARAM,
     ELSE IF (FILLTIK IS LQ 30.0) ADD 1 TO FOUND GIVING
         FOUND, PERFORM FOUND-PARAM,
     ELSE IF (FILLTIK IS LQ 50.0) ADD 2 TO FOUND GIVING
         FOUND, PERFORM FOUND-PARAM,
     ELSE IF (FILLTIK IS GR 50.0) ADD 3 TO FOUND GIVING
         FOUND, PERFORM FOUND-PARAM.

 FOUND-PARAM.
     IF (FOUND IS GR 10)
             MOVE 10 TO FOUND , FOUNDW OF PLOTREC
     ELSE IF (FOUND IS LQ 10)
             MOVE FOUND TO FOUNDW OF PLOTREC.

/

*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    CONSIDERATION DE L"ELEVATION DE LA NAPPE PHREATIQUE   *
*  *    SUR LA NECESSITE D"INSTALLATIONS DE POMPAGE.          *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

 WATER-TABLE.
     IF (WATR-T IS EQ 99999 )
         PERFORM EXITALL,
     ELSE IF (WATR-T IS GQ DB OF BINREC (1))
             MOVE ZEROS TO DEWAT OF PLOTREC
             PERFORM EXITALL
     ELSE IF (WATR-T IS LS DB OF BINREC (1))
             SUBTRACT WATR-T FROM DB OF BINREC (1) GIVING SATDEP,
         PERFORM Q-PERMS  VARYING I FROM 1 BY 1 UNTIL
             DEPTH OF BINREC (I) GR DB OF BINREC (I)   OR
             FORM1 OF BINREC (I) GQ 1  OR
             I GR 9
         PERFORM Q-PERMII.

*  ************************************************************
*  *                                                          *
*  *    CONSIDERATION DE L"IMPORTANCE DE LA PERMEABILITE      *
*  *    SUR LA NECESSITE D"INSTALLATIONS DE POMPAGE.          *
*  *                                                          *
*  ************************************************************

 Q-PERMII.
     IF (PERMX IS LS 5 AND IS GR ZEROS) DIVIDE SATDEP BY 30.0
         GIVING DXWAT, PERFORM DEWATX,
         PERFORM DEWAT-1,
     ELSE IF (PERMX IS EQ 5) MOVE ZEROS TO DEWATA,
         PERFORM EXITALL,
     ELSE IF (PERMX IS EQ ZEROS ) MOVE DATA-NUMBER OF
         BINREC (1) TO DATA-RED OF LISTREC, MOVE "PERMEABILITE"
```

```
           TO MISSPAR-2. MOVE ZEROS  TO DEWAT OF LISTREC.
           DEWAT OF PLOTREC. PERFORM EXITALL.

      Q-PERMS.
          IF (QPERM OF BINREC (I) IS LS PERMX) MOVE QPERM OF
             BINREC (I) TO PERMX.

      DEWATX.
          COMPUTE APERM = 6 - PERMX.

      *  ****************************************************************
      *  *                                                              *
      *  *    PONDERATION DE L"IMPORTANCE DES INSTALLATIONS DE          *
      *  *    POMPAGE.                                                  *
      *  *                                                              *
      *  ****************************************************************

      DEWAT-1.
          IF (WATR-T IS LQ 8.0) ADD 5 TO APERM. GIVING APERM.
              MULTIPLY DXWAT BY APERM GIVING APERM. ADD APERM TO
              DEWATA GIVING DEWATA. PERFORM CHECK-IT.
          ELSE IF (WATR-T IS LQ 24.0) ADD 4 TO APFRM GIVING APERM.
              MULTIPLY DXWAT BY APERM GIVING APERM. ADD APERM
              TO DEWATA GIVING DEWATA. PERFORM CHECK-IT.
          ELSE IF (WATR-T IS LQ 30.0) ADD 2 TO APERM GIVING APERM.
              MULTIPLY DXWAT BY APERM GIVING APERM. ADD APERM TO
              DEWATA GIVING DEWATA. PERFORM CHECK-IT.
          ELSE PERFORM EXITALL.

      CHECK-IT.
          IF (DEWATA IS GR 10) MOVE 10 TO DEWAT OF PLOTREC.
              PERFORM EXITALL.
          ELSE IF (DEWATA IS LQ 10) MOVE DEWATA TO DEWAT OF
              PLOTREC. PERFORM EXITALL.
          ELSE PERFORM EXITALL.

      *  ****************************************************************
      *  *                                                              *
      *  *    IDENTIFICATION DES PARAMETRES MANQUANTS.                  *
      *  *                                                              *
      *  ****************************************************************

      EXITALL.
          IF (WXCAV OF PLOTREC IS EQ ZEROS)
              MOVE ZEROS TO WXCAV OF LISTREC. WXCAV OF PLOTREC.
              MOVE "RESISTANCE A LA PENETRATION" TO MISSPAR-3
              OF LISTREC
              MOVE DATA-NUMBER OF BINREC (1) TO DATA-RED OF LISTREC .

          IF (FOUNDW OF PLOTREC IS EQ ZEROS AND BW OF PLOTREC IS
              EQ ZEROS)
              MOVE "RESISTANCE A LA PENETRATION/CISAILLEMENT" TO
              MISSPAR-4. MOVE ZEROS  TO FOUNDW OF LISTREC.
              FOUNDW OF PLOTREC. MOVE
              DATA-NUMBER OF BINREC (1) TO DATA-RED OF LISTREC.

          IF (WXCAV OF PLOTREC IS NQ ZEROS OR IS NQ 99)
              AND ((FOUNDW OF PLOTREC IS NQ ZEROS) OR
              (FOUNDW OF PLOTREC IS EQ ZEROS AND BW OF PLOTREC
              IS NQ ZEROS))
              AND DEWAT OF PLOTREC IS NQ 99
```

```
           PERFORM LAST-WT,
       ELSE PERFORM LAST-MOVE.

      *  ***************************************************************
      *  *                                                             *
      *  *    PONDERATION FINALE.                                      *
      *  *                                                             *
      *  ***************************************************************

       LAST-WT.
           COMPUTE WT = (WXCAV OF PLOTREC + BW OF PLOTREC
               + FOUNDW OF PLOTREC + DEWAT OF PLOTREC) / 4,
           MOVE WT TO PLOT-WT OF PLOTREC  , PERFORM LAST-MOVE.

       LAST-MOVE.
           IF (WXCAV OF PLOTREC IS EQ 99) MOVE ZEROS TO WXCAV
               OF PLOTREC.
           IF (DEWAT OF PLOTREC IS EQ 99 ) MOVE ZEROS TO DEWAT
               OF PLOTREC, DEWAT OF LISTREC.
           MOVE DATA-NUMBER OF BINREC (1) TO DATA-NUMBER
               OF PLOTREC,  DATA-NUMBER OF LISTREC .
           MOVE EAST OF BINREC (1) TO EAST OF PLOTREC, EAST OF LISTREC .
           MOVE NORTH OF BINREC (1) TO NORTH OF PLOTREC NORTH OF LISTREC
           MOVE BW OF PLOTREC TO BW OF LISTREC,
           MOVE WXCAV OF PLOTREC TO WXCAV-SP  OF LISTREC,
           MOVE FOUNDW OF PLOTREC TO FOUNDW-SP  OF LISTREC,
           MOVE DEWAT OF PLOTREC TO DEWAT-SP  OF LISTREC,
           MOVE DATA-RED OF LISTREC TO DATA-RED OF PLOTREC.
           MOVE PLOT-WT OF PLOTREC TO PLOT-WT OF LISTREC.
```

ANNEXE V

---PROGRAMME D"EVALUATION DES COUTS ADDITIONNELS POUR L"AMENAGEMENT HYPOTHETIQUE DU SITE DANS LA REGION DE HAMILTON. ONTARIO.

```
       PROCEDURE DIVISION.

      *  ****************************************************************
      *  ****************************************************************
      *  *                                                              *
      *  *    PROGRAMME D"EVALUATION DES COUTS ADDITIONNELS             *
      *  *    POUR UN AMENAGEMENT HYPOTHETIQUE.                         *
      *  *                                                              *
      *  ****************************************************************
      *  ****************************************************************

       START.
           OPEN INPUT LISTFILE OUTPUT PLOTF-2. LISTIII.
           PERFORM DO-DATA THRU DO-EXIT UNTIL FINISHED.
           CLOSE LISTFILE. PLOTF-2. LISTIII.
           STOP RUN.

       DO-DATA.
           READ LISTFILE AT END MOVE "E" TO END-RECORDS.
               GO TO DO-EXIT.
           MOVE DATA-NUMBER OF LISTREC TO DATA-NUMBER OF PLOTREC.
             DATA-NUMBER OF LISTOUT.
           MOVE EAST OF LISTREC TO EAST OF PLOTREC.
               EAST OF LISTOUT.
           MOVE NORTH OF LISTREC TO NORTH OF PLOTREC.
               NORTH OF LISTOUT.
           EXAMINE PLOT-WT OF LISTREC REPLACING LEADING " " BY ZEROS.

      *  ****************************************************************
      *  *                                                              *
      *  *    L AUGMENTATION DU COUT CALCULEE POUR UNE VERGE CUBE.      *
      *  *    POUR TROUVER L AUGMENTATION TOTALE MULTIPLIER  PAR        *
      *  *    25000. VERGES CUBES (OU 50X50X10VERGES).....              *
      *  *                                                              *
      *  ****************************************************************

      *       EXCAVATION.....
      *       L AUGMENTATION DU COUT CALCULEE POUR UNE VERGE CUBE
      *       PAR UNITE DE PONDERATION (DE 2.0 A 10.0)= $0.75.
      *       AUGMENTATION TOTALE POSSIBLE= $150,000.
      *       ESTIMATION MINIMALE DU COUT= $50,000.

           EXAMINE WXCAV OF LISTREC REPLACING LEADING " " BY ZEROS.
           IF WXCAV OF LISTREC IS GR 2.0 MULTIPLY WXCAV OF LISTREC
               BY 0.75 GIVING WXCAV OF LISTOUT.
           ELSE MOVE ZEROS TO WXCAV OF LISTOUT.
```

```
*       FONDATION.....................................................
*       L AUGMENTATION DU COUT CALCULEE POUR UNE VERGE CUBE
*       PAR UNITE DE PONDERATION (DE 2.0 A 10.0)= $25.00.
*       AUGMENTATION TOTALE POSSIBLE= $5,000,000.
*       ESTIMATION MINIMALE DU COUT= $4,000,000.

      EXAMINE FOUNDW OF LISTREC REPLACING LEADING " " BY ZEROS.
      IF FOUNDW OF LISTREC IS GR 2.0 MULTIPLY FOUNDW OF LISTREC
          BY 25.0 GIVING FOUNDW OF LISTOUT.
      ELSE MOVE ZEROS TO FOUNDW OF LISTOUT.

*       POMPAGE.......................................................
*       L AUGMENTATION DU COUT CALCULEE POUR UNE VERGE CUBE
*       PAR UNITE DE PONDERATION (DE 0.0 A 10.0)= $0.80.
*       AUGMENTATION TOTALE POSSIBLE= $200,000.
*       ESTIMATION MINIMALE DU COUT= $0.00.

      EXAMINE DEWAT OF LISTREC REPLACING LEADING " " BY ZEROS.
      MULTIPLY DEWAT OF LISTREC BY 0.80 GIVING DEWAT OF LISTOUT.

*       DYNAMITAGE....................................................
*       L AUGMENTATION DU COUT CALCULEE POUR UNE VERGE CUBE
*       PAR UNITE DE PONDERATION (DE 0.0 A 10.0)= $1.40.
*       AUGMENTATION TOTALE POSSIBLE= $350,000.
*       ESTIMATION MINIMALE DU COUT= $0.00.

      EXAMINE   BW  OF LISTREC REPLACING LEADING " " BY ZEROS.
      MULTIPLY BW OF LISTREC BY 1.40 GIVING BW OF LISTOUT.

*       CALCUL DE L AUGMENTATION TOTALE DU COUT OU INDICATION
*       DU NUMERO DE FORAGE N AYANT PAS SUFFISAMENT DE DONNEES.

      IF   PW9   OF LISTREC IS EQ ZEROS MOVE 2 TO COLOUR OF
          PLOTREC, MOVE DATA-RED OF LISTREC TO ZVAL OF PLOTREC,
          DATA-RED OF LISTOUT,
          MOVE ZEROS TO COST OF LISTOUT,
      ELSE IF   PW9   OF LISTREC IS NQ ZEROS
          MOVE ZEROS TO DATA-RED OF LISTOUT,
          MOVE 1 TO COLOUR OF PLOTREC,
          COMPUTE INCR-COST = WXCAV OF LISTOUT + FOUNDW OF
          LISTOUT + DEWAT OF LISTOUT + BW OF LISTOUT ,
          MOVE INCR-COST TO ZVAL-S OF PLOTREC,
          COST OF LISTOUT.
      WRITE PLOTREC.
      WRITE LISTOUT.
  DO-EXIT.
      EXIT.
```

ANNEXE VI

---CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE HAMILTON, ONTARIO.

VI-1: Etudes antérieures.

VI-1-1: Le Paléozoïque.

Avant même la fondation de la Commission Géologique du Canada, en 1842, des géologues new-yorkais suivaient les formations géologiques à l'intérieur des frontières canadiennes. A. Murray (1843) fut l'un des premiers géologues canadiens à entreprendre une étude géologique de la région entre la baie Georgienne et le lac Erié.

Logan (1863) établit les bases de la stratigraphie de la région. Depuis, de nombreux auteurs en ont détaillées les différentes formations et leur faciès.

Les formations siluriennes de la région intéressèrent les géologues canadiens et américains de l'époque, tels que Billings (1866), Bell (1867-1870), Grabau (1901), Schuchert (1914), Park (1909)...

En 1919, Williams publia une revision complète et

détaillée de la stratigraphie de la région. Keele (1924) fit une étude des argiles et schistes argileux. Shaw (1937) étudia, en particulier, la faune des formations de Guelph et d'Eramosa.

Caley (1940) cartographia finalement à nouveau la région. Armstrong (1953 et 1955) réalisa des livrets guides sur le groupe Cataract.

Plusieurs étudiants de l'Université de Toronto s'intéressèrent à la géologie de la région. Johnson (1934) étudia la formation Cataract, Nowlan (1935) fit des travaux sur la stratigraphie de l'escarpement du Niagara, Holstein (1936) et Crombie (1943) étudièrent les minéraux lourds des formations du Paléozoïque. Laird (1935) entreprit une étude détaillée sur l'origine et la nature des cailloux silicieux dans la formation de Lockport, principalement aux environs de Hamilton.

Les étudiants de l'Université McMaster étudièrent en détails certaines formations. Gietz (1952) étudia la Whirlpool, Pelletier (1953) la Grimsby et Sutterlin (1954) s'attaqua à la formation Thorold.

Bolton (1953, 1955 et 1957) se consacra à une

étude détaillée de la stratigraphie et de la paléontologie du Silurien et l'escarpement du Niagara.

Le potentiel industriel des calcaires, grès et minéraux contenus dans la roche en place de la région fut le thème central d'études entreprises par Hewitt (1960, 1962, 1964, 1968 et 1971).

Beards (1967) établit, à partir d'anciens sondages, un guide de la stratigraphie du Paléozoïque du sud de l'Ontario. B.V. Sanford (1972) entreprit la corrélation tectonique et stratigraphique des principales formations de la région de Hamilton avec celles du bassin du Michigan aux Etats-Unis. Martini (1965) étudia les faciès des formations de l'escarpement du Niagara entre Hamilton, Ontario et Rochester, New York.

Kilgour (1972) et Boucot (1972) tentèrent des corrélations stratigraphiques basées sur la faune fossile de quelques formations de l'escarpement.

Enfin, Mosher (1972) envisagea la possibilité d'utiliser les résultats d'analyses chimiques, effectuées sur de très petits échantillons de roc, afin d'établir des bases quantitatives aux divisions stratigraphiques

de la région. Le but avoué de ce travail étant de déterminer l'endroit précis du contact entre deux formations, où celui-ci n'est pas évident (exemple: le contact entre la formation de l'Irondequoit et la formation de la Reynales)..

VI-1-2: Le Quaternaire.

Les premières études sur la géologie du Quaternaire dans la région de Hamilton remontent également à Logan (1863). L'étude des dépôts et leur mise en place par les glaciers du Pleistocène et l'étude de l'origine de la vallée de Dundas intéressèrent, par la suite, plusieurs chercheurs, tels Spencer (1875, 1881 et 1882), Kennedy (1884) et von Wagner (1884).

Taylor (1899 et 1913) s'intéressa aux grands lacs glaciaires et aux systèmes morainiques de la région. Il étudia en plus l'histoire géologique des Grands Lacs (Taylor 1912 et 1939, et, Leverett et Taylor 1915). MacLachlan (1939) et Hough (1958 et 1963) publièrent des études sur les mêmes thèmes. Coleman (1937) étudia particulièrement les dépôts du lac glaciaire Iroquois. Chapman et Putnam (1951 et 1966) publièrent une étude détaillée sur la physiographie de tout le sud de l'Ontario.

incluant la région de Hamilton. Wilkinson (1959) tenta de tracer les effets de redressement isostatique sur les rivages du lac Iroquois. Dans sa thèse de baccalauréat à l'Université McMaster, Horton (1961) décrit les plages soulevées près de Hamilton. Enfin, Hurst (1962) fournit une description des dépôts quaternaires dans la vallée de Dundas.

C'est à Karrow (1959 et 1963) que l'on doit d'avoir proposé, en grande partie, la stratigraphie du Quaternaire de la région. Les travaux de Cowan (1972) et de Feenstra (1975) vinrent compléter cette étude.

VI-1-3: Autres études géoscientifiques.

"L'Ontario Soil Survey" organisme du Ministère de l'Agriculture de l'Ontario publia en 1965 un rapport et une carte pédologique du Comté de Wentworth (Presant, Wicklund et Matthews, 1965). Gillespie, Wicklund et Miller (1971) également de l'OSS publièrent une étude semblable sur les sols du Comté de Halton. Pour le Comté de Haldimand, on ne dispose que d'une carte relativement ancienne (Ontario Agricultural College, 1935) mais aucun rapport ne l'accompagne.

L'érosion des rives du lac Ontario, dans la région de Hamilton attira l'attention de Richardson (1951), de Langford (1952), de Hegler, LeLièvre, Matyas, Rutka et White (1973), de Hegler (1974), de Rutka (1974) et de Matyas, White et LeLièvre (1974). L'importance de ce problème amena le Ministère des travaux publics du Canada (1968) à étudier ce phénomène. De plus, l'"International Association for Great Lakes Research" publient des comptes rendus sur les études scientifiques effectuées sur le lac Ontario et ses rives.

Une série d'études à l'échelle régionale (1:250 000) effectuées par l'ARDA (Aménagement rural et développement agricole) (1968) et par le Ministère de l'expansion économique et régionale du Canada (1970 et 1971) soulignent les possibilités d'exploitations agricoles, forestières et récréatives de la région en plus des possibilités de terres pour la faune.

Mentionnons à nouveau les nombreuses études de Hewitt (1960, 1962, 1964, 1968, et 1971) Hewitt et Karrow (1963), Hewitt et Cowan (1969), Hewitt et Yundt (1971), Hewitt et Vos (1972) et Vos (1975) sur les minéraux industriels et les dépôts de sables et graviers exploitables près de Hamilton.

La géotechnique et la géologie de l'ingénieur n'ont guère dépassé, jusqu'à maintenant, le niveau de l'étude du site ou du problème spécifique (érosion des rives, stabilité des pentes, etc...) (Morris et White 1975). Nous espérons que la présente étude sera l'amorce d'études géotechniques, systématiques dans la région.

La région de Hamilton est donc l'objet d'un intérêt soutenu depuis plus de 100 ans, par des géoscientifiques de diverses spécialités.

VI-2: La stratigraphie.

Le but de cette thèse n'implique aucunement une étude détaillée de la géologie de la roche en place. Nous croyons, cependant, utile de décrire brièvement les différents faciès lithologiques de la région étudiée car ils forment les assises rocheuses sur lesquelles reposent les dépôts meubles du Quaternaire.

Dans une étude géctechnique complète, la roche en place doit retenir l'attention au même titre que les dépôts meubles puisqu'on l'utilise comme assise et comme matériau de construction.

VI-2-1: Le Paléozoïque.

Les assises rocheuses de la région de Hamilton, d'âge paléozoïque (Ordovicien supérieur (?) et Silurien) accusent une légère pente vers le sud-ouest (bassin du Michigan). Ces formations, nous assure Caley (1940, p. 10), reposent sur un socle Précambrien irrégulier et de nature métamorphique. Nous avons décrit les formations paléozoïques de la région en nous inspirant en partie, des descriptions de Caley (1940) et de Bolton (1957).

VI-2-1-1: Le Queenston:

Cette formation consiste essentiellement en un schiste argileux caractérisé par sa couleur rouge brique moucheté ou traversé de courants vert pâle, des lits minces et des propriétés uniformes dans toute sa masse. On considère habituellement le Queenston comme appartenant à l'Ordovicien supérieur et en partie au Silurien inférieur. Dans la région à l'étude, le Queenston affleure à la base de l'escarpement du Niagara (voir figure VI-1 - Géologie de la roche en place de la région étudiée). Cette formation étant altérée en surface, les foreurs iront jusqu'à pénétrer 3 mètres (10 pieds) dans ce schiste argileux croyant toujours forer dans des dépôts meubles. Ceci explique, en partie, les erreurs comprises dans la carte de la topographie de la roche en place et dans celle de l'épaisseur des dépôts meubles (voir chapitre 7). Les schistes argileux du Queenston s'altèrent rapidement au contact avec l'atmosphère pour former un sol argileux rouge.

VI-2-1-2: Le groupe Cataract: (Silurien inférieur)

Le groupe Cataract comprend les formations suivantes: les grès du Whirlpool, les schistes sédimentaires

Figure VI-1

Géologie de la roche en place de la région étudiée.
Tirée des cartes de J.F. Caley 1940.

Légende

Centre ville de Hamilton et de Dundas

SILURIEN

SALINA: (Formation) — Schistes argileux, dolomie, gypse.

GUELPH: (Formation) — Dolomie grise, brune.

LOCKPORT: (Formation) — Dolomie grise.

CLINTON: (Groupe) — Schistes argileux gris, calcaire dolomitique, gris-pâle.

CATARACT: (Groupe) — Grès, rouges et gris; schistes argileux, rouges, verts et gris, calcaires argileux.

ORDOVICIEN

QUEENSTON: — Schistes argileux, rouge.

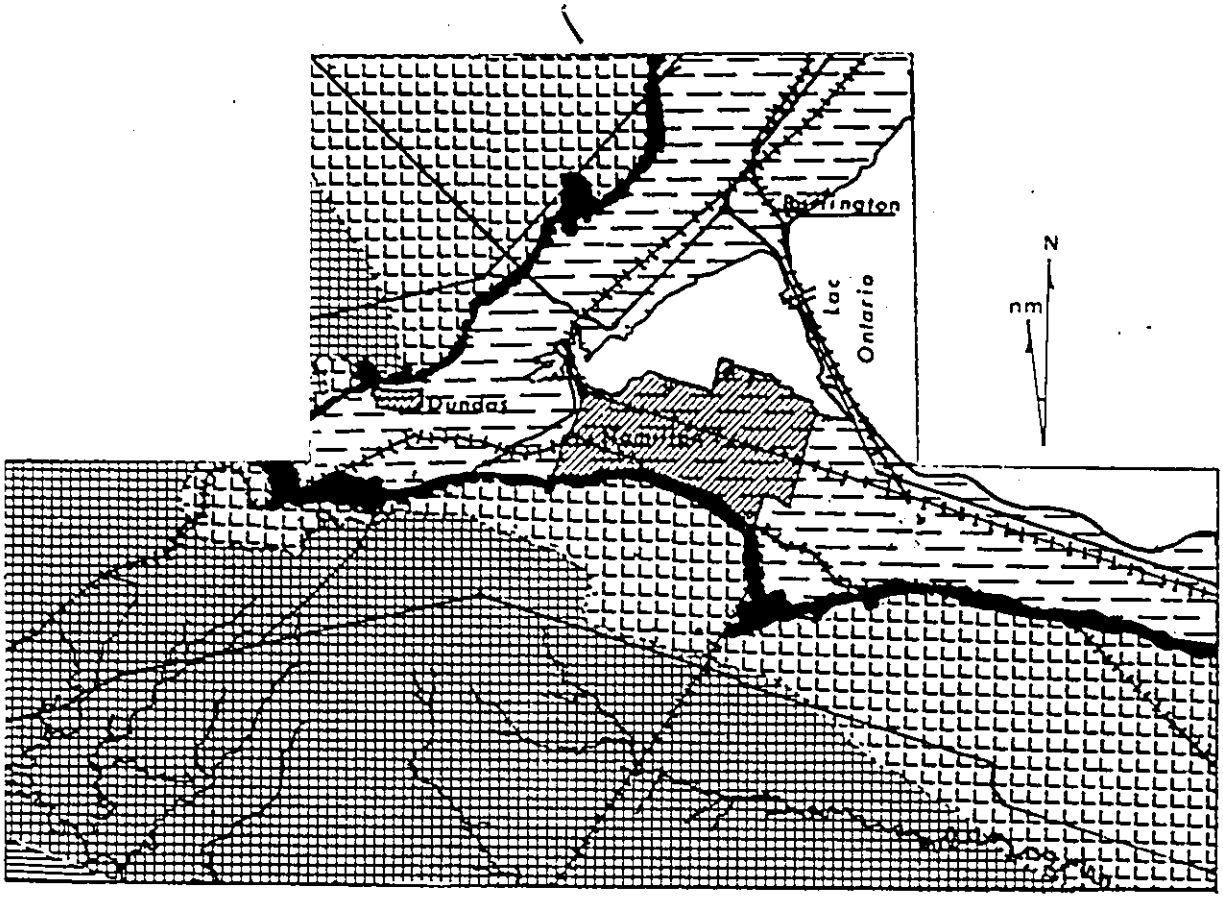


Figure VI-1

du Cabot Head et le Manitoulin (au sud le Power Glen) et les grès et schistes sédimentaires du Grimsby (voir figure VI-2 - Stratigraphie des formations de la région de Hamilton, Ontario, tiré de Bolton (1957) et Sanford (1969)).

La formation Whirlpool.

Cette formation se compose d'un grès gris pâle, quartzitique, massif, de granulométrie moyenne et pouvant parfois contenir des stratifications entrecroisées. Elle forme la base de l'escarpement du Niagara. L'absence de pendage, sa faible épaisseur (ne dépassant pas 5 mètres (15 pieds) dans la région de Hamilton selon Caley (1940 p. 27)), et sa position stratigraphique ne permettent pas de représenter cette formation sur une carte géologique traditionnelle.

La formation Power Glen.

La formation Power Glen s'insère entre les grès du Whirlpool et les schistes sédimentaires de la formation de Grimsby. Elle semble être l'équivalent stratigraphique de la formation de Manitoulin et d'une partie du Cabot Head.

Bolton (1957 p. 12) situe la limite septentrionale du Power Glen entre les municipalités de Grimsby et Stoney Creek, et il ne voit pas la nécessité de subdiviser cette unité stratigraphique en formations de Manitoulin et de Cabot Head (1957 p. 11).

La formation Power Glen se compose de schistes sédimentaires fissiles gris foncé à vert, quelque peu calcaires et grèseux. De minces couches de grès calcaires gris pâle apparaissent à différents niveaux. De transition graduelle, la base du Power Glen présente une altération de surface fossilisée de 30 cm. (1 pied) d'épaisseur formée de minces couches de grès et de schistes argileux rouges. Le contact supérieur n'est pas graduel, il se situe entre les schistes argileux gris et les schistes argileux rouges supérieurs. Selon les variations d'épaisseur du Whirlpool, la puissance du Power Glen peut varier entre 11 et 15 mètres (34 et 48 pieds).

La formation de Manitoulin.

Vers le nord à partir de Stoney Creek et jusqu'à l'île de Manitoulin, la formation de Manitoulin sépare la formation de Whirlpool du Cabot Head. Elle disparaît complètement, selon Bolton (1957 p. 13), à l'est de Stoney Creek.

Figure VI-2

Stratigraphie des formations de la
région de Hamilton, Ontario.
Tiré de Bolton (1957) et Sanford (1969 Carte 1263A)

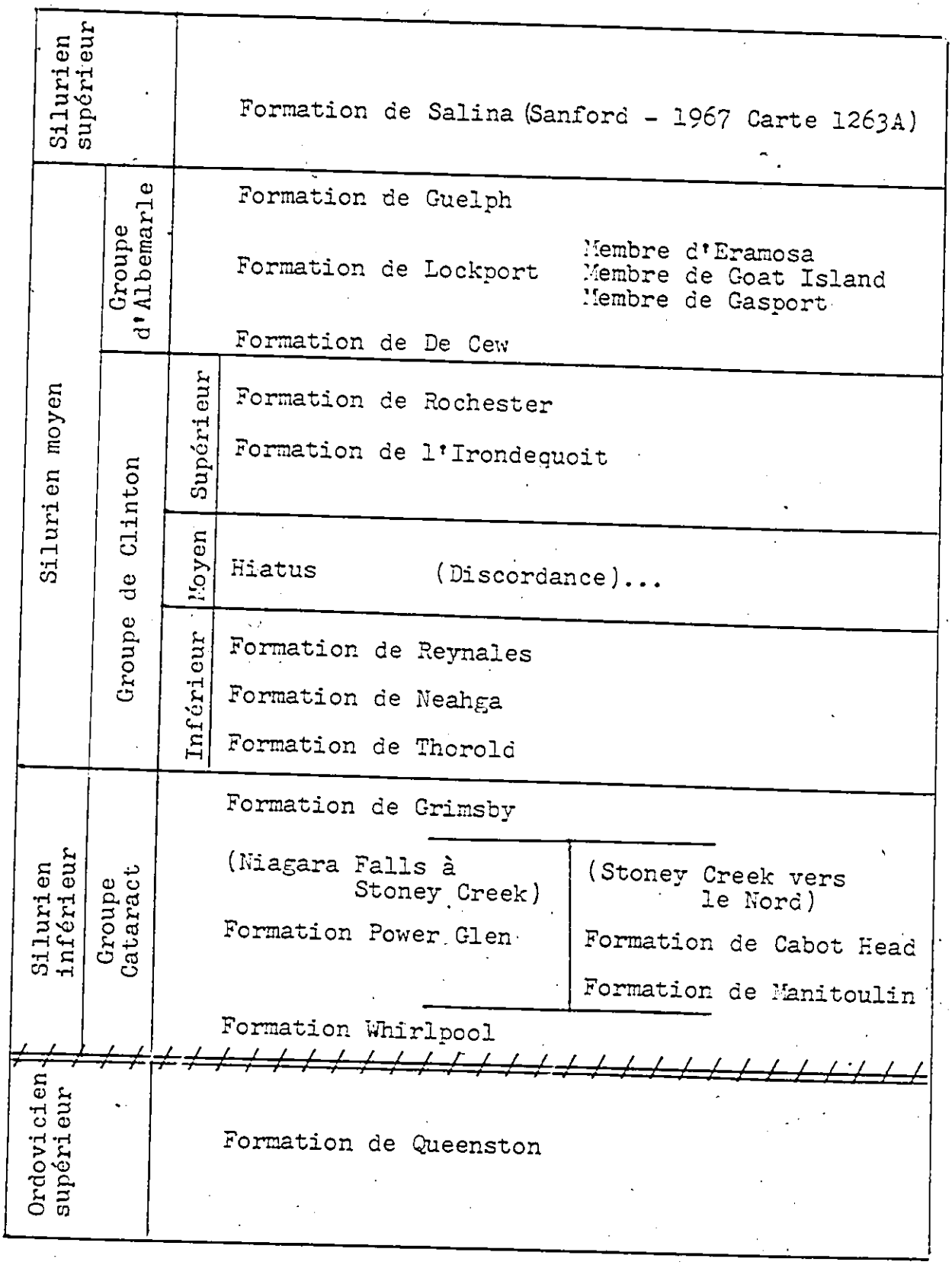

Silurien supérieur
Formation de Salina (Sanford - 1967 Carte 1263A)
Silurien moyen
Groupe d'Albemarle
Formation de Guelph
Formation de Lockport
Membre d'Eramosa
Membre de Goat Island
Membre de Gasport
Formation de De Cew
Groupe de Clinton
Supérieur
Formation de Rochester
Formation de l'Irondequoit
Moyen
Hiatus (Discordance)...
Inférieur
Formation de Reynales
Formation de Neahga
Formation de Thorold
Silurien inférieur
Groupe Cataract
Formation de Grimsby
(Niagara Falls à Stoney Creek)
(Stoney Creek vers le Nord)
Formation Power Glen
Formation de Cabot Head
Formation de Manitoulin
Formation Whirlpool
Ordovicien supérieur
Formation de Queenston

Figure VI-2

Représentée surtout par des dolomies fossilifères bleus gris à bruns jaunâtres, minces et en alternance avec de nombreux petits lits de schistes sédimentaires, la formation de Manitoulin est en concordance stratigraphique avec la formation de Whirlpool. On admet généralement qu'entre les formations de Manitoulin et de Cabot Head se situent des schistes sédimentaires gris et qu'ils sont plus fréquents que les dolomies du Manitoulin. D'une puissance de 1.2 mètres (4 pieds) à Stoney Creek, le Manitoulin atteint 3.4 mètres (11 pieds) au nord de la région étudiée.

La formation de Cabot Head.

La formation de Cabot Head renferme surtout des schistes sédimentaires gris et des quantités variables de lits de grès calcaire et de calcaire. De Stoney Creek à Hamilton, la transition avec la Manitoulin se fait graduellement sur une épaisseur de 1 à 2 mètres (4 à 6 pieds). Dans les derniers 3.5 à 4 mètres (12 à 13 pieds) de sa partie supérieure apparaissent de minces couches de grès et de schistes sédimentaires rouges. Le contact avec la formation de Grimsby est net. Selon Bolton (1957 p. 18), la puissance du Cabot Head varie de 10 mètres (34 pieds à 15 mètres (50 pieds) entre Stoney Creek et Hamilton.

La formation de Grimsby.

Sise entre la formation de Power Glen (ou Cabot Head) et la formation de Thorold du groupe Clinton qui la recouvre, la formation de Grimsby se compose en partie de schistes sédimentaires rouges. A sa base, les schistes sédimentaires alternent avec des lits de grès rouges. La moitié supérieure de cette formation renferme surtout des grès fins, rouges mouchetés de jaunes, avec stratifications entrecroisées et des bandes de conglomérats. Les couches de sa partie inférieure deviennent plus épaisses au nord de Clappison Corners. Les contacts (inférieur et supérieur) sont marqués par une variation de couleur. La puissance de cette formation dans la région étudiée varie de 9 mètres (29 pieds) près de Hamilton à 4 mètres (12 pieds) près de Clappison Corners.

VI-2-1-3: Le groupe de Clinton: (Silurien moyen)

Le groupe de Clinton comprend, dans sa partie inférieure, les formations de Thorold, de Neahga et de Reynales. Dans sa partie supérieure, le groupe comprend les calcaires de l'Irondequoit, les schistes sédimentaires du Rochester et les dolomies du De Cew. Un hiatus discordant se situe dans le Clinton moyen (voir figure VI-2 - Stratigraphie des formations de la région de Hamilton, Ontario).

La formation de Thorold.

La formation de Thorold consiste en un grès quartzitique, blanc à gris pâle, massif, à granulométrie fine, compact et contenant des stratifications entrecroisées. De minces couches de schistes sédimentaires (argileux et silteux) verts ou gris, apparaissent à tous les niveaux. Le contact avec la formation de Grimsby est net et marqué plus par un changement de couleur que par une différence dans la lithologie. Le contact supérieur, avec les dolomies du Reynales, est brutal. La Thorold varie en puissance; dans la région de Hamilton, son épaisseur moyenne est de 4 mètres (13 pieds)

La formation de Neahga.

Les schistes sédimentaires de cette formation furent identifiés jusqu'à De Cew Falls, à l'est de Hamilton. Selon Bolton (1957, p. 25), il est probable que cette formation soit absente dans la région à l'étude.

La formation de Reynales.

La formation de Reynales renferme un calcaire dolomitique pouvant aller jusqu'à la dolomie dense, des

stratifications d'épaisseurs variables, gris pâles et s'altérant brun pâles. Des alternances de schistes sédimentaires gris se retrouvent à tous les niveaux. Dans la région de Hamilton, la dolomie devient plus argileuse. La base est souvent formée de calcaires fossilifères cristallins contenant de la pyrite et des nodules de phosphate.

A sa base, la formation de Reynales est en concordance stratigraphique avec la formation de Thorold. A son sommet, elle semble en discordance avec la formation de l'Irondequoit. Sa puissance, dans la région de Hamilton, varie entre 2.5 et 3 mètres (8.5 à 10 pieds).

Clinton moyen.

Bolton (1957 p. 5 et 26) indique une discordance au sommet du Reynales. Cette discordance avec l'Irondequoit peut être suivie jusqu'à Clappison Corners. Plus au nord, l'Irondequoit ne peut être différencié du Gasport car les schistes sédimentaires de la formation de Rochester sont absents.

La formation de l'Irondequoit.

La formation de l'Irondequoit renferme des calcaires contenant des crinoïdes, blancs à gris pâles, cristallins,

poreux et massifs. Elle contient, en outre, de la pyrite et du gypse. Elle est discordante à sa base avec le Reynales et change brusquement de lithologie à son sommet pour passer à la formation de Rochester. Sa puissance varie de 1 à 2 mètres (4 à 7 pieds) dans la région étudiée.

La formation de Rochester.

Les schistes sédimentaires noirs à gris de la formation de Rochester possèdent de nombreux petits lits de calcaires gris et fossilifères. Le contact avec l'Irondequoit se caractérise par un changement brusque de lithologie et les 3 ou 6 derniers mètres (10 ou 20 pieds) avant le contact supérieur (avec la De Cew) deviennent dolomitiques et massifs ou encore passent à des schistes sédimentaires calcaires. Au nord de Clappison Corners, la formation de Rochester devient un calcaire argileux foncé. Le contact supérieur semble donc graduel entre les schistes sédimentaires calcaires du Rochester et la dolomie du De Cew. La puissance du Rochester diminue vers le nord (10.5 mètres (35 pieds) à Grimsby, 4.2 mètres (14 pieds) à Hamilton, 1.5 mètre (5 pieds) à Dundas et 70 cm. (2.2 pieds) à Clappison Corners).

La formation de De Cew.

La formation de De Cew comprend surtout des calcaires dolomitiques allant parfois jusqu'à la dolomie. Ce faciès présente des caractères argileux à gréseux, gris foncé et brun pâle, après altération. Bolton (1957 p. 33) affirme que le contact inférieur forme une zone de transition représentant un changement de régime sédimentologique. On retrouve parfois des rides de courant au contact supérieur. La puissance de la formation de De Cew varie de 1 à 2.5 mètres (3 à 8 pieds).

VI-2-1-4: Le groupe d'Albemarle: (Silurien moyen)

Les dolomies formant la base de ce groupe recouvrent le sommet de l'escarpement du Niagara. Bolton (1957 p. 45) reconnait deux formations dans ce groupe pour la région qui concerne cette étude: la formation de Lockport et la formation de Guelph.

La formation de Lockport.

La formation de Lockport, restreinte à la péninsule du Niagara, comprend essentiellement des dolomies. Ces dolomies peuvent être subdivisées en calcaire dolomitiques

du membre de Gasport; en dolomies denses, argileuses et contenant des lentilles siliceuses du membre de Goat Island; et finalement en dolomies bitumineuses de l'Eramosa. Ces subdivisions ne peuvent être reconnues au nord de Hamilton. Dans la région de Hamilton, le Gasport varie en puissance de 2 à 6 mètres (7 à 20 pieds), le Goat Island de 19 à 27 mètres (61 à 90 pieds) et l'Eramosa de 13 à 18 mètres (43 à 58 pieds).

La formation de Guelph.

La dolomie de la formation de Guelph, gris pâle à jaune gris présente l'aspect d'un pain de sucre dû aux fins cristaux de dolomie. Son contact inférieur se caractérise par une zone de transition avec l'Eramosa, membre de la formation de Lockport. Les couches de schistes sédimentaires bitumineux disparaissent progressivement à mesure que les couches de dolomie s'épaississent. Le contact supérieur, selon Caley (1940 p. 67), comprend une zone de transition variant en épaisseur et pouvant être rattachée aussi bien à la formation de Salina qu'à la formation de Guelph. Cette zone, comprenant une dolomie à cristaux fins gris à bruns-gris, contient de l'anhydrite. Caley (1940, p. 66) place le contact entre l'apparition la plus élevée de dolomie granuleuse grise ou brune et l'apparition la plus basse d'anhydrite ou de gypse dans la dolomie.

VI-2-1-5: La formation de Salina: (Silurien supérieur)

La formation de Salina n'est présente qu'à l'extrémité sud-ouest de la région étudiée. Selon Caley (1940, p. 75) cette formation renferme des schistes sédimentaires gris à verts, minces, avec des intercalations de dolomie argileuse verte à grise, dense, poreuse. Dans son ensemble, la formation de Salina est formée de strates de schistes sédimentaires alternant avec une dolomie grise et une dolomie argileuse. L'anhydrite et le gypse apparaissent en quantité, dans les schistes sédimentaires. Le contact inférieur est d'ailleurs fixé à la première apparition d'anhydrite ou de gypse.

VI-2-2: Le Quaternaire.

Nous pouvons difficilement parler des propriétés géotechniques des sédiments sans décrire, au moins brièvement, leurs caractéristiques géologiques. La stratigraphie du Quaternaire et les formes du relief dans la région de Hamilton, furent les sujets d'études systématiques de la part de Karrow (1963), Cowan (1972) et Feenstra (1975). Ces auteurs ont cartographié respectivement la partie nord, l'ouest et le sud-est de la zone étudiée. Nous avons donc tiré, de ces trois auteurs, le résumé stratigraphique et

géomorphologique qui suit: (voir aussi la figure VI-3 - Schéma des formations superficielles).

VI-2-2-1: Till de Wentworth.

Le till de Wentworth est sablonneux et de couleur brun pâle, quelquefois teinté de rose. Sa composition moyenne est d'environ 50% de sables, 35% de silts et 15% d'argiles (Dreimanis et Karrow - 1965 et Cowan - 1972). Ce till n'affleure que dans le nord de la région, dans le comté de Flamborough Est, sous formes de gros drumlins (2.4 km. de long et hauts de 30 mètres). Nous n'avons pas identifié le Wentworth dans les 63 (soixante-trois) forages exécutés dans le cadre de notre étude.

VI-2-2-2: Till de Halton: (Wisconsinien supérieur).

La composition du dernier till mis en place dans la région, le Halton varie de silto-argileuse à argileuse. Il tapisse une plaine entre la base de l'escarpement du Niagara et la rive du lac Ontario. Sa puissance peut atteindre 30 mètres (100 pieds). Lorsque le Halton repose sur la formation de Queenston, les schistes sédimentaires altérés ou semi-altérés de cette formation sont incorporés aux 3 derniers mètres de sa base.

Figure VI-3

Schéma des formations superficielles de la région de Hamilton. Dressé à partir des cartes de P.F. Karrow (1963), Chapman et Putman (1966), W.R. Cowan (1972), et B. Feenstra (1975). (Echelle: 1:250 000).

Légende

CENOZOIQUE: (Pleistocène et Récent).

Alluvions modernes, tourbières remplissages artificiels.

Graviers, cônes alluviaux, plages, épandages pro-glaciaires.

Sables glacio-lacustres, kames et épandages pro-glaciaires.

Silts glacio-lacustres.

Argiles glacio-lacustres stratifiées, placages de sables parfois présent.

Till de Halton, silteux argileux gris.

PALEOZOIQUE:

Escarpement du Niagara.

Roche en place.

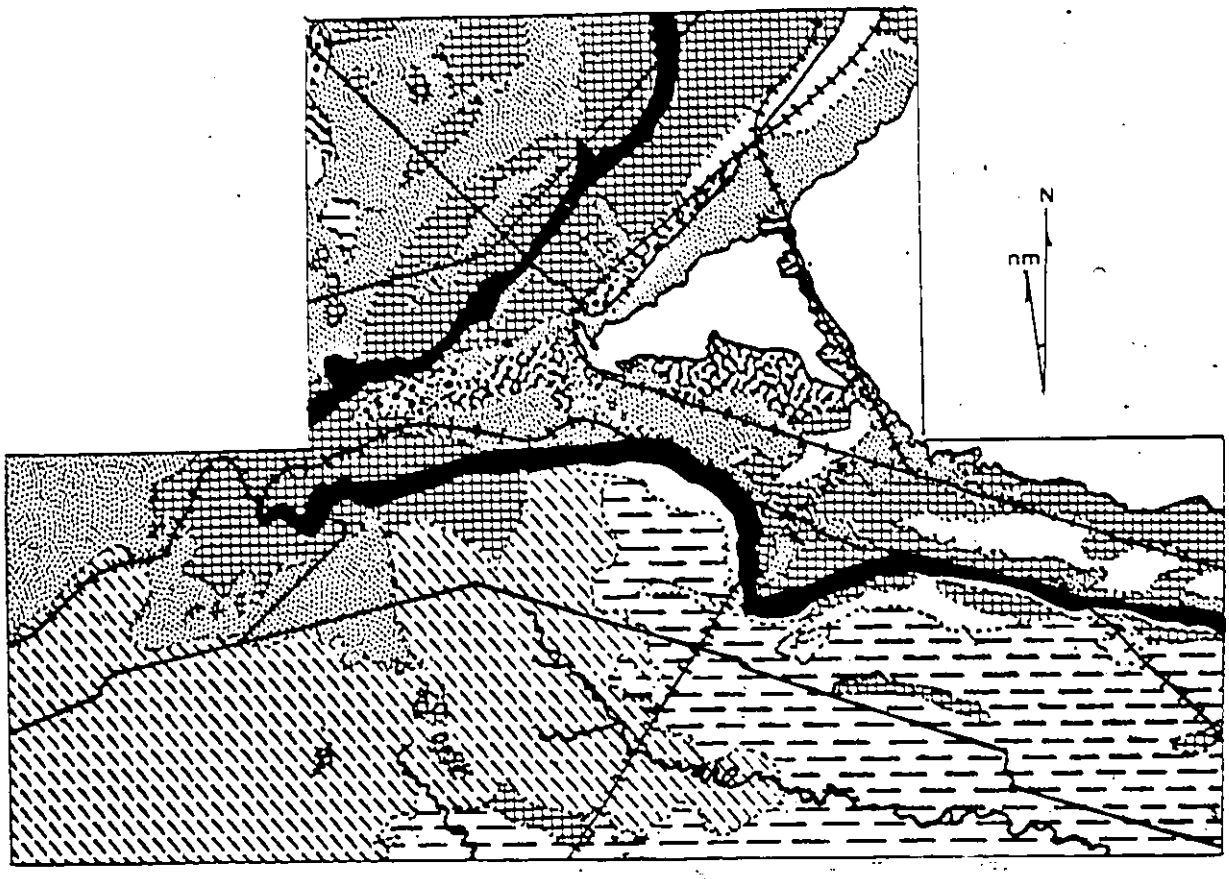


Figure VI-3

Ce "Halton Rouge", Feenstra (1975) le surnomme "Local Till".

Karrow (1963, p. 45) distingue un faciès différent du Halton (granulométrie plus fine) pour la vallée de Dundas (faciès de Dundas). D'après cet auteur, le drainage vers l'est fut initialement bloqué par un glacier et des argiles lacustres s'accumulèrent dans la vallée. Lorsque le glacier envahit à nouveau complètement la vallée, ces argiles furent incorporées au till.

Karrow (1963, p. 45) note la présence de sédiments stratifiés intercalés dans le Halton. Nous avons pû observer ces alternances lithologiques dans des forages au sud de l'escarpement. Des oscillations du front du glacier de Halton pourraient expliquer ces dépôts stratifiés dans le till.

Au sommet de l'escarpement, le Halton recouvre directement les formations siluriennes. Au sud de la région, Feenstra (1975) distingue trois moraines formées du till de Halton, soit:

- La moraine de Vinemount, la plus rapprochée de l'escarpement.
- La moraine de Niagara Falls.
- La moraine de Fort Erié.

Ces deux dernières moraines sont recouvertes par les argiles du lac Warren.

Dans la partie nord, Karrow (1963) regroupe sept (7) collines morainiques parallèles, à l'ouest de l'escarpement, sous le nom de moraines de Waterdown. Il admet éviter ainsi la difficulté de corrélation entre les moraines de Waterdown et les moraines de Vinemount, Niagara Falls et Fort Erié. Il avance toutefois l'hypothèse que les moraines de Waterdown forment la prolongation de ces trois moraines plus facile à identifier au sud.

Karrow (1963, p. 45) donne les valeurs suivantes pour la composition du till de Halton, basée sur l'analyse de vingt-trois (23) échantillons: argiles: 20-56%, silts: 24-65%, sables: 15-43%. Pour le faciès de Dundas, onze (11) échantillons: argiles: 25-68%, silts: 28-53%, sables: 4-28%. En tenant compte du fait que Karrow utilisa la limite silts-argiles de 0.002 mm alors que nous avons utilisé la limite silts-argiles de 0.004 mm, voici les résultats de nos analyses granulométriques: a) pour les trente-sept (37) échantillons autres que ceux du faciès de Dundas: argiles: 25-50%, silts: 25-61%, sables: 3-32%; b) pour les tills du faciès de Dundas, douze (12) échantillons): argiles: 19-45%, silts: 31-67% et sables: 14-28%.

Dans la partie nord de la région étudiée, l'extension maximale du till Halton se trouve à la moraine de Waterdown (Karrow 1963, p. 46). Dans la partie sud, Feenstra (1975) place la limite du Halton au sud-ouest de la rivière Welland. Cowan (1972, p. 17) place cette limite, dans la partie ouest, au sud-ouest de Ancaster et jusqu'à Copetown (voir figure VI-3 - Schéma des formations superficielles).

VI-2-2-3: Les dépôts fluvio-glaciaires.

Au cours du retrait du glacier de Wentworth et durant l'avancée des glaces du Halton, de grandes plaines d'épandages de graviers furent mises en place dans le nord de la région, près de la localité de Harper Corners. Cowan (1972, p. 25), rapporte la présence de graviers d'épandages à l'ouest de Ancaster. Au sud de Copetown, il identifie quelques "kettles".

VI-2-2-4: Les dépôts glacio-lacustres: (Lacs Warren et Whittlesey).

Les lacs Warren et Whittlesey sont deux phases différentes d'un lac glaciaire ayant existé à peu près au même endroit mais à des niveaux différents. Ces niveaux

se sont abaissés avec la déglaciation progressive de nouveaux exutoires. Nous ne nous attarderons pas à tenter de reconnaître les dépôts de l'un ou de l'autre lac, leurs caractéristiques physiques étant similaires. Notons que Feenstra (1975) ne reconnaît que le lac Warren dans la région qu'il cartographia.

Dans la partie sud, les dépôts glacio-lacustres sont représentés par des argiles alternant avec des silts. Ces sédiments recouvrent totalement les moraines de Niagara Falls et de Fort Erié et en partie la moraine de Vinemount. Dans le nord-ouest de la région, les argiles sont elles-même recouvertes de silts et de sables deltaiques. Les argiles s'épaississent vers le sud (17 mètres notés dans un forage). Les sables et silts au sud-ouest de Mill Grove (partie nord, au dessus de l'escarpement) forment selon Karrow (1963, p. 46) une plaine d'épandage, un dépôt deltaique et des dépôts en eaux peu profondes. Ces dépôts sont associés au till de Halton. Une petite étendue d'argiles au sud-ouest de Mill Grove (puissance de 2 mètres ou 6 pieds) se rattache aux dépôts des lacs Warren et Whittlesey.

VI-2-2-5: Les dépôts glacio-lacustres Pré Iroquois et Iroquois:

Au pied de l'escarpement, Feenstra interprète les minces dépôts de sables dans le rentrant du ruisseau

Redhill (Feenstra, 1975) et dans le rentrant du ruisseau Twelve Miles près de St. David (Feenstra, 1972) comme étant des sédiments d'un lac proglaciaire dont le niveau se serait situé entre environ 37 mètres (120 pieds) et 180 mètres (600 pieds). Karrow (1953, p. 5) note dans la vallée de Dundas, au-dessus de 110 mètres (360 pieds) d'élévation (110 mètres étant considéré comme l'altitude maximum des dépôts se rattachant au lac Iroquois) des dépôts de sables lacustres, des plages et un delta. Il est donc vraisemblable qu'à un moment donné un lac proglaciaire, dont les dépôts furent préservés principalement dans les rentrants et situé présentement entre 110 mètres (360 pieds) et 180 mètres (600 pieds) d'altitude, ait existé. Ce lac se situerait chronologiquement entre le lac Warren et le lac Iroquois.

Les dépôts du lac Iroquois se situent entre 110 mètres (360 pieds) d'altitude et le niveau actuel du lac Ontario. Ces dépôts se composent de sables fins jaunâtres et de couches plus silteuses rouges. Ils sont limités à l'ouest par une ligne de rivage bien définie, deux flèches et des dépôts lagunaires derrière les flèches. On retrouve à son extrémité ouest, entre Burlington et Dundas, les dépôts les plus épais du lac Iroquois. Deux flèches furent édifiées. La première, la flèche de Aldershot, suit la rive

nord de la baie et s'oriente vers le sud-ouest. La deuxième, la flèche de Hamilton, traverse la baie dans une direction nord-sud. Dans le lagon derrière ces flèches, des sables silteux furent mis en place. Ces flèches, bien qu'elles se composent essentiellement de sables et de sables silteux stratifiés, sont recouvertes d'une carapace de graviers cimentés.

Dans la partie sud de la région, Feenstra (1975) réussit à déterminer la ligne de rivage du lac Iroquois dans les talus de l'escarpement du Niagara. Dans cette partie de la région, le lac Iroquois entailla dans les dépôts de Halton un petit talus. Une flèche fut édifiée à l'embouchure d'une baie de l'époque (maintenant le rentrant du ruisseau Redhill). De cette ligne de rivage et jusqu'aux rives du lac Ontario, il se déposa, dans le lac Iroquois, une couche de sables rouges pouvant atteindre 4.6 mètres (15 pieds). Ces sables recouvrent soit les tills du Halton, soit les couches de la formation de Queenston.

VI-2-2-6: Les dépôts alluviaux.

La plaine alluviale de la plupart des cours d'eau de la région réflète étroitement la nature des dépôts sous-jacents. L'action principale du cours d'eau se résume à

transporter la fraction fine des sédiments laissant sur place la fraction grossière.

Une partie des anciens dépôts alluviaux sont formés de sédiments transportés par les eaux de fontes des glaciers. Les eaux calmes chargées de fractions fines provenant du Queenston sont responsables de la mise en place d'une vase rouge dans la partie nord de la région, à l'est de l'escarpement. L'exondation progressive de l'embouchure des cours d'eaux se jetant dans le lac Ontario provoque la formation de marécages comme par exemple à l'embouchure des ruisseaux Redhill et Grindstone.

VI-2-2-7: Le cône alluvial de Dundas.

On trouve à l'embouchure de la gorge entaillée par le ruisseau Spencer un cône alluvial compris entre 76 et 122 mètres (250 et 400 pieds)à sa limite inférieure, s'étendant vers le sud-est, en direction de Cootes Paradise. La ville de Dundas est construite sur les pentes douces de ce cône. Selon Karrow (1963, p. 29) son édification est probablement postérieure au lac glaciaire Iroquois. Toutefois, ce cône alluvial repose sur le till de Halton.

VI-2-2-8: Les marécages.

Les dépressions mal drainées (kettles, chenaux abandonnés, creux dans la roche en place, etc...) permettent l'accumulation de matières organiques et de matériel fin. Dans la région de Hamilton, des zones marécageuses se sont développées à l'embouchure des cours d'eau dû à l'exondation lente et progressive des berges ouest du lac Ontario suite au relèvement isostatique différentiel. Le marécage le plus important de la région se situe près de Dundas et se nomme Coote Paradise. Jadis, les rives sud de la baie de Burlington formaient aussi un grand marécage. Au cours des derniers 125 ans, ce marécage a presque complètement disparu grâce aux remplissages progressifs dans le port de Hamilton.

La région étudiée comprend une partie du marais de Beverly (dans la partie nord, à la limite ouest). Toujours dans la partie nord nous pouvons observer un marais autour du lac Medad, et une petite étendue marécageuse à l'est des drumlins. Au sud de Copetown, des marais se sont développés à l'intérieur de kettles; un exemple: le "Copetown Muskeg Preserve" dont les limites correspondent aux limites du kettle.

REFERENCES DE L'ANNEXE VI

ARDA
1968: Possibilités agricoles des sols - Kitchener - 40 P -; Inventaire des terres du Canada, Aménagement rural et développement agricole, (Carte: échelle 1:250 000).

1968: Possibilités agricoles des sols - Toronto - 30 P -; Inventaire des terres du Canada, Aménagement rural et développement agricole, (Carte: échelle 1:250 000).

Armstrong, H.S.
1953: Geology of part of the Niagara peninsula of Ontario; Geol. Society America, Guidebook for field trip nos. 4 and 5.

1955: The Niagara escarpment of Peninsular Ontario, Canada; Michigan Geological Society Annual Field Trip, Michigan Geological Society, 50 p.

Beards, R.J.
1967: Guide to the subsurface Palaeozoic stratigraphy of southern Ontario; Ontario Department of Energy and Resources Management, Paper 67-2, 19 p.

Bell, R.
1867: Geological Survey, Canada, Rept. of Progress from 1863 to 1866, pp. 165-179.

1870: Geological Survey, Canada, Rept. of Progress from 1866 to 1869, pp. 109-117.

Billings, E.
1866: Descriptions of new species of fossils from the Clinton and Niagara formations; Catalogues of the Silurian fossils, Geological Survey, Canada, pp. 82-93.

Bolton, T.E.
1953: Silurian Formations of the Niagara Escarpment in Ontario (Preliminary Account); Geological Survey, Canada, Paper 53-23, Ottawa, 19 p.

1955: Silurian stratigraphy and palaeontology of the Niagara Escarpment in Ontario; Ph.D. thesis (unpublished), University of Toronto; Toronto, Ontario.

1957: Silurian stratigraphy and palaeontology of the Niagara escarpment in Ontario, Geological Survey, Canada; Memoir 289, Ottawa, 145 p.

Boucot, A.J.
1972: Correlation of the New York, Ontario and Northern Michigan Silurian, by means of fossils, with the european standards; Niagara stratigraphy: Hamilton, Ontario; Michigan Basin Geol. Society, Annual Field Escursion, pp. 66-67.

Caley, J.F.
1940: Palaeozoic geology of the Toronto-Hamilton area, Ontario; Geological Survey, Canada; Memoir 224, Ottawa.

Chapman, L.J. and Putnam, D.F.
1951: The physiography of southern Ontario; University of Toronto Press.

1966: The physiography of southern Ontario; (2nd ed.) University of Toronto Press.

Coleman, A.P.
1937: Lake Iroquois; Ontario Department of Mines, Vol. XLV, pt. 7, pp. 1-36.

Cowan, W.R.
1972: Pleistocene geology of the Brantford area, southern Ontario; Ontario Department of Mines and Northern Affairs, Industrial Mineral report 37; 66 p.

Crombie, G.P.
1943: A study of the insoluble residues of the Palaeozoic rocks of southwestern Ontario; Ph.D. thesis, (unpublished), University of Toronto, Toronto, Ontario.

Department of Public Works, Canada.
1968: Strip maps of Lake Ontario shoreline; Dept. of Public Works, Canada, Ottawa.

Dreimanis, A. and Karrow, P.F.
1965: Southern Ontario; Guidebook for field conference G, Great Lakes-Ohio River Valley, VIIth Congress, International Association of Quaternary Research, Nebraska Academy of Science; p. 90-110.

Feenstra, B.H.
1972: Quaternary Geology of the Niagara Area, Southern Ontario; Ontario Div. Mines, Prelim. Map. P. 764, Geological Series, scale 1:50 000.

1975: Quaternary Geology of the Grimsby area, Southern Ontario; Ontario Div. Mines, Prelim. Map. P. 993, Geological Series, scale 1:50 000

Gietz, O.
1952: The Whirlpool Sandstone; M.Sc. thesis, (unpublished), McMaster University, Hamilton, Ontario.

Gillespie, J.E., Wicklund, R.E. and Miller, M.H.
1971: The soils of the Halton County; Ontario Soil Surv. Report No. 43, Ontario Dept. of Agriculture and Food, and Canada Dept. of Agriculture.

Grabau, A.W.
1901: Guide to geology and palaeontology of Niagara Falls and vicinity; Bulletin of the New York State Museum, No. 45.

Hegler, D.P.
1974: Lake Ontario shoreline erosion in the Regional Municipality of Niagara; Master thesis in Applied Science, (unpublished), Civil Eng., University of Waterloo.

Hegler, D.P., LeLièvre, B., Matyas, E.L., Rutka, R. and White, O.L.
1973: Shoreline erosion - Western Lake Ontario; Prelim. Report (unpublished) submitted to the Geological Survey, Canada, Ottawa.

Hewitt, D.F.
1960: The limestone industries of Ontario; Ontario Dept. of Mines, Industrial Minerals, Circular No. 5, 177 p.

1962: Urban expansion and mineral industries in the Toronto-Hamilton area; Ontario Dept. of Mines, I.M.R. 8, 11 p.

1964: Building stones of Ontario: Part IV, Sandstone; Ontario Dept. of Mines, I.M.R. 17, 57 p.

1968: Industrial mineral resources of the Hamilton area; Ontario Dept. of Mines, I.M.R. 27, 26 p.

1971: The Niagara Escarpment; Ontario Dept. of Mines and Northern Affairs; I.M.R. 35, 71 p.

Hewitt, D.F. and Karrow, P.F.
1963: Sand and gravel in southern Ontario; Ontario Dept. of Mines, I.M.R. 11, 151 p.

Hewitt, D.F. and Cowan, W.R.
1969: Sand and gravel in southern Ontario, 1967-68; Ontario Dept. of Mines, I.M.R. 29, 105 p.

Hewitt, D.F. and Yundt. S.E.
1971: Mineral resources of the Toronto-centered region; Ontario Dept. of Mines and Northern Affairs, I.M.R. 38, 32 p.

Hewitt, D.F. and Vos, M.A.
1972: The limestone industries of Ontario; Ministry of Natural Resources, Ontario Div. of Mines, I.M.R. 39, 79 p.

Holstein, A.
1936: Heavy minerals in Silurian rocks of the Niagara escarpment, Ontario; Ph.D. thesis (unpublished), University of Toronto, Toronto, Ontario.

Horton, J.H.
1961: Glacial lake shorelines in northern Wentworth County, Ontario; B.A. thesis (unpublished), McMaster University, Hamilton, Ontario.

Hough, J.L.
1958: Geology of the Great Lakes; University of Illinois Press.

1963: The prehistoric Great Lakes of North America; American Scientist, Easton, Pennsylvania, U.S.A. vol. 51, No. 1, pp. 84-109.

Hurst, D.L.
1962: The glacial and Pleistocene geology at the Dundas Valley, Hamilton, Ontario; M.Sc. thesis (unpublished), McMaster University, Hamilton, Ontario.

Johnson, H.
1934: The stratigraphy and paleontology of the Cataract Formation in Ontario; Ph.D. thesis (unpublished), Dept. of Geology, University of Toronto, Ontario.

Karrow, P.F.
1959: Pleistocene geology of the Hamilton map-area; Ontario Dept. of Mines, Geological Circular No. 8.

1963: Pleistocene geology of the Hamilton-Galt area; Ontario Dept. of Mines, Geological Report 15, 68 p. (Map Nos: 2029, 2030, 2033 and 2034).

Keele, J.
1924: Preliminary report on the clay and shale deposits of Ontario; Geological Survey, Canada, Memoir 142, Ottawa, 176 p.

Kennedy, W.
1884: Superficial geology of Dundas valley and western Ancaster; Hamilton Association Journal and Proceedings, Vol. 1 (1882-1883). pt. 1, pp. 102-142.

Kilgour, W.J.
1972: Late Lower and early Upper Silurian relationships of western New-York and Ontario; Niagaran Stratigraphy; Hamilton, Ontario; Michigan Basin Geological Society, Annual Field Escursion, p. 68-78.

Laird, H.C.
1935: The nature and origin of chert in the Lockport and Onondaga Formations of Ontario; Transactions of the Royal Canadian Institute, Vol. 20, pt. 2, pp. 231-304.

Langford, G.B.
1952: Report on the lakeshore erosion - Lake Ontario from Niagara to Cobourg; Dept. of Planning and Development, Ontario, 36 p.

Leverett, F. and Taylor, F.D.
1915: The Pleistocene of Indiana and Michigan and the history of the Great Lakes; United States Geological Survey; Monograph 53.

Logan, W.E.
1863: Geology of Canada; Geological Survey, Canada, Report of Progress, pp. 886-930.

MacLachlan, D.C.
1939: Warren shoreline in Ontario and the thumb of Michigan and its deformation; Ph.D. thesis (unpublished), University of Michigan, Ann arbor, Mich., U.S.A.

Martini, I.P.
1965: The sedimentology of the Medina Formation outcropping along the Niagara Escarpment (Ontario and New York State); Ph.D. thesis (unpublished), McMaster University, Hamilton, Ontario, 420 p.

Matyas, E.L., White, O.L. and LeLièvre, B.
1974: A study of the shoreline erosion in Western Lake Ontario; Geological Survey, Canada, Paper 74-1 A and B, Ottawa, p. 204-205.

Ministère de l'expansion économique et régionale du Canada
1970: Possibilités des terres pour la récréation-Toronto, 30 M; Inventaire des terres du Canada, Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

1970: Possibilités des terres pour la faune-ongulés-Kitchener, 40 P,O; Inventaire des Terres du Canada, Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

1971: Possibilités des terres pour la forêt-Toronto, 30 M; Inventaire des terres du Canada, Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

1971: Possibilités des terres pour la forêt-Kitchener, 40 P,O; Inventaire des terres du Canada, Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

1971: Possibilités des terres pour la récréation-Kitchener, 40 P,O; Inventaire des terres du Canada, Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

1971: Possibilités des terres pour la faune-ongulés-Toronto, 30M; Inventaire des terres du Canada; Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

1971: Possibilités des terres pour la faune-sauvagine-Toronto, 30 M; Inventaire des terres du Canada; Ministère de l'expansion économique et régionale (Carte: 1:250 000).

Morris, P.G. and White, O.L.
1975: Engineering geology of the Niagara Peninsula; Geological Association of Canada, Field Trip Guidebook, pp. 233-275.

Mosher, R.E.
1972: Geochemical stratigraphy from microsampling Niagaran stratigraphy; Hamilton, Ontario Michigan Basin Geological Society, Annual Field excursion, pp. 79-86.

Murray, A.
1843: Report on the district lying between Georgian Bay, on Lake Huron, and the lower extremity of Lake Erie; Geological Survey, Canada, report of Progress, pp. 51-91

Nowlan, J.P.
1935: The Silurian stratigraphy of the Niagara escarpment in Ontario; Ph.D. thesis (unpublished, University of Toronto, Ontario, 127 p.

Ontario Agricultural College
1935: Soil survey map of the County of Haldimand, Province of Ontario; Soil Survey Report, No. 4, Guelph.

Park, W.A.
1909: Silurian Stromatoporoids of America; University of Toronto, Geological Series, No. 6.

Pelletier, B.R.
1953: The Grimsby Sandstone in the Niagara Peninsula; M.Sc. thesis (unpublished), McMaster University, Hamilton, Ontario.

Presant, E.W., Wicklund, R.E. and Matthews, B.C.
1965: The soils of Wentworth County; Ontario Soil Survey, Report No. 32, Guelph, 72 p.

Richardson, A.H.
1951 Some lakeshore erosion problems in Southern Ontario; American Shore and Beach Preservation Association, pp. 2-6.

Rutka, R.N.
1974: Shoreline erosion in Western Lake Ontario; M.Sc. thesis (unpublished), Dept. of Civil Eng., University of Waterloo, Waterloo, Ont.

Sanford, B.V.
1969: Geology Toronto-Windsor area, Ontario; Geological Survey, Canada, Ottawa, Map. 1263A, (3.95 miles to the inch).

1972: Niagaran stratigraphy: Hamilton, Ontario; Michigan Basin Geological Society, Annual Field excursion, pp. 2-18.

Schuchert, C.
1914: Medina and Cataract Formations of the Siluric of New York and Ontario; Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 25, pp. 277-320.

Shaw, E.W.
1937: The Guelph and Eramosa Formations of the Ontario Peninsula; Transactions of the Royal Canadian Institute, Vol. 21, pt. 2, pp. 317-362.

Spencer, J.W.W.
1875: Geological sketches of the neighbourhood of Hamilton, Ontario; Canadian Naturalist (new series), Vol. 7, pp. 463-471.

1881: Discovery of the preglacial outlet of the basin of Lake Erie into that of Lake Ontario; Canadian Naturalist (new series), Vol. 10, pp. 65-79.

1882: Surface geology of the region about the western end of Lake Ontario; Canadian Naturalist (new series), vol. 10, pp. 213-236 and 265-312.

Sutterlin, P.G.
1954: The (Early Silurian) Thorold Sandstone in the Niagara Peninsula; M.Sc. thesis (unpublished), McMaster University, Hamilton, Ont.

Taylor, F.B.
1899: The Great Ice-dams of Lakes Maumee, Whittlesey and Warren; American Geologist; vol. 24, pp. 6-38.

1912: The glacial and postglacial lakes of the Great Lakes region; Smithsonian Institution; Annual Report 1912, pp. 291-327.

1913: The moraine systems of southwestern Ontario; Transactions of the Royal Canadian Institute, Vol. 10, pp. 1-23.

1939: Geological story of the Great Lakes; Scientific Monthly, July 1939, pp. 59-56.

von Wagner, P.S.
1884: The formation of Burlington beach; Hamilton Association; Journal and Proceedings, Vol. 1, (1882-1883), pt. 1, pp. 142-145.

Vos, M.A.
1975: Industrial minerals of the Paris-Hamilton district, Ontario; Geological Association of Canada, Field trip Guidebook, pp. 223-232.

Wilkinson, R.S.
1959: Differential uplift of the Iroquois shoreline; B.Sc thesis, (unpublished), University of Toronto, Toronto, Ontario.

Williams, M.Y.
1919: The Silurian geology and faunas of Ontario peninsula, and Manitoulin and adjacent islands; Geological Survey, Canada, Memoir 111, Ottawa.

---RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE. ETUDE GEOSCIENTIFIQUES SUR LA REGION DE HAMILTON NON CITEES DANS LE TEXTE

Acton, C.T. (en préparation): Soil survey of Brant County, Ontario; Ontario Soil Survey, Guelph.

Anrep, A. 1920: Investigation of peat bogs in Ontario and Quebec; Geological Survey of Canada, Ottawa, Summary Report pt. D. pp. 32D-34D.

Antevs, E. 1925: Retreat of the last ice-sheet in eastern Canada; Geological Survey of Canada, Ottawa, Memoir 146, 142 p.

Atwater, M.A. 1974: The radiation budget of Lake Ontario (IFYGL); Proc. 17th Conf. Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 250-258.

Baker, M.B. 1906: Clay and clay industries of Ontario; Ontario Bureau of Mines, Vol. 15, pt. 2, 127 p.

Bauer, A.M. 1970: A guide to site development and rehabilitation of pits and quarries; Ontario Department of Mines, IMR 33, 62 p.

Best, E.W. 1953: Pre-Hamilton Devonian stratigraphy, southwestern Ontario, Canada; Ph.D. thesis (unpublished), University of Wisconsin; Madison, Wisconsin, USA.

Bolton, T.E.
1964: Pre-Guelph Silurian formations of the Niagara peninsula, Ontario; Guidebook, Geology of Central Ontario, pp. 54-65.

1966: Illustration of Canadian Fossils Silurian faunas of Ontario; Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 66-5.

Breakey, B.
1936: The concentrically banded siliceous nodules of the Eramosa Dolomite in the vicinity of Dundas; M.A. thesis (unpublished), University McMaster, Hamilton, Ontario.

Caley, J.F.
1941: Palaeozoic geology of the Brantford area, Ontario; Geological Survey of Canada, Ottawa, Memoir 226.

Chapman, E.J.
1864: A popular and practical exposition of the Minerals and Geology of Canada; W.C. Chewett and Co., Toronto, Ont., 236 p.

Chapman, L.J. and Dell, C.I.
1963: Revisions in the early history of the retreat of the Wisconsin glacier in Ontario based on the calcite content of sands; Geological Association of Canada, Proc. Vol. 15, pp. 103-108.

Chau, Y.K. and Saitch, H.
1973: Mercury in Great Lakes waters; Proc. 16th Conf. on Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 221-232.

Clapp, F.G.
1915: Petroleum and Natural Gas Resources of Canada; Department of Mines, Mines Branch, Vol. 11, pp. 97-231.

Clark, J.M. and Ruedemann, R.
1903: Guelph fauna; N.Y. State Museum, Memoir 5, 195 p.

Coakley, J.P.
1970: Natural and Artificial sediment tracer experiments in Lake Ontario; Proc. 13th Conf. on Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 198-209.

Coakley, J.P. and Cho, H.K.
1973: Beach stability investigations at van Wagners beach, western lake Ontario; Proc. 16th Conf. on Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 357-376.

Coakley, J.P., Durham, R.W., Nelson, D.E. and Coble, R.
1974: Determination of nearshore sediment movement in the Great Lakes using neutron-activable glass sand; Mémoires de l'Institut de Géologie du bassin d'Aquitaine, No. 7, pp. 363-368.

Coleman, A.P.
1922: Glacial and post-glacial lakes in Ontario; Ontario Fisheries Research Laboratory, Publication No. 10, 76 p.

1933: The Pleistocene of the Toronto region; Ontario Department of Mines, Vol. XLI, 1932, pt. 7.

1937: Geology of the north shore of Lake Ontario; Ontario Department of Mines, Vol. XLV, pt. 7, pp. 37-74.

Cowan, W.R.
1969: Pleistocene geology of the Brantford area (east half), southern Ontario; Ontario Department of Mines, Preliminary Geology, (with Map P. 516).

1970: Pleistocene geology of the Brantford area (west half) southern Ontario; Ontario Department of Mines, Preliminary Geology (with Map P. 582).

Dell, C.I.
1959: A study of the mineralogical composition of sand in southern Ontario; Canadian Journal of Soil Science, Vol. 33, pp. 185-196.

Department of the Environment, Ontario
1972: Niagara Peninsula Conservative Report; Department of the Environment, Ontario, vol. 1, and 2, 205 p.

de Vries, H. and Dreimanis, A.
1960: Finite radiocarbon dates of the Port Talbot interstadial deposits in southern Ontario; Science, June 10, Vol. 131, No. 3415, pp. 1738-1739.

Dreimanis, A.
1959: Proposed local stratigraphy of the Wisconsin glacial stage in the area south of London, southwestern Ontario; Guidebook, 22th reunion of Friends of Pleistocene Geology, eastern section

1960: Pre-classical Wisconsin in the eastern portion of the Great Lakes region, North America; XXI International Geological Congress, Denmark, pt. 4, pp. 108-119.

1961: Tills in southern Ontario; Soils in Canada, R.F. Legget (editor), Royal Society of Canada, Special Publications No. 3, pp. 80-96.

1961: Supplement to Pre-classical Wisconsin in the eastern portion of the Great Lakes region, North America; Contribution No. 33a, Department of Geology, University of Western Ontario, London, Ontario.

1964: Lake Warren and the Two Creeks Interval; Journal of Geology; Vol. 72, pp. 247-250.

1966: Lake Arkona - Wittlesey and post-Warren radio-carbon dates from "Ridgetown Island" in southwestern Ontario; Ohio Journal of Sciences; vol. 66, No. 6, pp. 582-586.

1967: Mastodons, their geologic age and extinction in Ontario, Canada; Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 4, pp. 663-675.

1969: Late-Pleistocene lakes in the Ontario and the Erie basin; Proc. 12th Conf. on Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes, pp. 170-180.

1970: Last ice-age deposits in the Port Stanley map-area, Ontario (40I11); in Report of Activities, Part A, April to October 1969; Geological Survey of Canada, Paper 70-1A, Ottawa, pp. 167-169.

1971: Bimodal distribution of Rock and Mineral fragments in basal tills; in Till, a symposium - P. Goldwait (editor) and (assisted by) J.L. Forsyth, D.L. Gross, and F. Pessl Jr., Ohio State University, Ohio, pp. 237-250.

1973: Mid-Wisconsin of the eastern Great Lakes and St-Lawrence region, North America; Eiszeitalter und Geginwait, Bd. 23-24, pp. 377-379.

Dreimanis, A. and Reavely, G.H.
1953: Differentiation of the lower and the upper till along the north shore of lake Erie; Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 23, pp. 238-259.

Dreimanis, A. and Karrow, P.F.
1965: Southern Ontario; International Association on Quaternary Research, 7th Congress, Denver; Field Conference G: Great Lakes, Ohio River Valley Guidebook.

Dreimanis, A., Terasmae, J. and McKenzie, G.D.
1966: The Port Talbot Interstade of the Wisconsin glaciation; Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 3, No. 3, pp. 305-325.

Dreimanis, A., Terasmae, J. and Karrow, P.F.
1972: Quaternary stratigraphy and geomorphology of the eastern Great Lakes region of southern Ontario; 24th International Geological Congress, Montreal; Guidebook, Field Excursion No. A42.

Dyck, W. and Fyles, J.G.
1964: Geological Survey of Canada radiocarbon dates III; Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 64-40, 15 p.

Dyer, W.S.
1925: Geology of the gypsum deposits of south-western Ontario; Ontario Department of Mines, Vol. XXXIV, pt. 2, pp. 35-58.

Elson, J.A.
1947: A study of hydrology in southern Ontario; M.Sc. thesis (unpublished) University McMaster, Hamilton, Ontario.

Ferguson, H.L. and Hogg, W.D.
1974: Monthly evapotranspiration estimates for the Canadian portion of the lake Ontario basin during the IFYGL (IFYGL); Proc. 17th Conf. Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 269-287.

Foerste, A.F.
1916: Upper Ordovician formations of Ontario and Quebec; Geological Survey of Canada, Ottawa, Memoir 83.

Freeman, N.G., Hamblein, P.F. and Murty, T.S.
1974: Helmholtz Resonance in Harbours of the Great Lakes; Proc. 17th Conf. Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 399-411.

Goldthwait, R.R., Dreimanis, A., Forsyth, J.L., Karrow, P.F. and White, G.W.
1965: Pleistocene deposits of the Erie lobe; in Quaternary of the United States_ H.E. Wright Jr. and D.G. Frey (editors); Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 85-97.

Goudge, M.F.
1931: Raw materials for the manufacture of Rock Wool in the Niagara Peninsula of Ontario; Mines Branch Department of Mines, Canada, Ottawa, Memorandum Series, No. 50.

1936: Rock Wool; Transactions of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 39, pp. 623-634.

1938: Limestones of Canada, Part IV, Ontario; Department of Mines and Resources, Canada, Ottawa, Bureau of Mines, No. 781.

1957: Limestones; Geology of Canadian Industrial Mineral Deposits; 6th Commonwealth Mining and Metallurgical Congress, pp. 144-148.

Grabau, A.W.
1920: The Niagara cuesta; Geological Review, Vol. 9, No. 4, pp. 264-276.

Graham, R.B. and Tibbetts, T.E.
1961: Evaluation of peat moss as applied to some bogs in southern Ontario; Department of Mines and Technical Survey of Canada, Ottawa, Mines Branch Technical Bulletin T.B. 22, 100 p.

Grant, C.C.
1869: Notes on the origin of chert in the local Niagara rock; Journal and Proceedings of the Hamilton Association; Pt. 5, pp. 70-73.

Gravenor, C.P.
1950: A lithologic study of tills in southwestern Ontario, Canada; M.Sc. thesis (unpublished), University of Wisconsin; Madison, Wisconsin, USA.

Grieve, R.O.
1955: Leaching (?) of Silurian salt beds in southwestern Ontario as evidenced in wells drilled for oil and gas; Transactions of the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Vol. 58, pp. 12-18.

Guillet, G.R.
1964: Gypsum in Ontario; Ontario Department of Mines, IMR. 18, 126 p.

1967: The clay products industry of Ontario; Ontario Department of Mines, IMR. 22, 206 p.

1967: Notes on zinc-lead mineralization in Silurian dolomite of the Niagara Escarpement and Bruce Peninsula, Ontario; Ontario Department of Mines, Miscellaneous Paper 8.

1969: Marl in Ontario; Ontario Department of Mines, IMR 28, 137 p.

Harkness, R.B.
1923: Natural gas in 1922; Ontario Department of Mines, Annual Report, Vol. 32, Part V, pp. 1-75.

1923: Petroleum in 1922; Ontario Department of Mines; Annual Report, Vol. 32, Part V, pp. 76-99.

1932: Natural gas in 1931; Ontario Department of Mines, Annual Report, Vol. 41, Part V, pp. 1-53.

Harris, S.A.
1967: Origin of part of the Guelph drumlin field and the Galt and Paris moraines, Ontario: a reinterpretation; Canadian Geographer, Vol. XI, No. 1, pp. 16-34.

Hewitt, D.F.
1964: Building stones of Ontario: Part IV, Sandstone; Ontario Department of Mines, IMR. 17, 57 p.

1964: The limestone industries of Ontario, 1956-1963; Ontario Department of Mines, IMR. 13, 77 p.

Hewitt, D.F. and Cowan, W.R.
1969: Sand and gravel in southern Ontario; Ontario Department of Mines, OFR 5029 (supplement to IMR 29), 149 p.

Hoffman, D.W., Matthews, B.C. and Wicklund, R.E.
1964: Soil associations of southern Ontario; Ontario Soil Survey, Report 30, Guelph, Ontario, 21 p.

Hume, G.S.
1932: Oil and gas in eastern Canada; Geological Survey of Canada, Ottawa, Economic Geology series, No. 9, pp. 18-88.

1944: Petroleum Geology of Canada; Geological Survey of Canada, Ottawa, Economic Geology series no. 14, 64 p.

Karrow, P.F.
1960: Bibliography of theses on Ontario Geology - (Cambrian to Quaternary inclusive); Ontario Department of Mines.

1961: Pleistocene geology of the Galt map-area; Ontario Department of Mines, Geological Circular No. 9.

1963: Bedrock topography of the Brantford area, southern Ontario; Ontario Department of Mines, Map 2035.

1967: Pleistocene geology of the Scarborough area; Ontario Department of Mines, GR. 46, 108 p.

1968: Pleistocene geology of the Guelph area; Ontario Department of Mines, GR. 61, 38 p.

1968: Pleistocene geology, Stratford-Conestoga area, Ontario; Field trip notes, September 7, 8, 1968, 6 p.

1969: Character and variations in multiple-till sequences in the Waterloo interlobate area of Ontario (abstract); Geological Society of America, Abstracts with programs for 1969, pt. 6, p. 25.

Karrow, P.F., Clarke, J.R. and Terasmae, J.
1961: The age of Lake Iroquois and Lake Ontario; Journal of Geology, Vol. 69, pp. 659-667.

Kindle, E.M.
1925: The bottom deposits of Lake Ontario; Royal Society of Canada (Third Series), Transactions, Vol. 19 (section IV), pp. 17-72.

Kramer, J.R.
1962: Chemistry of western Lake Ontario; Proc. 5th Conf. Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, Pub. No. 9, pp. 21-28.

Laeder, D. and others
1956: A preliminary survey, Hamilton bay, Hamilton, Ontario; Huntington Technical and Exploration Services Ltd.

Ledoux, A.
1918: Sand and gravel in Ontario; Ontario Bureau of Mines, Vol. 27, pt. 2, 138 p.

Leverett, F.
1939: Correlation of beaches with moraines in the Huron and Eric basins; American Journal of Science, Vol. 237, pp. 456-475.

Leverin, H.A.
1941: Peat moss deposits in eastern Canada; Canada Bureau of Mines, Ottawa, Memorandum series, No. 80, pp. 53-55.

1943: Peat moss deposits in eastern Canada; Canada Bureau of Mines, Ottawa, Memorandum series, No. 83, p. 26.

Liberty, B.A. and Bolton, T.E.
1956: Early Silurian stratigraphy of Ontario, Canada; American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, Vo. 40, No. 1, pp. 162-173.

Malcolm, W.
1915: Oil and gas fields of Ontario and Quebec; Geological Survey of Canada, Ottawa, Memoir 81.

Matheson, D.H.
1962: A pollution study of western lake Ontario; Proc. 5th Conf. Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, Pub. No. 9, pp. 15-20.

McNairn, W.H.
1947: The geological history of the Dundas Valley; Dundas centennial 1847-1947.

Ministry of the Environment, Ontario.
1974: Selected stream flow data for Ontario - 1973; Ministry of the Environment, Water Quantity Management Branch, Water Resources Bulletin 3-8, Surface water series, 116 p.

1977: Selected stream flow date for Ontario - 1976; Ministry of the Environment, Water Quantity Management Branch, Water Resources Bulletin 3-11, Surface water series.

Naval Research
1971: Lakes region; Office of Naval Research, Contract No. N.6 ORI-7133, Project NR-018-122, University of Illinois, Illinois, USA.

Ontario Agricultural College
1935: Soil map of Brant County; (unpublished) manuscript map, Guelph.

Ontario Water Resources Commission

1961: Ground Water in Ontario - 1953 and 1954; Ontario Water Resources Commission, Ground Water Bulletin No. 1, 302 p.

1963: Ground Water in Ontario - 1955 and 1956; Ontario Water Resources Commission, Ground Water Bulletin No. 2, 377 p.

1964: Report on Water Resources Survey, County of Brant; Ontario Water Resources Commission, 132 p.

1965: Ground Water in Ontario - 1957; Ontario Water Resources Commission; Ground Water Bulletin No. 3, 209 p.

1966: Ground Water in Ontario - 1958; Ontario Water Resources Commission; Ground Water Bulletin No. 4, 258 p.

1966: Ground Water in Ontario - 1959; Ontario Water Resources Commission; Ground Water Bulletin No. 5, 322 p.

1968: Ground Water in Ontario - Southwestern Area - 1960-1963; Ontario Water Resources Commission, Hydrologic Data Branch, Ground Water Bulletin No. 6, 489 p.

1969: Selected stream flow data for Ontario - October 1966 to September 1967 -; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 3-2, Surface Water Series, 57 p.

1969: Selected stream flow data for Ontario - October 1967 to December 1968 -; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 3-3, Surface Water Series, 83 p.

1969: Ground Water in Ontario - South-central area - 1960-1964; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 2-7, Ground Water Series, 605 p.

1970: Selected stream flow data for Ontario - 1969; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 3-4, Surface Water Series, 108 p.

1970: Ground Water in Ontario - Southwestern area-1964-1967; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 2-10, Ground Water Series, 538 p.

1971: Selected stream flow data for Ontario - 1970; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 3-5, Surface Water Series, 108 p.

1971: Ground Water in Ontario - Southwestern area 1964-1967; Ontario Water Resources Commission, Division of Water Resources, Water Resources Bulletin 2-11, Ground Water Series, 408 p.

1972: Selected stream flow data for Ontario - 1971; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 3-6, Surface Water Series, 133 p.

1973: Selected stream flow data for Ontario - 1972; Ontario Water Resources Commission, Water Resources Bulletin 3-7, Surface Water Series.

Parks, W.A.
1903: Fossiliferous rocks of southwest Ontario; Ontario Bureau of Mines, Vol. 12, No. 5, 141 p.

1908: Niagara stromatoporoids; University of Toronto Studies, Geological Series No. 5, Librarian of the University Library.

1913: The Palaeozoic section at Hamilton, Ontario; Geological Survey of Canada, Guide Book No. 4, pp. 125-142.

Price, A.
1954: Crustal movement in the Lake Ontario - Upper St. Lawrence river basin; Canadian Hydrographic Service, Canada Department of Mines and Technical Surveys, Ottawa.

Proctor and Redfern Limited
1974: Mineral aggregate study of the Central Ontario planning region; Proctor and Redfern Limited, Consulting Engineers and Planners - Prepared for the Ontario Ministry of Natural Resources.

Roliff, W.A.
1949: Salina - Guelph fields of southwestern Ontario; American Assoc. Petroleum Geologists, Bulletin, Vol. 33, No. 2, pp. 153-188.

1954: The pre-Middle Ordovician rocks of southwestern Ontario; Proc. Geological Assoc. Canada, Vol. 6, pt. 2, pp. 103-109.

Ruggles, R.I.
1945: Hamilton, Ontario, and the Head of the Lake; B.A. thesis (unpublished), Department of Geography, University of Toronto, Toronto, Ontario.

Rukavina, N.A.
1969: Nearshore sediment survey of western Lake Ontario, methods and preliminary results; Proc. 12th Conf. Great Lakes Research, International Assoc. Great Lakes Research, pp. 317-324.

Ryder, J.M.
1963: Glacial lake shorelines in Brant county; M.Sc. thesis (unpublished) University McMaster, Hamilton, Ontario.

Sanford, B.V.
1961: Subsurface stratigraphy of Ordovician rocks in southwestern Ontario; Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 60-26.

Sanford, B.V. and Quillian, R.G.
1959: Subsurface stratigraphy of Upper Cambrian rocks in southwestern Ontario; Geological Survey of Canada, Ottawa, Paper 58-12.

Saville, T. (Jr.)
1953: Wave and lake level statistics for Lake Michigan, Erie, and Ontario; Technical Memorandum No. 38, Beach Erosion Board, U.S. Army Corps of Engineers, 26 p.

Shaw, E.W.
1937: The Guelph and Eramosa formations of the Ontario Peninsula; Ph.D. thesis (unpublished), Department of geology, University of Toronto, Toronto, Ontario.

Spencer, J.W.
1881: An ancient river; Paper read before the Hamilton Association, Hamilton, Ontario, December 8th, 1881.

Spurgeon, E.S.
1955: The Gasport dolomite in the vicinity of Hamilton, Ontario; M.Sc. thesis (unpublished), University McMaster, Hamilton, Ontario.

Straw, A.
1968: A geomorphological appraisal of the deglaciation of an area between Hamilton and Guelph, southern Ontario; Canadian Geographer, Vol. XII, No. 3, pp. 135-143.

Taylor, F.B.
1939: Correlatives of the Port Huron morainic system of Michigan, in Ontario, and western New York; Michigan Journal of Science, Vol. 237, No. 6, pp. 375-388.

Thomas, R.L., Kemp, A.L.W. and Lewis, C.F.M.
1972: Distribution and characteristics of Lake Ontario surface sediments; Geological Survey of Canada, Ottawa, Scientific Series No. 10, Paper 72-17, 52 p.

Vagner, U.J.
1969: Mineral distribution in tills in central and southern Ontario; Ph.D. thesis (unpublished) University of Western Ontario, London, Ontario.

Vos, M.A.
1969: Stone resources of the Niagara Escarpment; Ontario Department of Mines; I.M.R. 31, 68 p.

Walton, W.C. (Circa 1964) Unpublished report on ground water conditions at Brantford, Ontario; prepared for the city at Brantford, 75 p.

Weber, J.N. 1955: Pleistocene bird bones from Ontario; The News, National Speleological Society (U.S.A.), Vol. 13, No. 4, p. 2.

1960: Ontario underground; Canadian Geographical Journal, Vol. 61, No. 2, pp. 43-51.

Westgate, J.A. and Dreimanis, A. 1967: The Pleistocene sequence at Zorra, southwestern Ontario; Canadian Journal of Earth Science, Vol. 4, No. 6, pp. 1127-1143.

Wetmore, A. 1958: Miscellaneous notes on fossil birds; in Section V Pleistocene bird records from Ontario -; Smithsonian Miscellaneous Collection, Vol. 135, pt. 8, pp. 9-10.

Williams, M.Y. 1914: Stratigraphy of the Niagara escarpement of southwestern Ontario; Geological Survey of Canada, Ottawa, Summary Report 1913, pp. 178-188.

Wilson, A.W.G. 1908: Shore-line studies on Lake Ontario and Lake Erie; Geological Society of America, Bulletin, Vol. 19, pp. 471-500.

10f

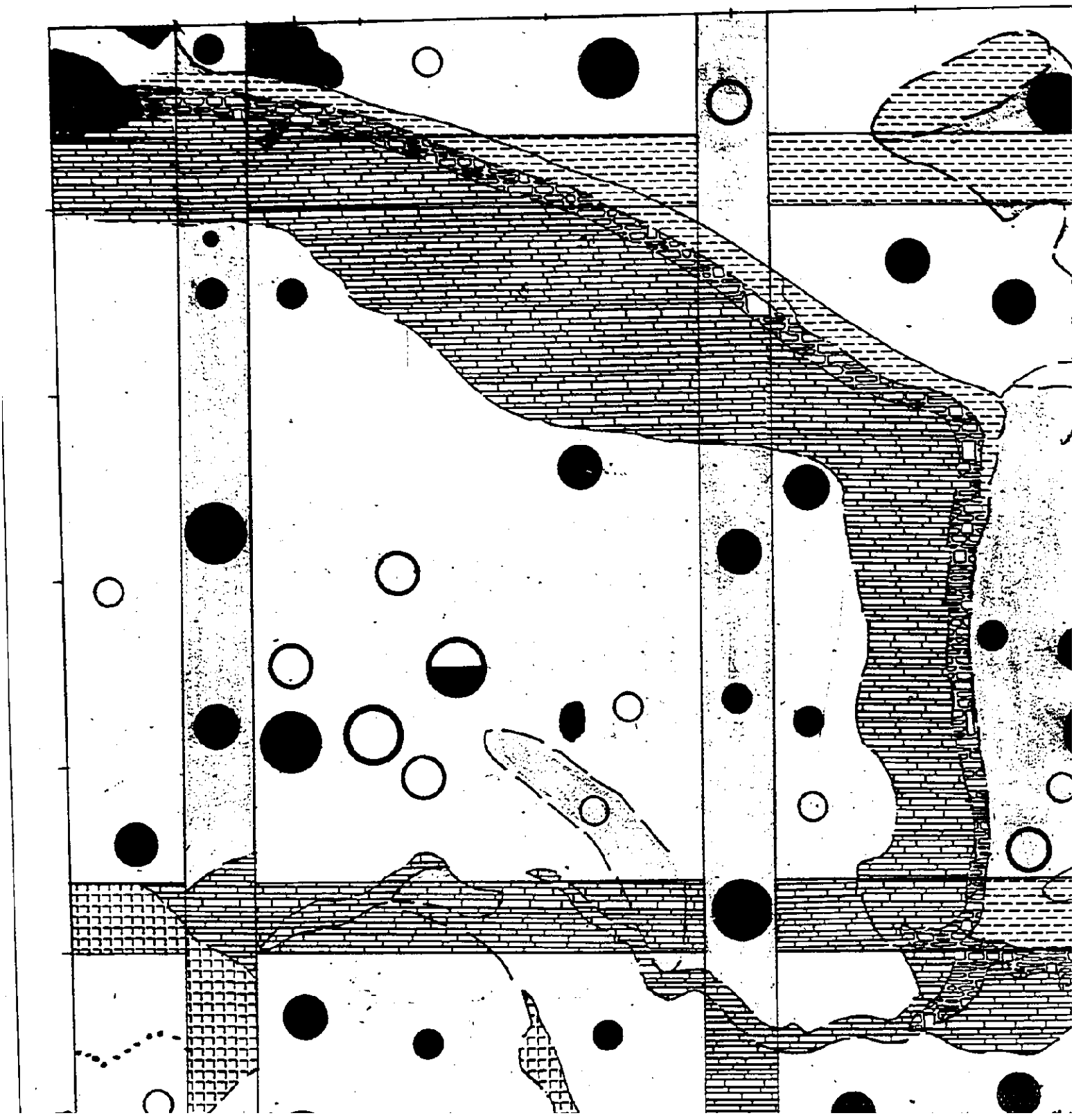
Urban geology - Hamilton O

Thickness of Quaternary formations — Puissa

(1: 25000 Echelle / Scal

Miles 1 0

Carte / Map NTS 30M/4f



milton Ont. - Géologie urbaine

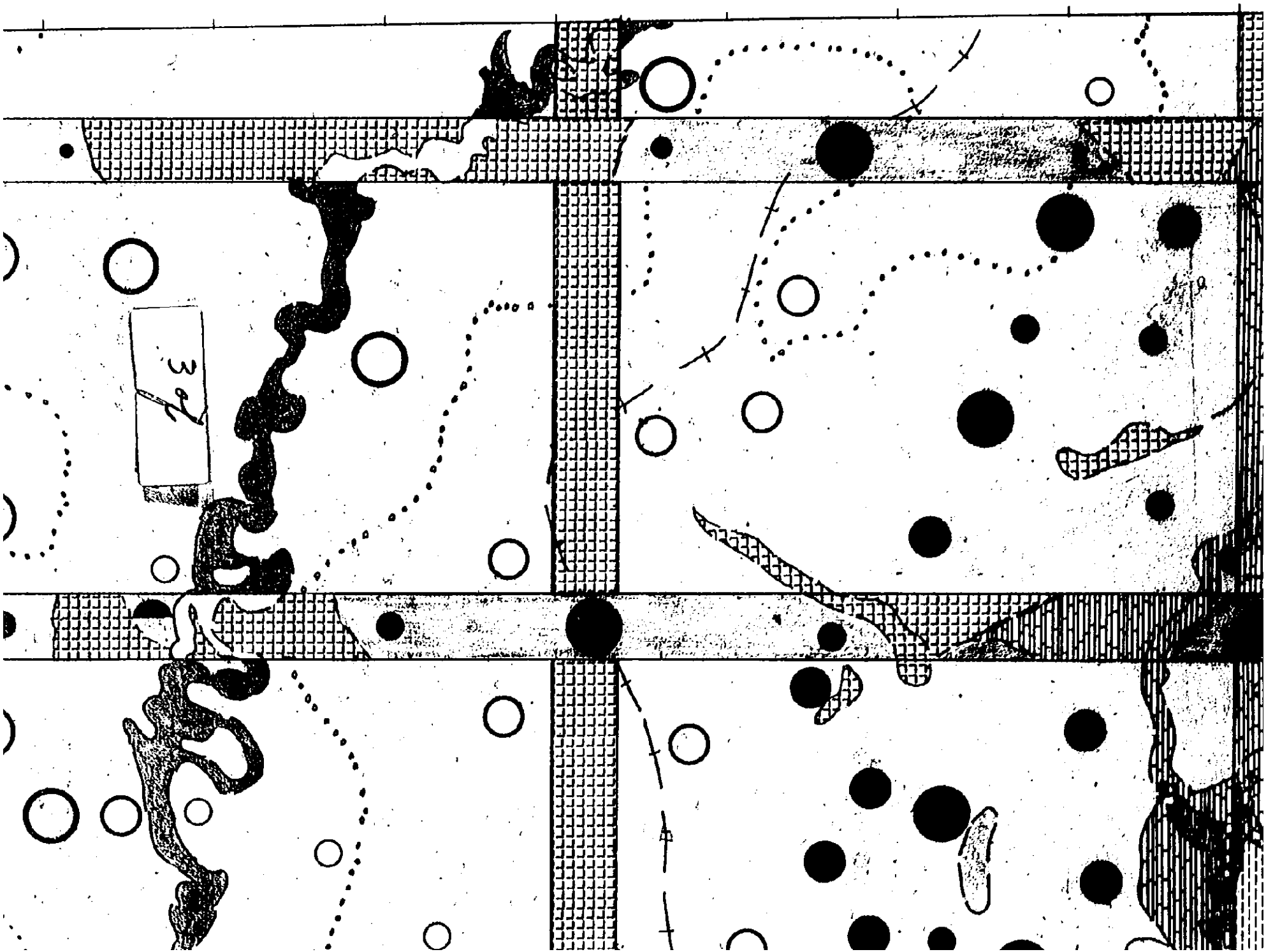
ons — Puissance des formations du Quaternaire

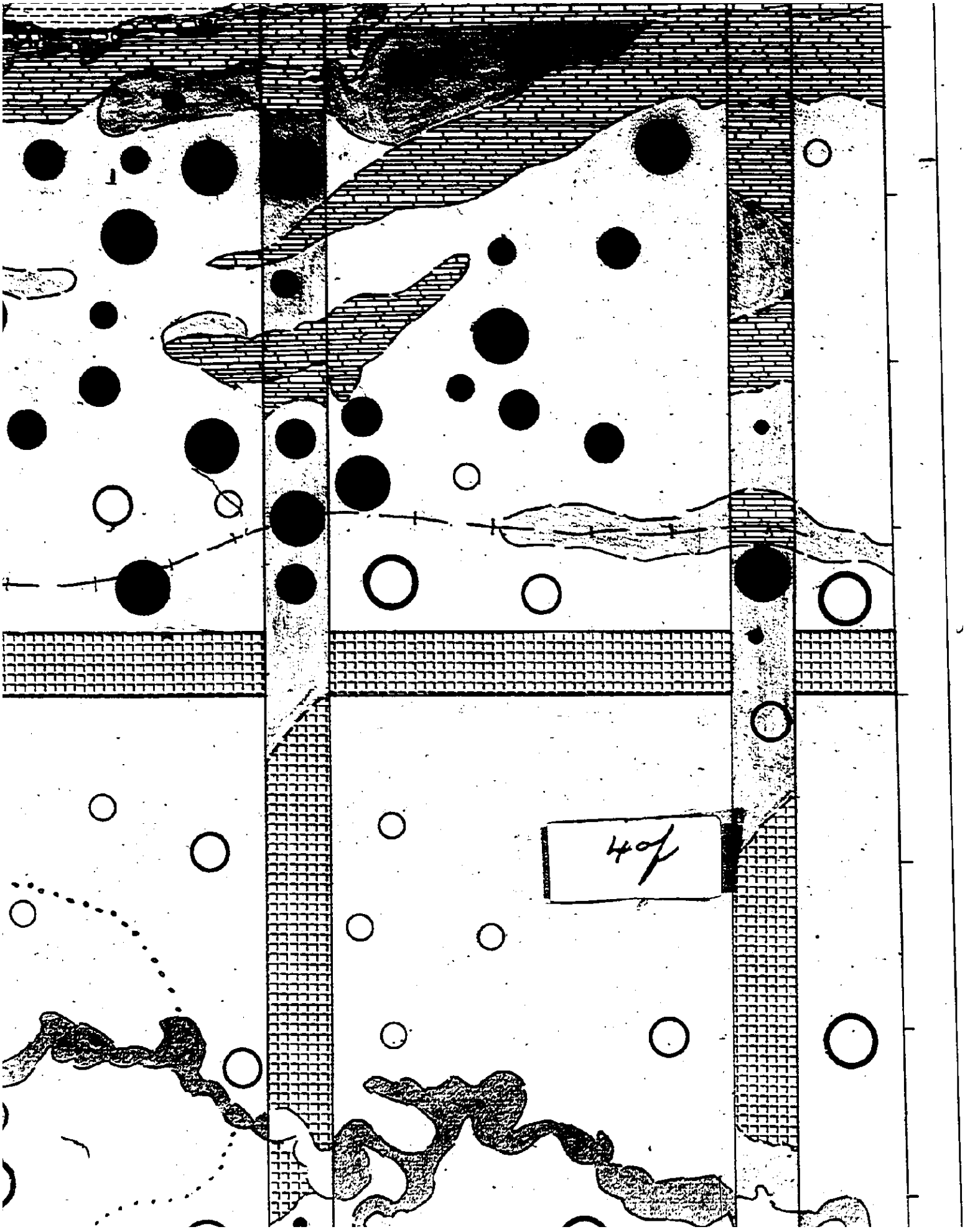
000 Echelle / Scale)

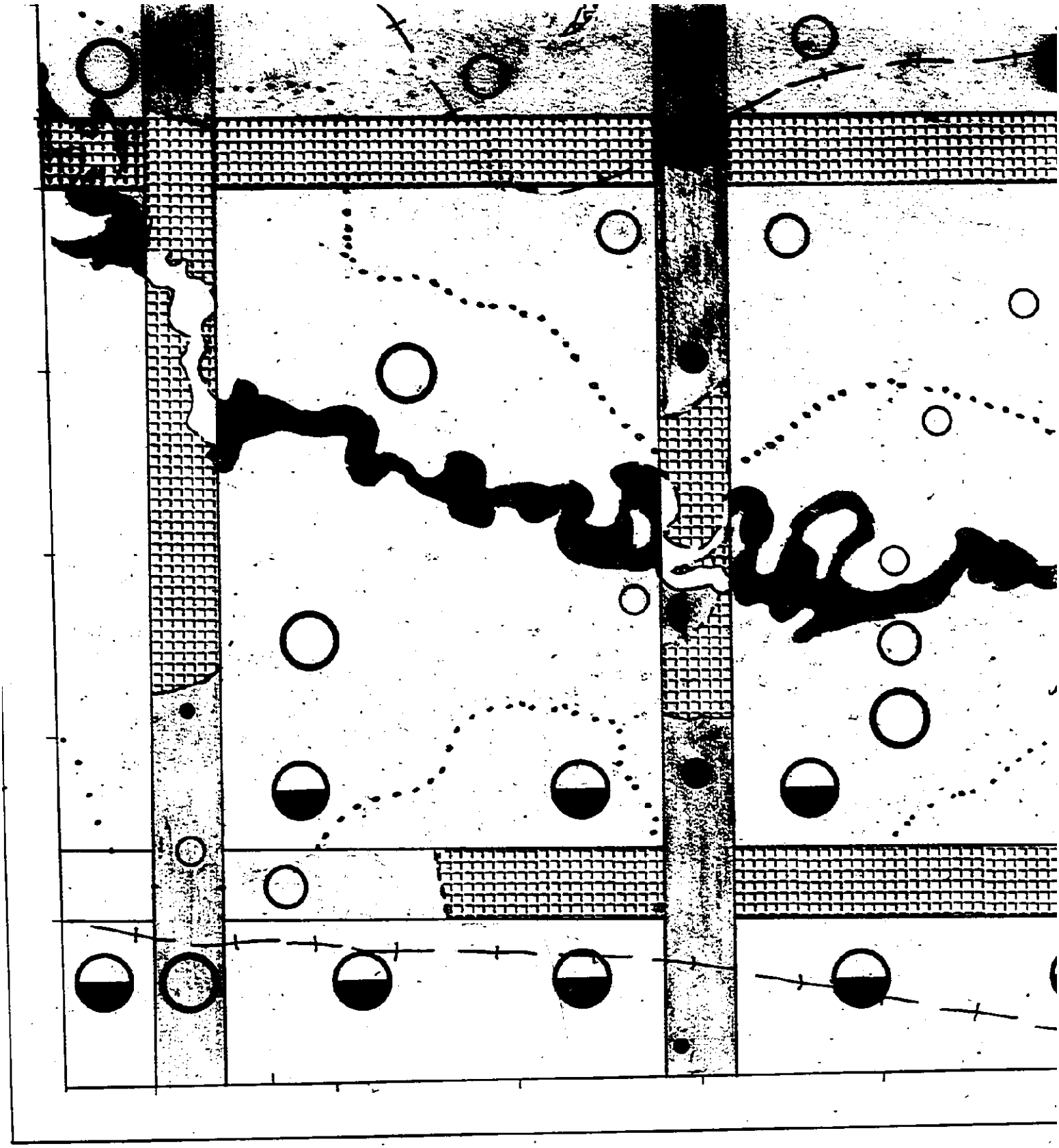
0 1 Milles

2 of

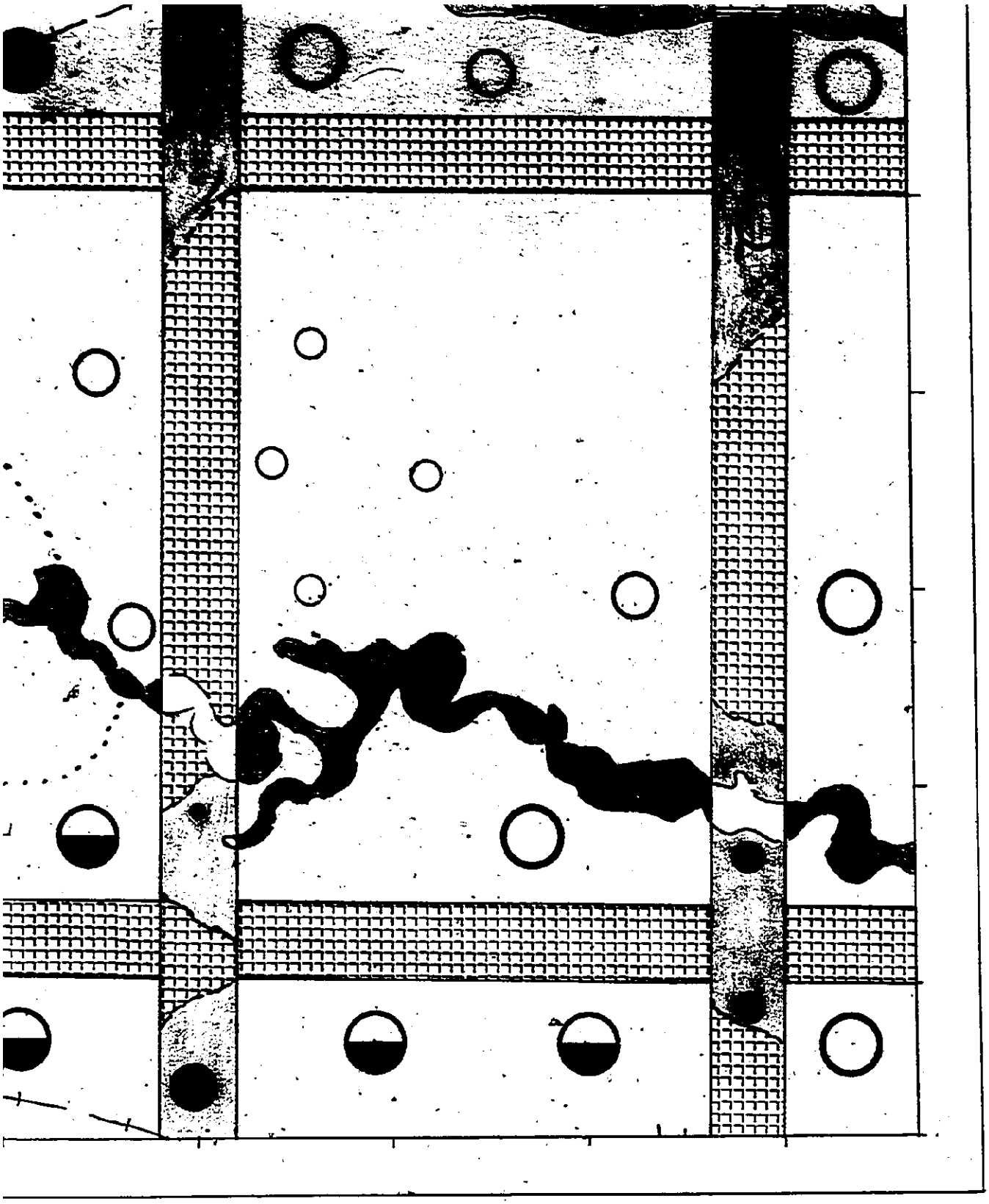
F.J Morin




40



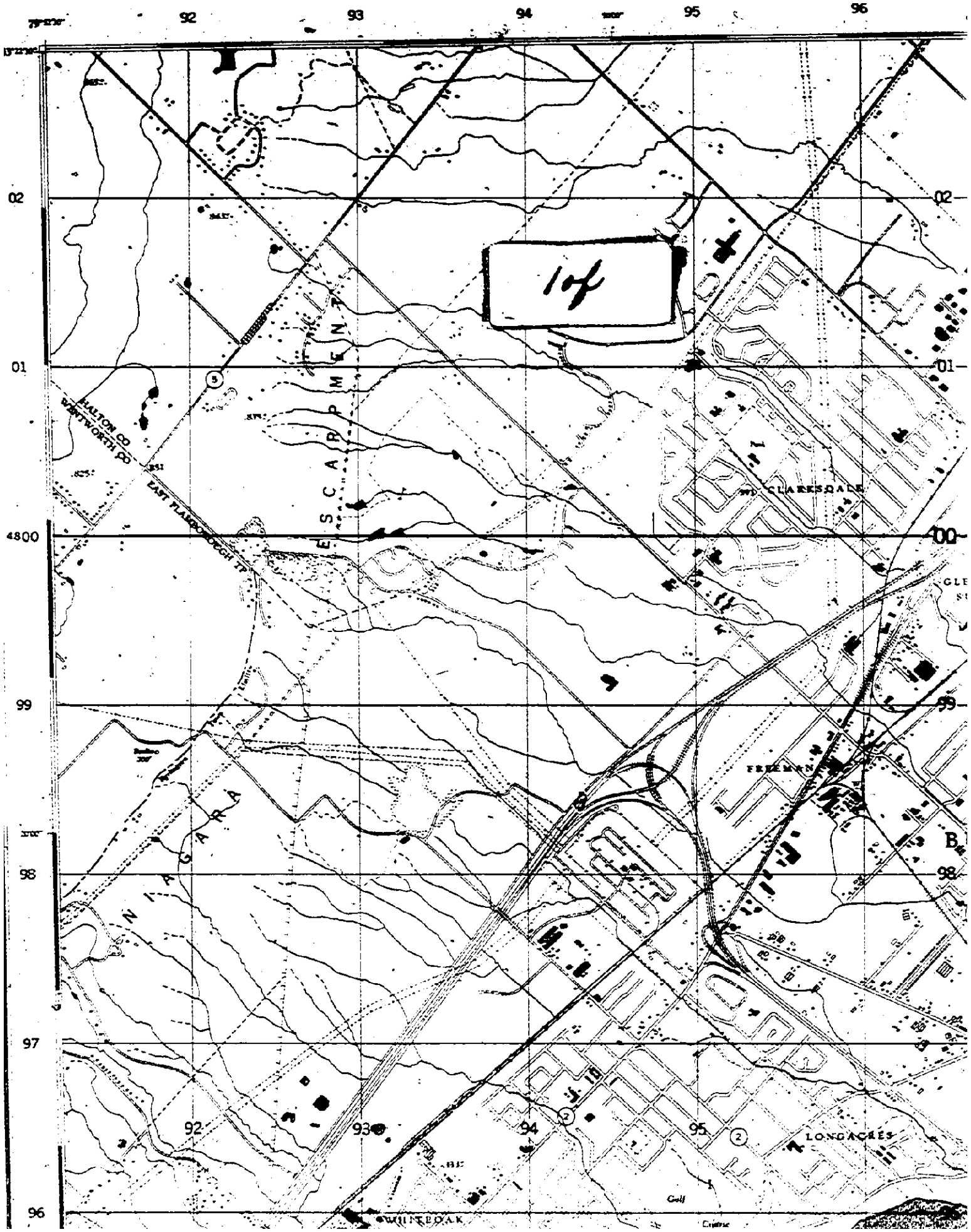
5 of

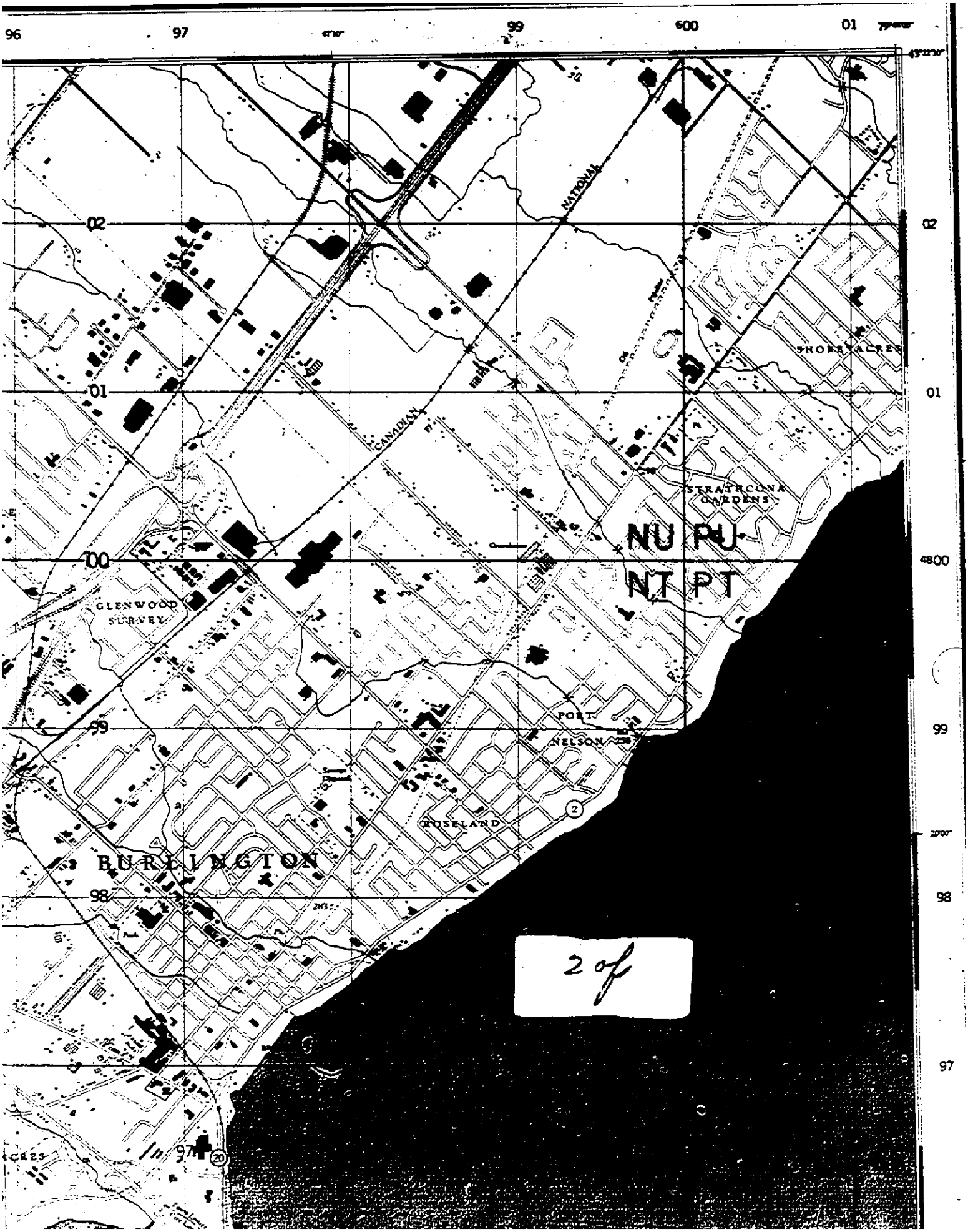


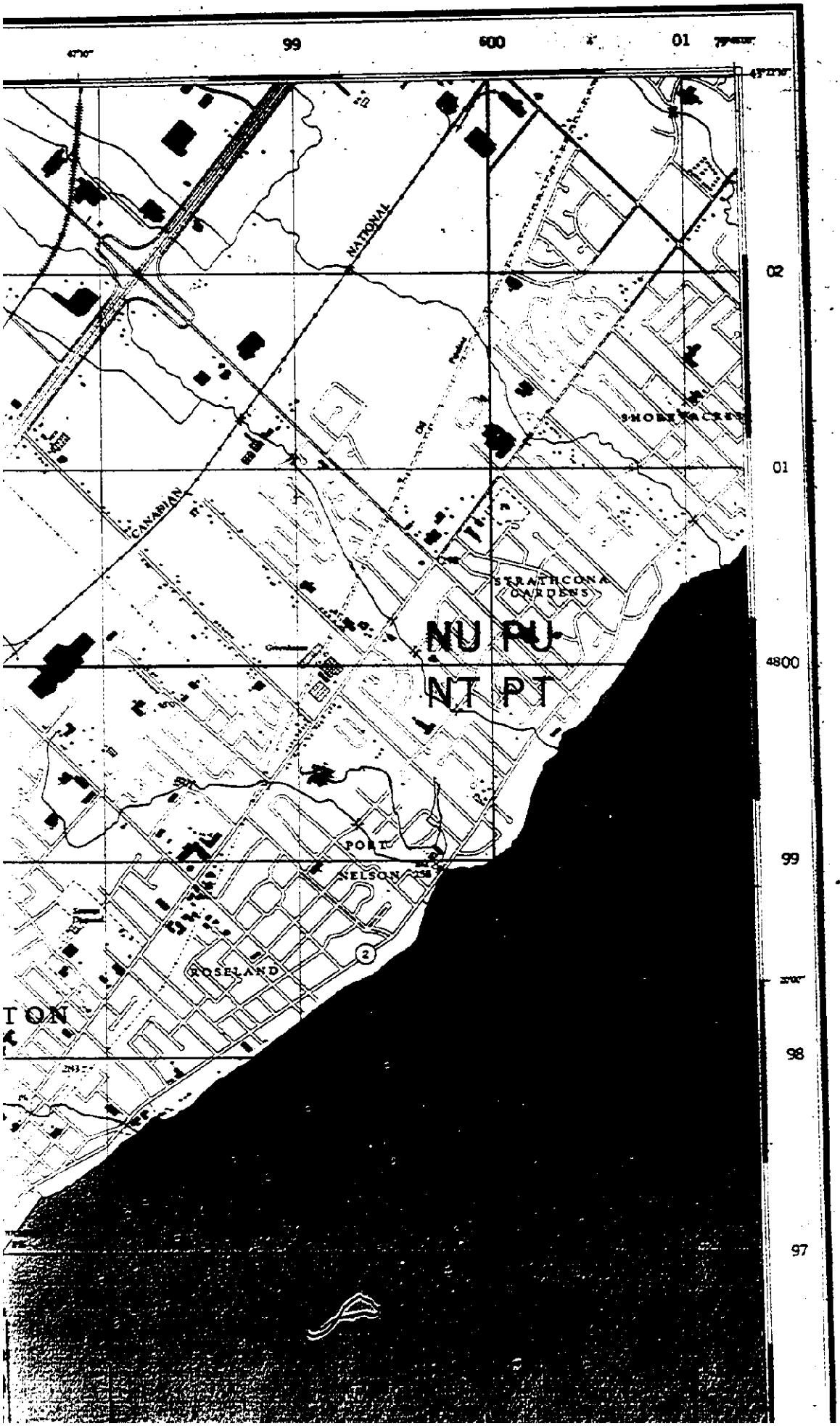
6 of 62

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F...MORIN
Univ. d'Ottawa

p. 334 Voir légende pp. 332-333
Fig: 7-22

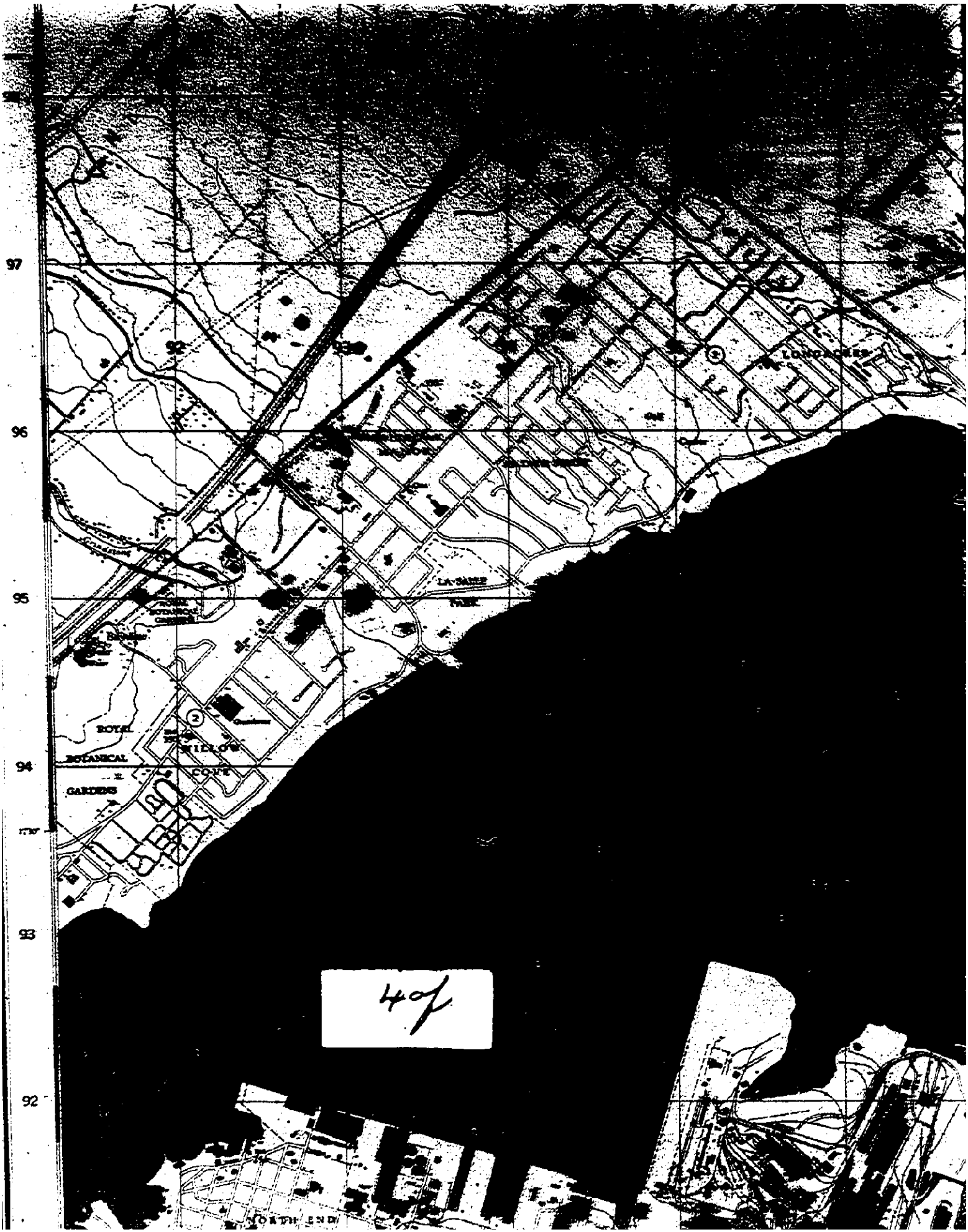

92
93
94
95
96
02
01
00
99
98
97
14
ESCARPMENT
NIAGARA
HALTON CO
WENTWORTH CO
EAST FLAMBOROUGH TP
CLARKSDALE
FREEMAN
LONGACRES
WHITEOAK

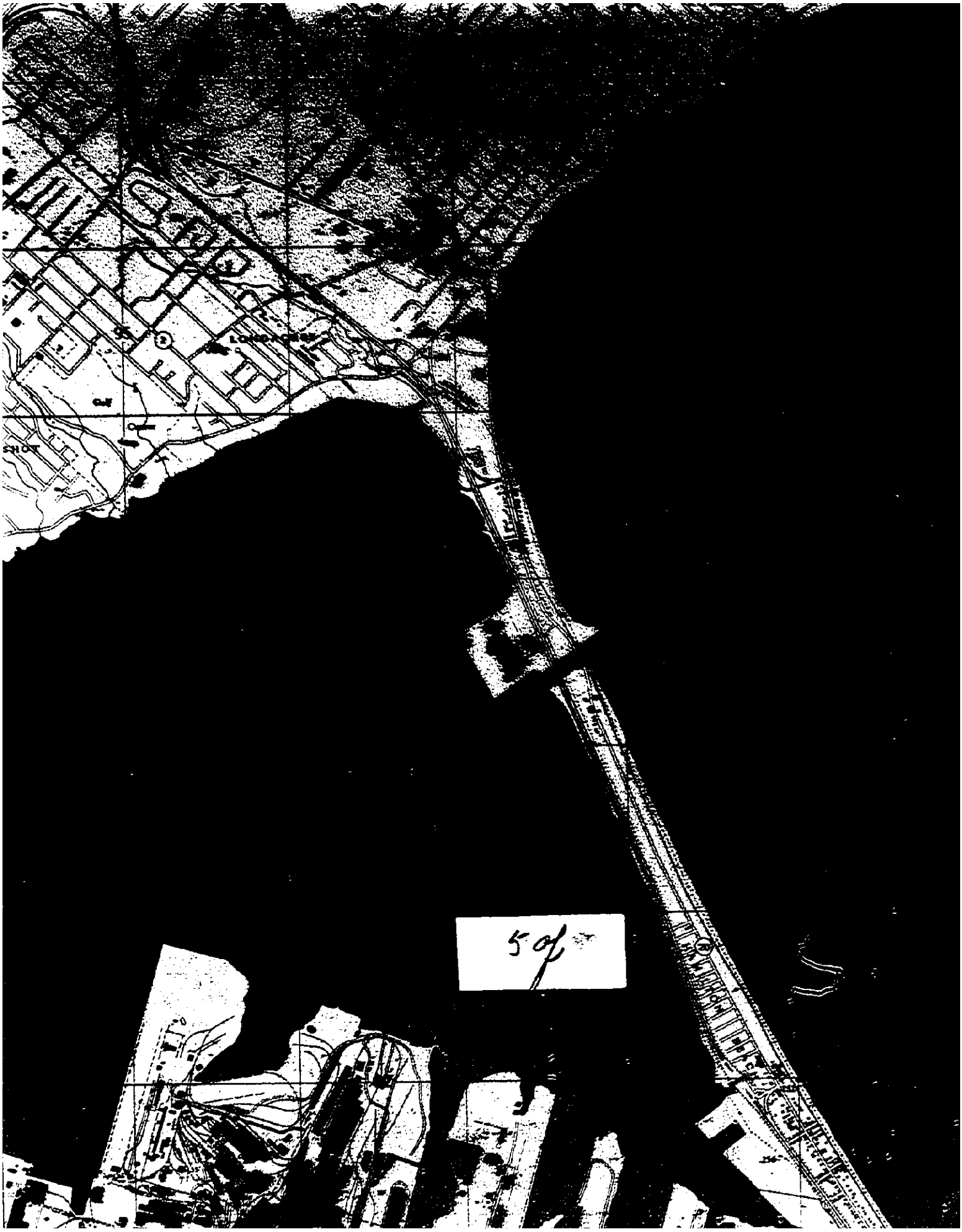

96
97
99
600
01
02
01
00
99
98
97
NATIONAL
CANADIAN
SHORE ACRES
STRATHCONA GARDENS
NU PU-
NT PT
GLENWOOD SURVEY
PORT NELSON
ROSELAND
BURLINGTON
2 of
4800
2700



Refer to this map as: 30M/6c EDITION 3 DME SERIES A855

3 of


97
96
95
94
93
92
LONGACRES
LA SAGESSE
PARK
ROYAL
BOTANICAL
GARDENS
WILLOW
COVE
NORTH END
407

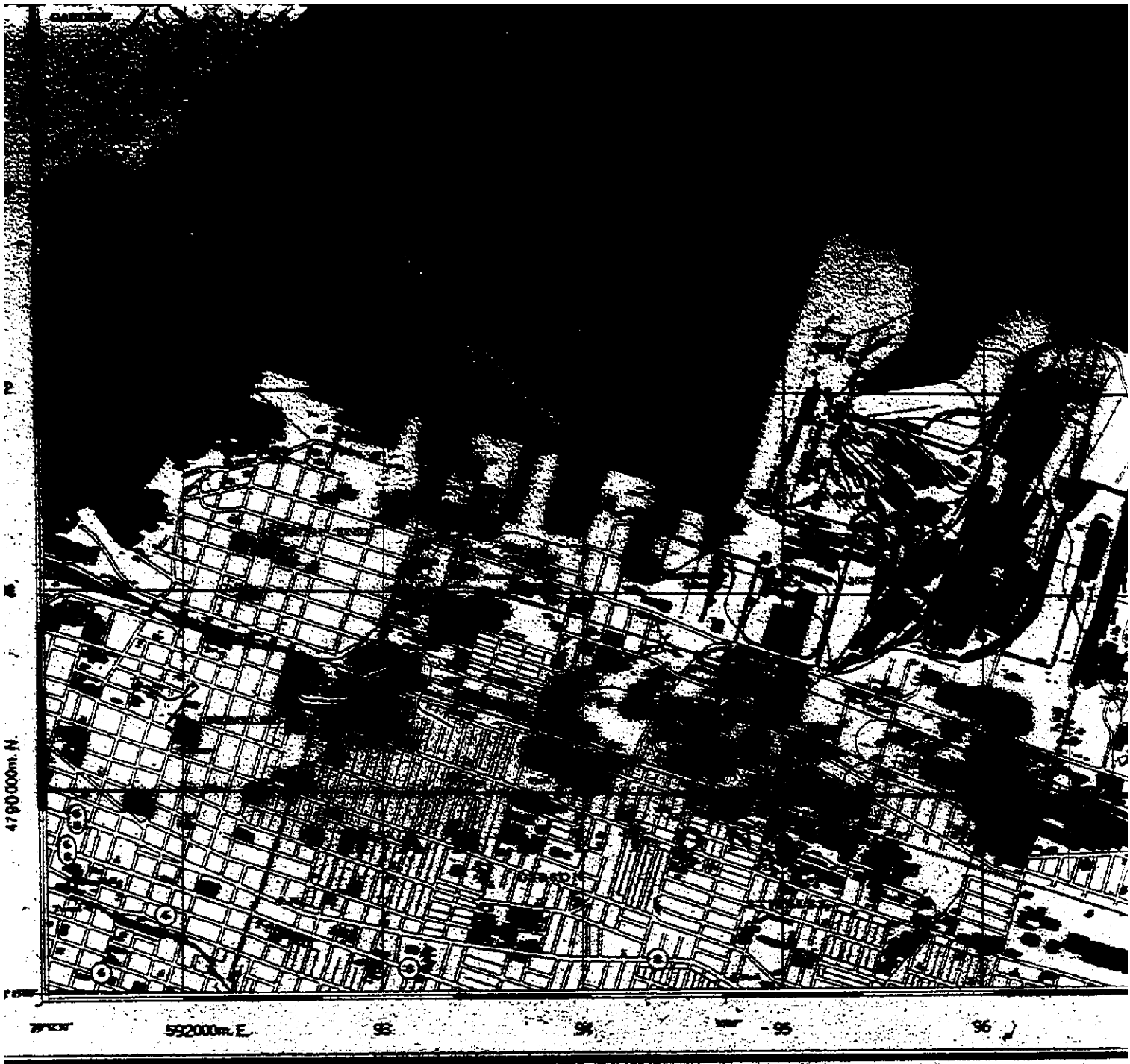

5 of

CONVERSION SCALE FOR ELEVATIONS

Use diagram only to assess magnetical values.
APPROXIMATE MEAN DECLINATION-1972
FOR CENTRE OF MAP
Annual change increasing 1.4'

100,000 M. ZONE IDENTIFICATION

67



Roads:	Routes:		
hard surface, all weather	pavée, toute saison	dual highway / chaussées séparées	more than 2 lanes / plus de 2 voies
hard surface, all weather	pavée, toute saison	2 lanes / 2 voies	less than 2 lanes / moins de 2 voies
loose or stabilized surface, all weather	gravier aggloméré, toute saison	2 lanes or more / 2 voies ou plus	less than 2 lanes / moins de 2 voies
loose surface, dry weather	de gravier, pâteuse sèche		
cart track	de terre		
trail or portage	sentier ou portage		
Railway, normal gauge, single track	Chemin de fer, voie unique (écartement normal)		
Horizontal control point, with elevation	Point géodésique, avec cote		456
Bench mark, with elevation	Repère de nivellement, avec cote		BM 157
Spot elevation, precise	Point coté; précis		460
Mine or open cut	Mine ou fosse à ciel ouvert		

Scale 1:25,000 Éch

Miles 1 0

Metres 1000 500 0

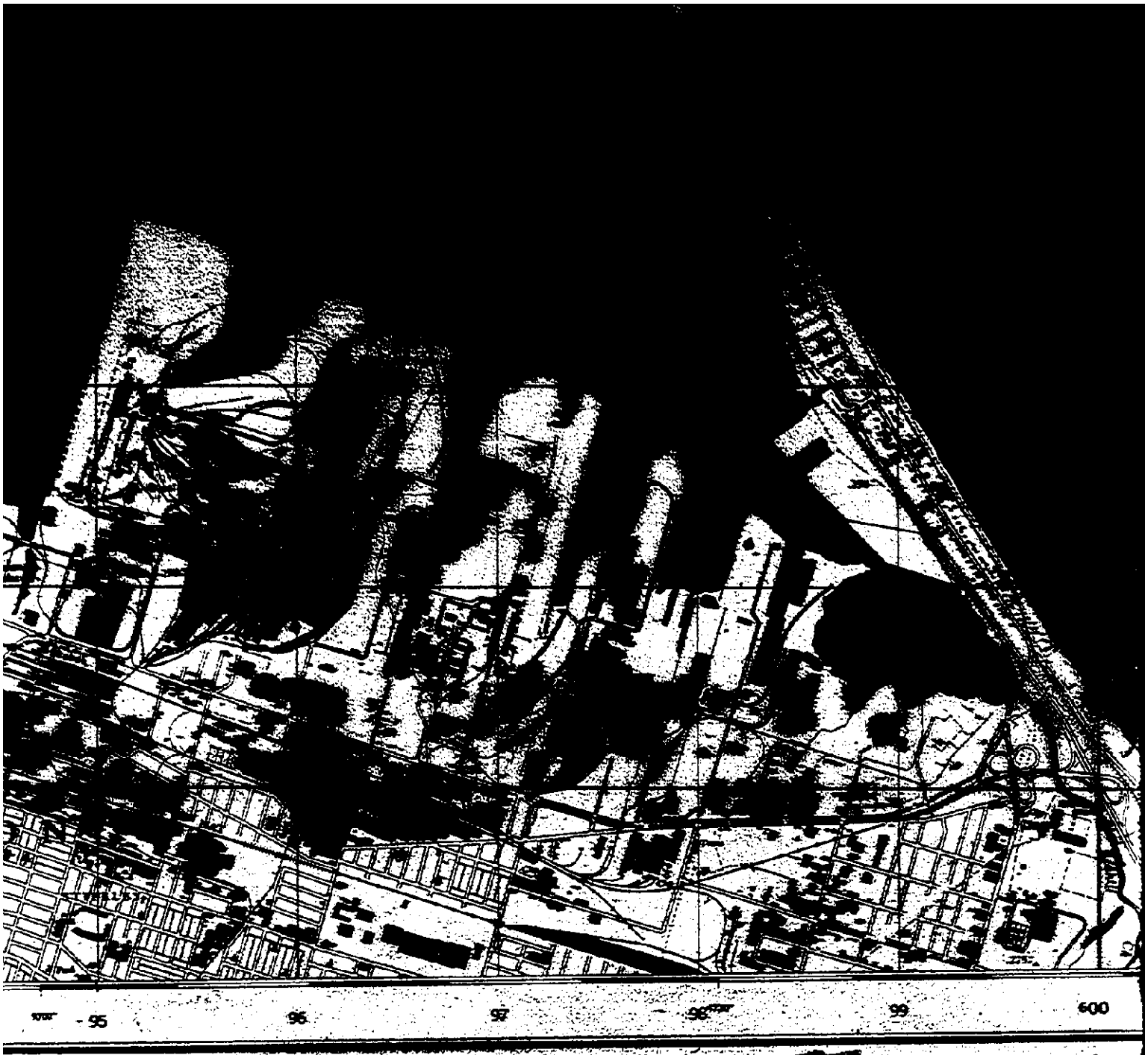
Yards 1000 500 0

CONTOUR INTERVAL 10 FEET

Elevations in Feet above Mean Sea Level

North American Datum 1927

Transverse Mercator Projection



8 of

Scale 1:25,000 Échelle

Miles 1 0 1 Miles

Metres 1000 500 0 1000 Mètres

Yards 1000 500 0 1000 Verges

Building ..... Bâtiment

School ..... École

Cemetery ..... Cimetière

Rock; bare or scattered ..... Roche; ru

Power transmission line ..... Ligne de t

River with bridge ..... Rivière a

Rapids, Falls; large,small ..... Rapides, Chutes; gra

Lake intermittent, ecclesiastic ..... Lac intermittent, ri

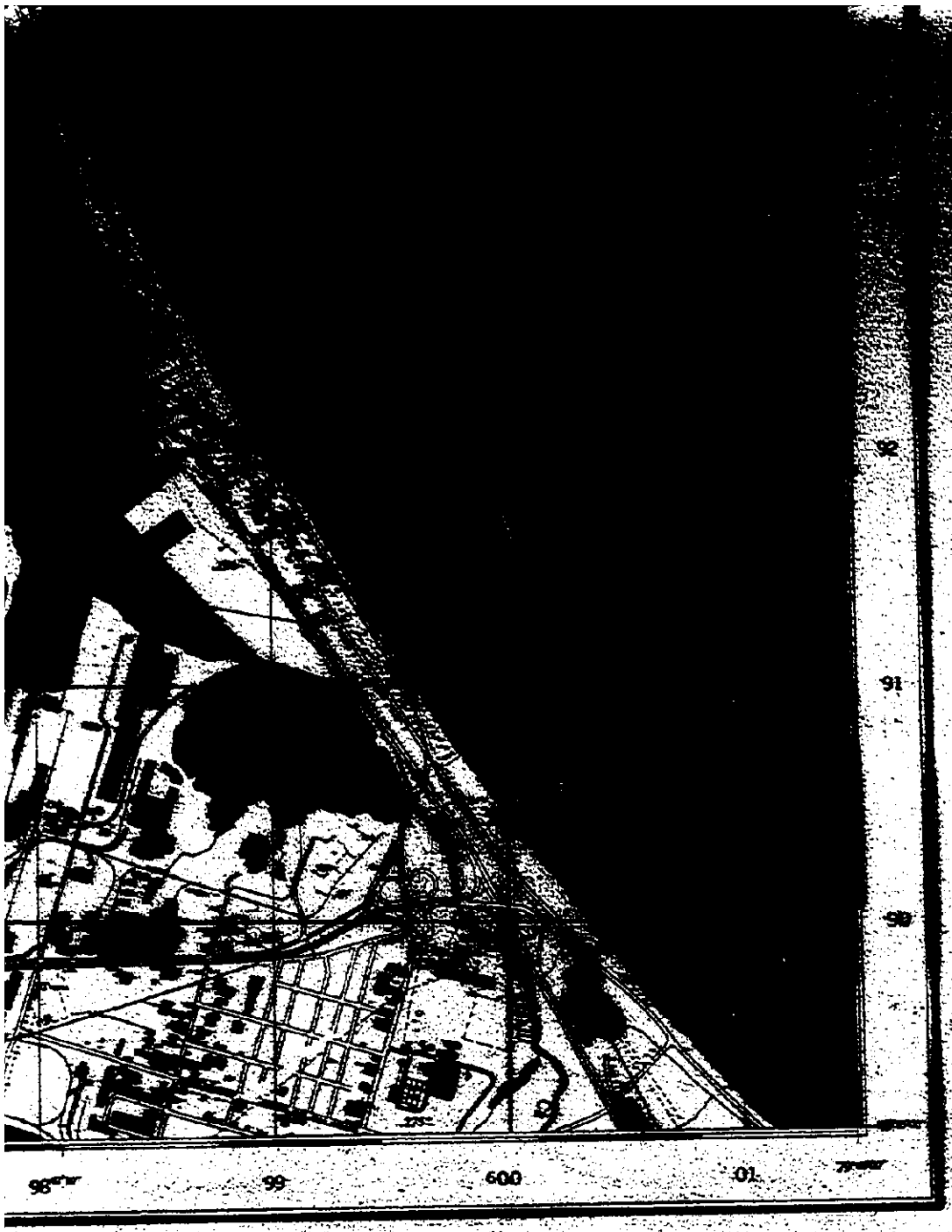
Marsh or Swamp ..... Marais ou marécag

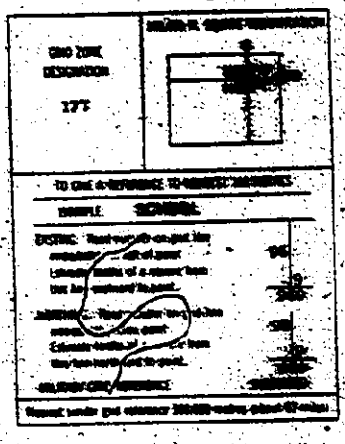
Depression contours ..... Courbes de cuvette

Trees ..... Arbres

Wood ..... Bois

Vineyard, Orchard ..... Vignoble, Verger





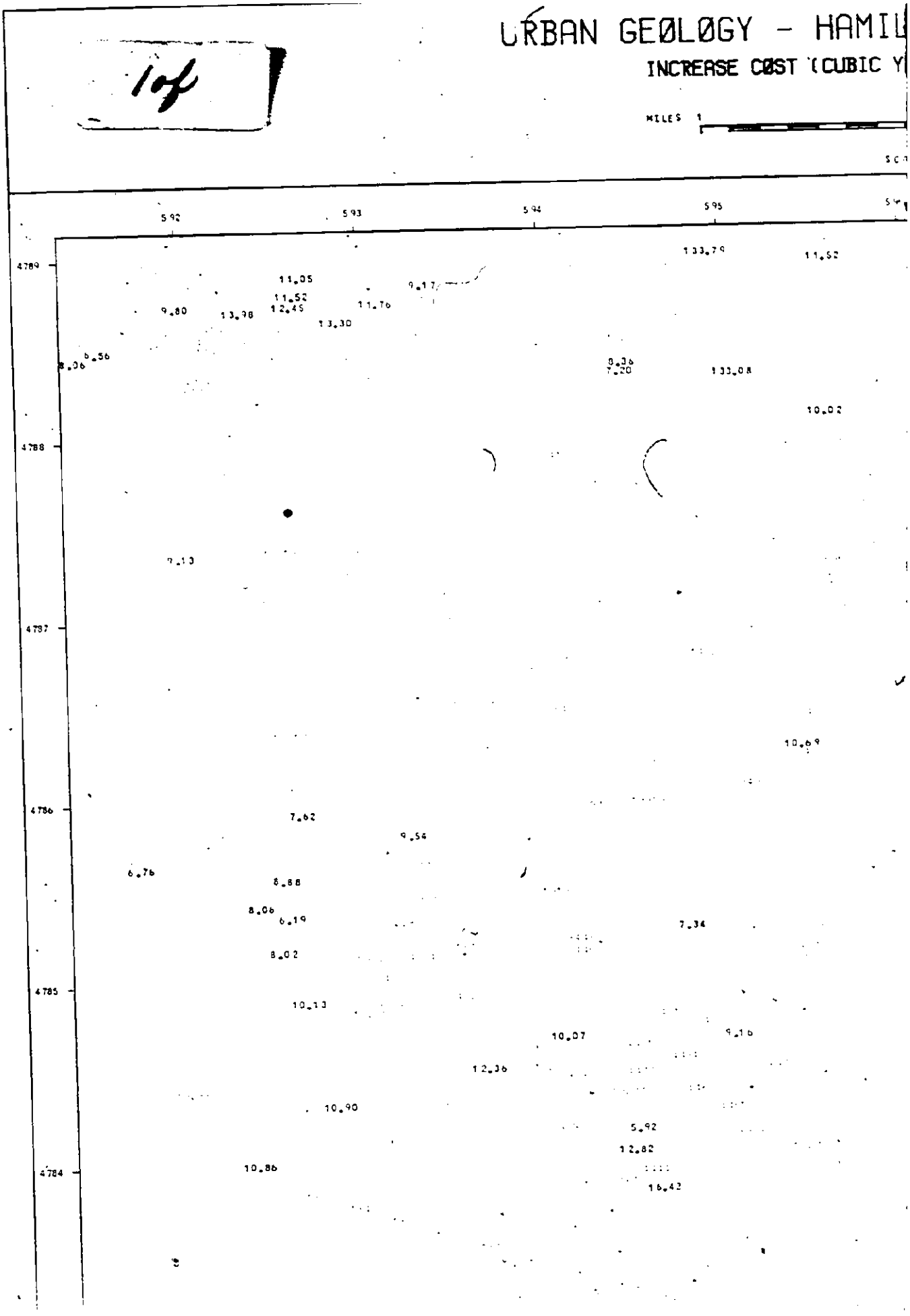
ONE THOUSAND METRE
ZONE 17

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

Fond de carte 30M/5c

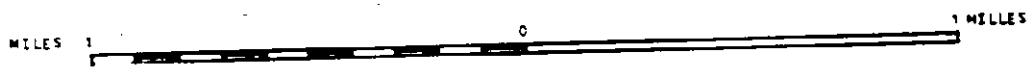
Building ..... Bâtiment
School ..... Ecole
Cemetery ..... Cimetière
Rock: bare or awash ..... Roche, ro
Power transmission line ..... Ligne de t
River with bridge ..... Rivière av
Rapids, Falls, large, small ..... Rapides, Chutes,
Lake intermittent, undefined ..... Lac intermittent, ...
Marsh or Swamp ..... Marais ou marécage
Depression contours ..... Courbes de niveau
Trees ..... Arbres
Woods ..... Bois
Vineyard, Orchard ..... Vignoble, Verger

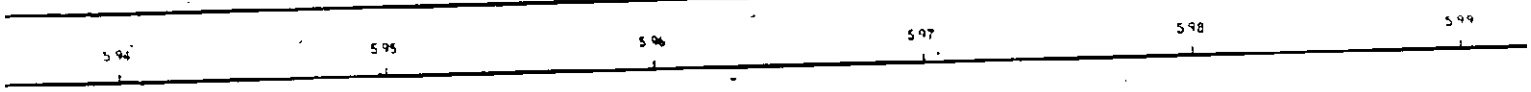
949


10
URBAN GEØLØGY - HAMIL
INCREASE CØST (CUBIC Y
MILES 1
592
593
594
595
4789
4788
4787
4786
4785
4784
11.05
11.52
12.45
9.80
13.98
13.30
11.76
9.17
8.06
6.56
9.13
7.62
9.56
6.76
8.88
8.06
6.19
8.02
10.13
10.90
10.86
133.79
11.52
9.36
7.20
133.08
10.02
10.69
7.34
10.07
9.16
12.36
5.92
12.82
16.42

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

INCREASE CØST (CUBIC YARD) - CØUTS ADDITIØNNELS (VERGE CUBE)





2 of

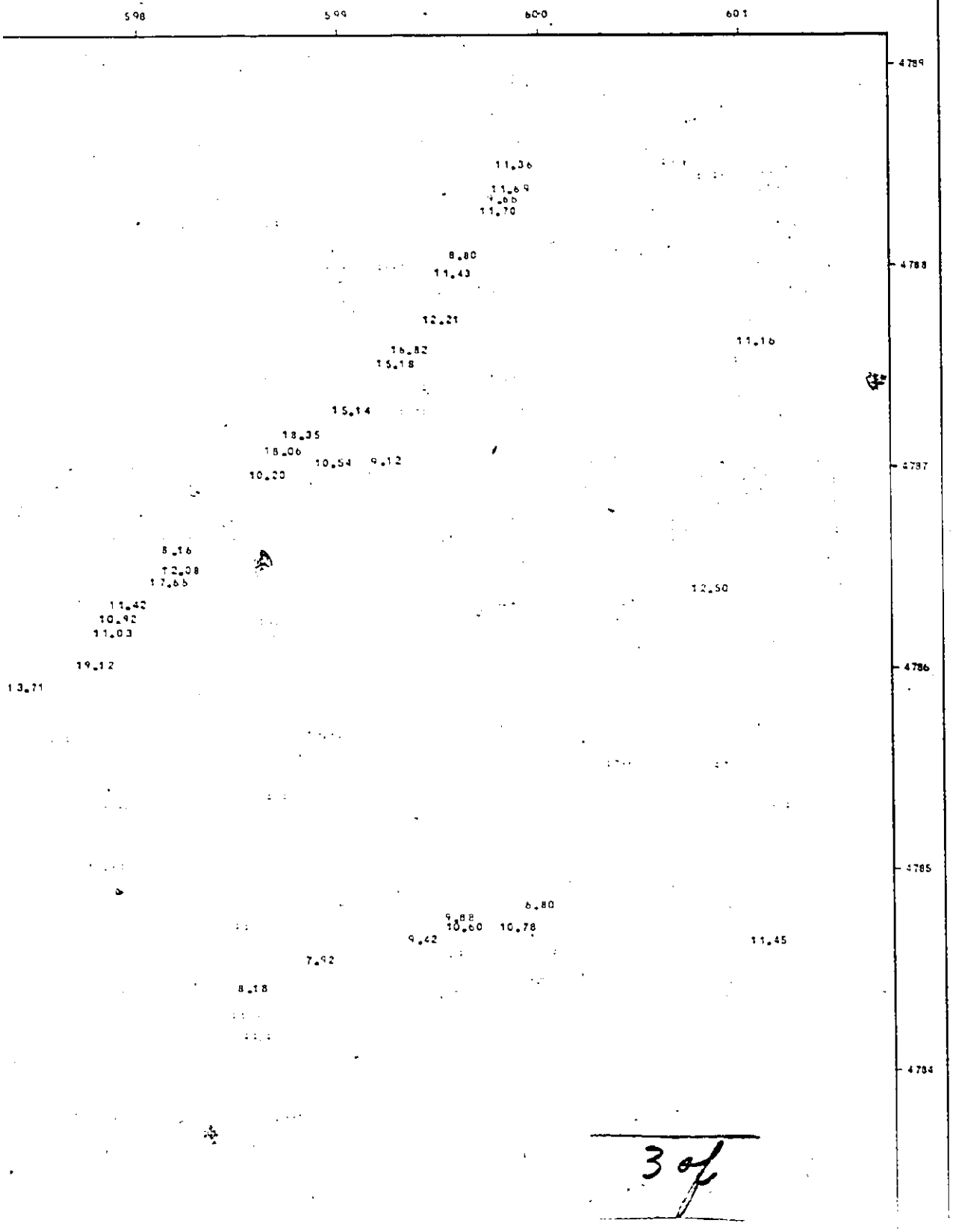
133.79
11.52
9.88
8.36
7.20
133.08
10.02
15.14
18.35
18.06
10.54
10.20
8.16
12.08
17.66
11.42
10.92
11.03
10.69
19.12
13.71
7.34
10.07
9.16
7.92
12.36
8.18
5.92
12.82
5.08
11.90
8.32
16.42
12.84
6.38

GEØLØGIE URBAINE

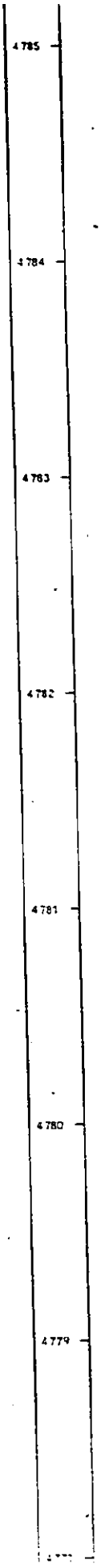
ØNNELS (VERGE CUBE)

1 MILLES

F. J. MORIN



3 of



10.13

10.07

9.16

12.36

10.90

5.92

12.82

10.86

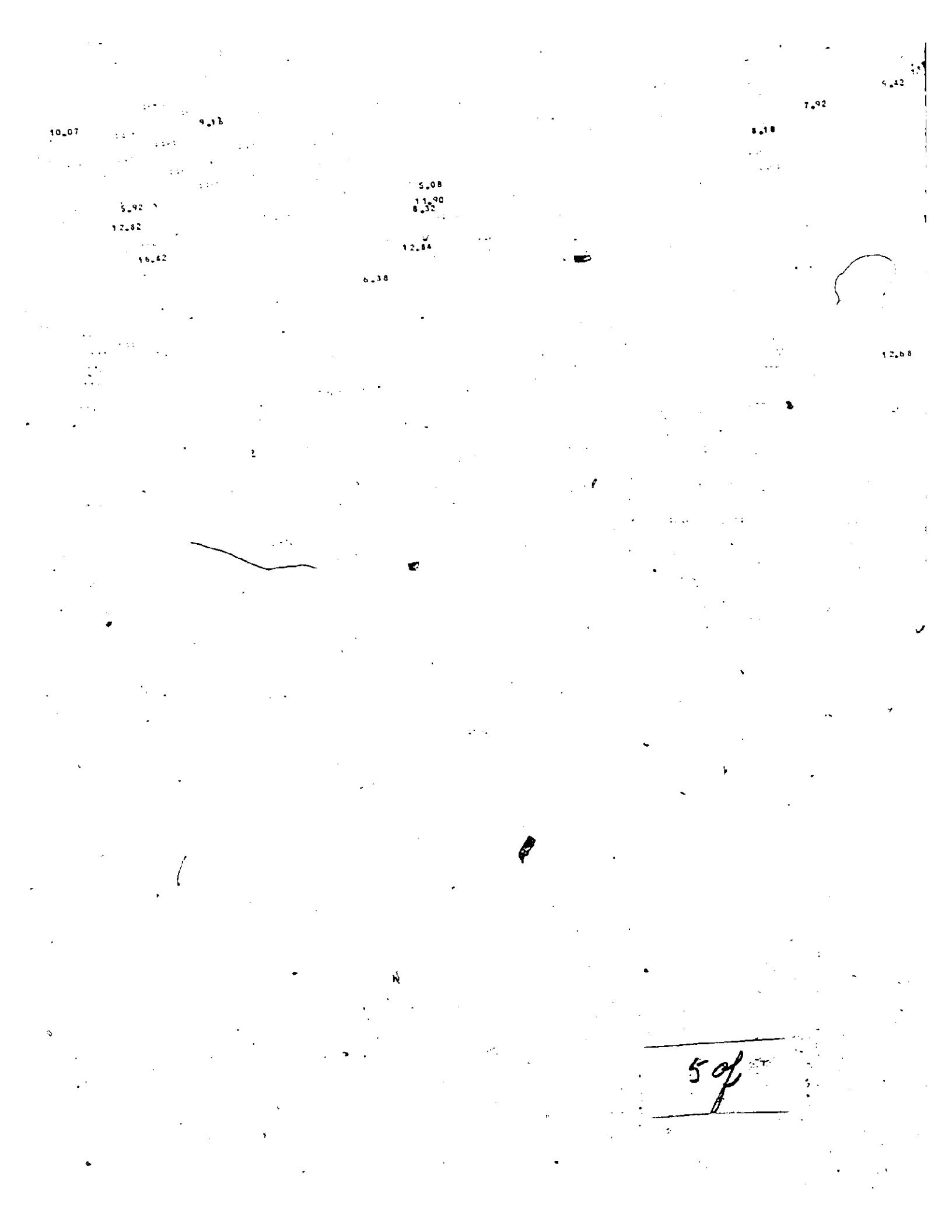
15.42

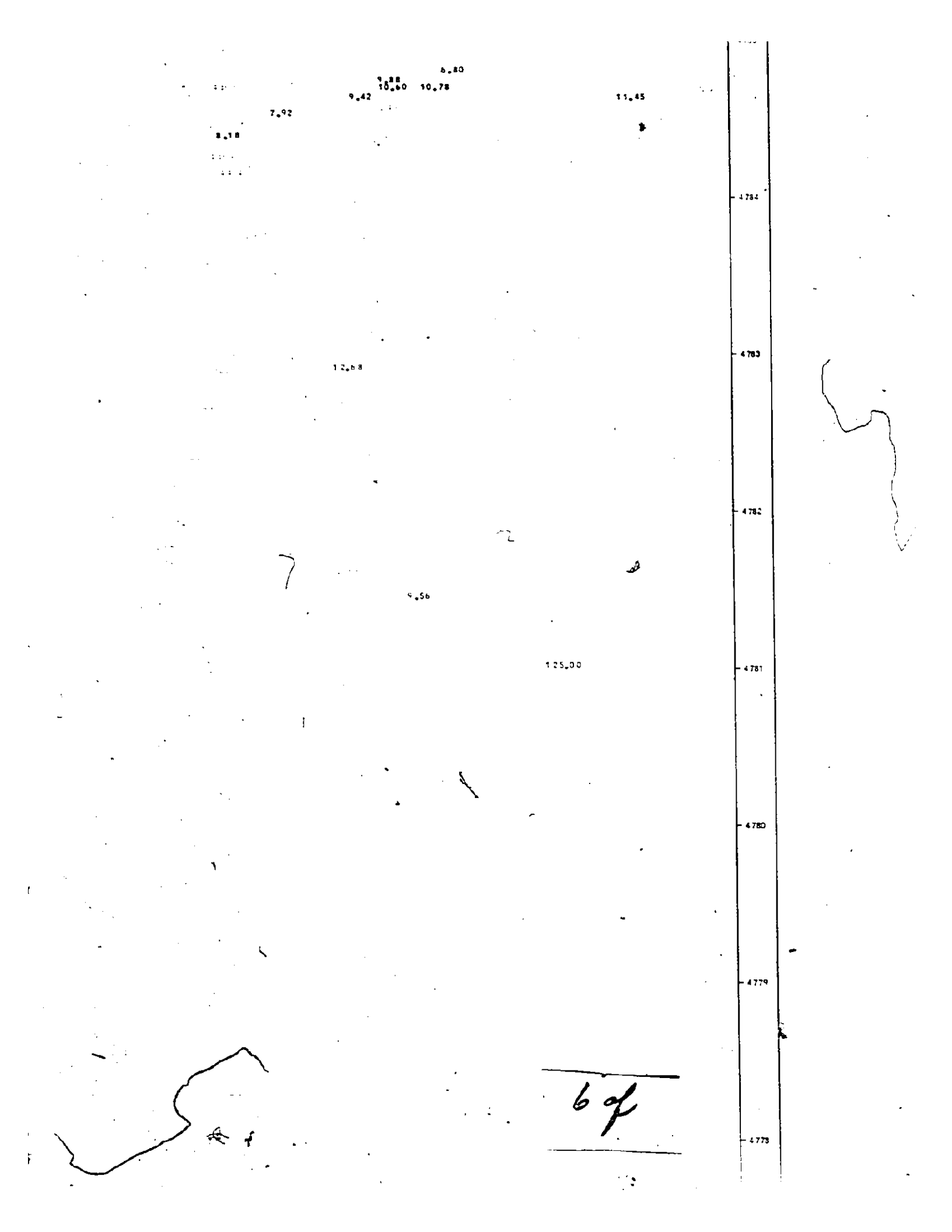
6.38

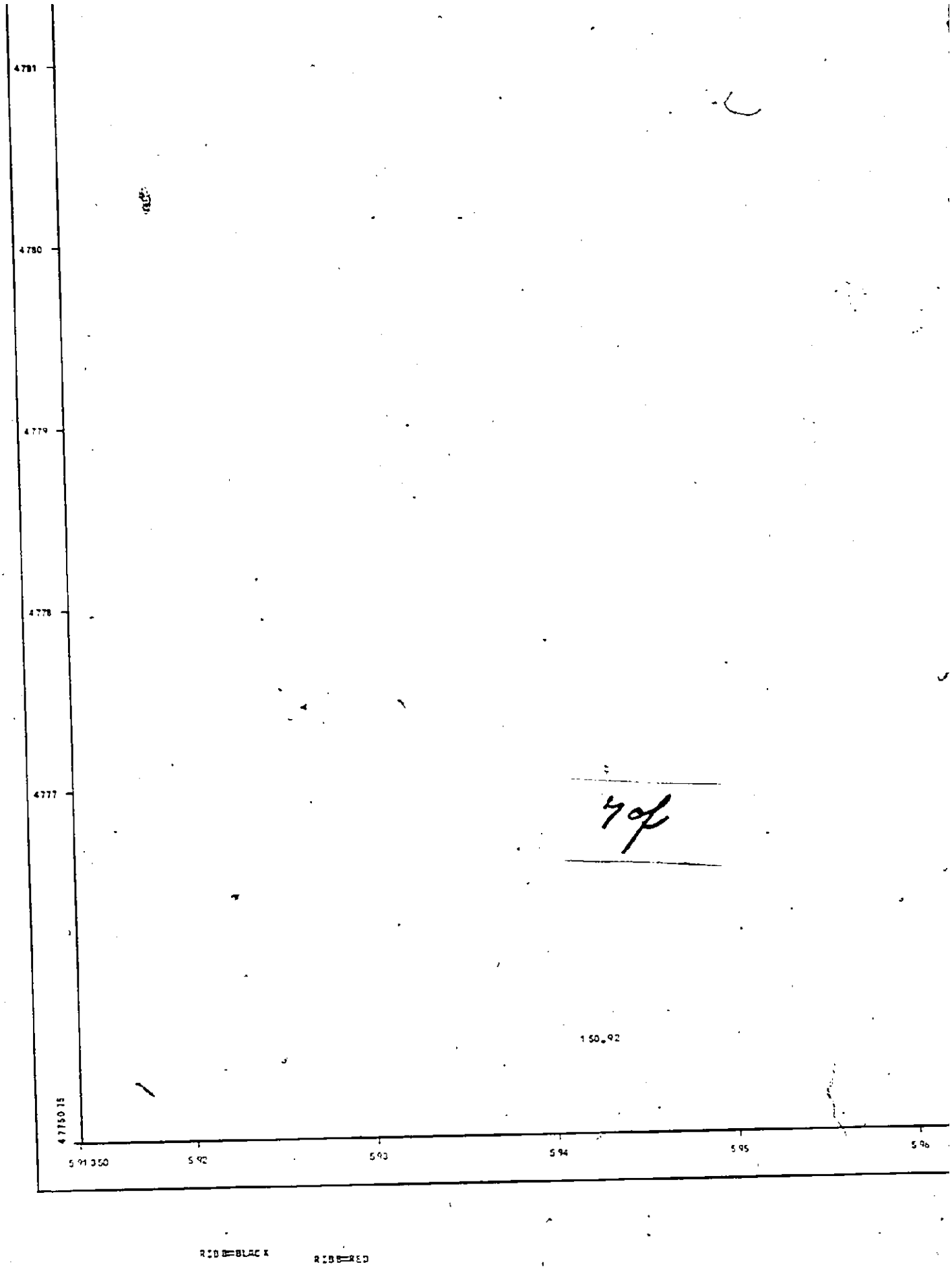
7.34

125.00

4 of

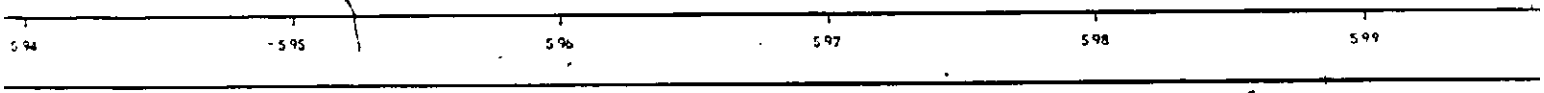

10.07
9.18
5.92
12.82
16.82
5.08
11.90
8.32
12.84
6.38
7.92
12.68
N

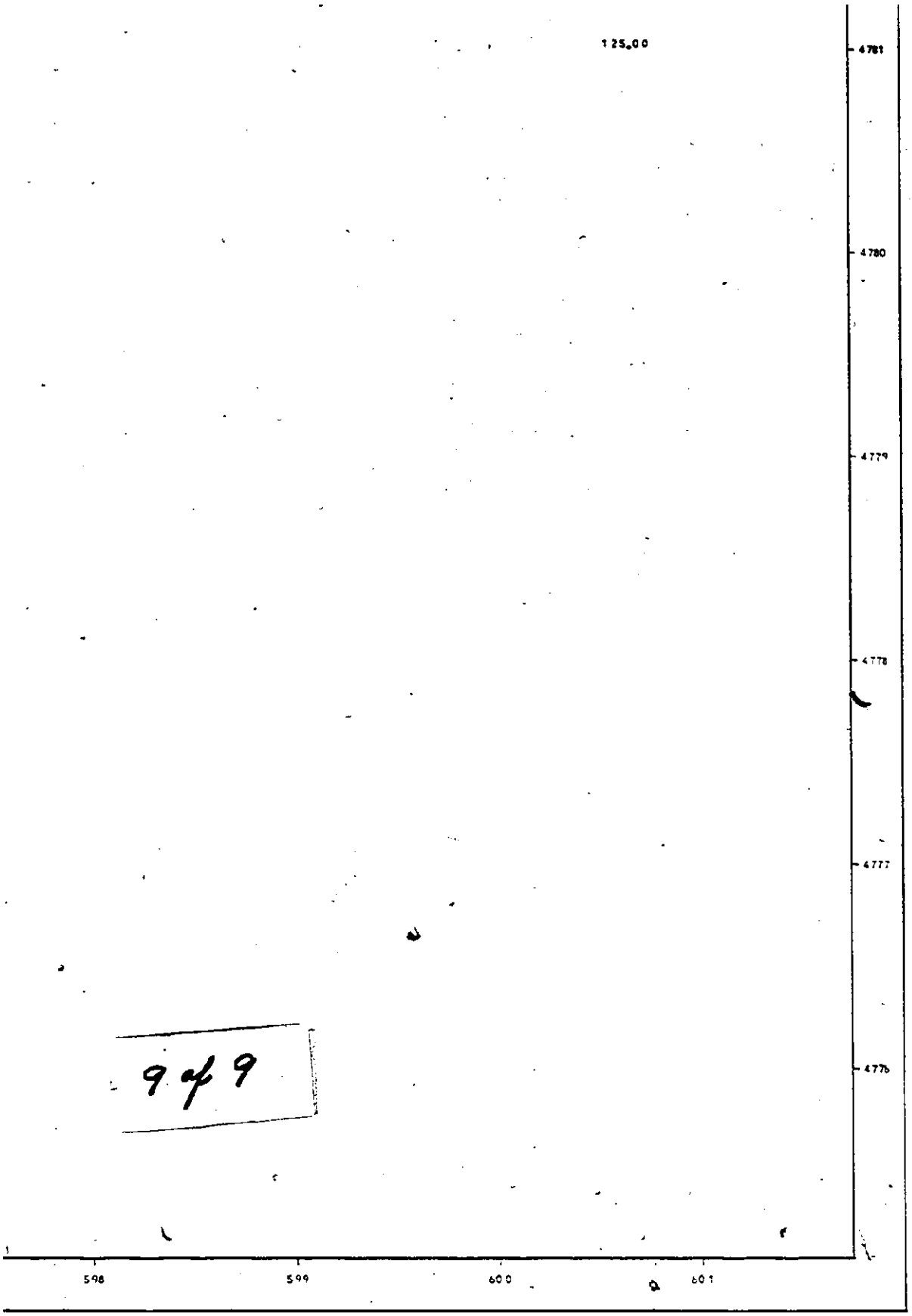

8.80
9.88
10.60
10.78
9.42
11.45
7.92
8.18
12.68
9.56
125.00
4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778


4781
4780
4779
4778
4777
4775.15
591.350
592
593
594
595
596
150.92
RED=BLACK
RED=RED

8 of

150.92





949

OPERATOR'S INSTRUCTIONS

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

URBAN GEOLOGY - HAMILTON ONT

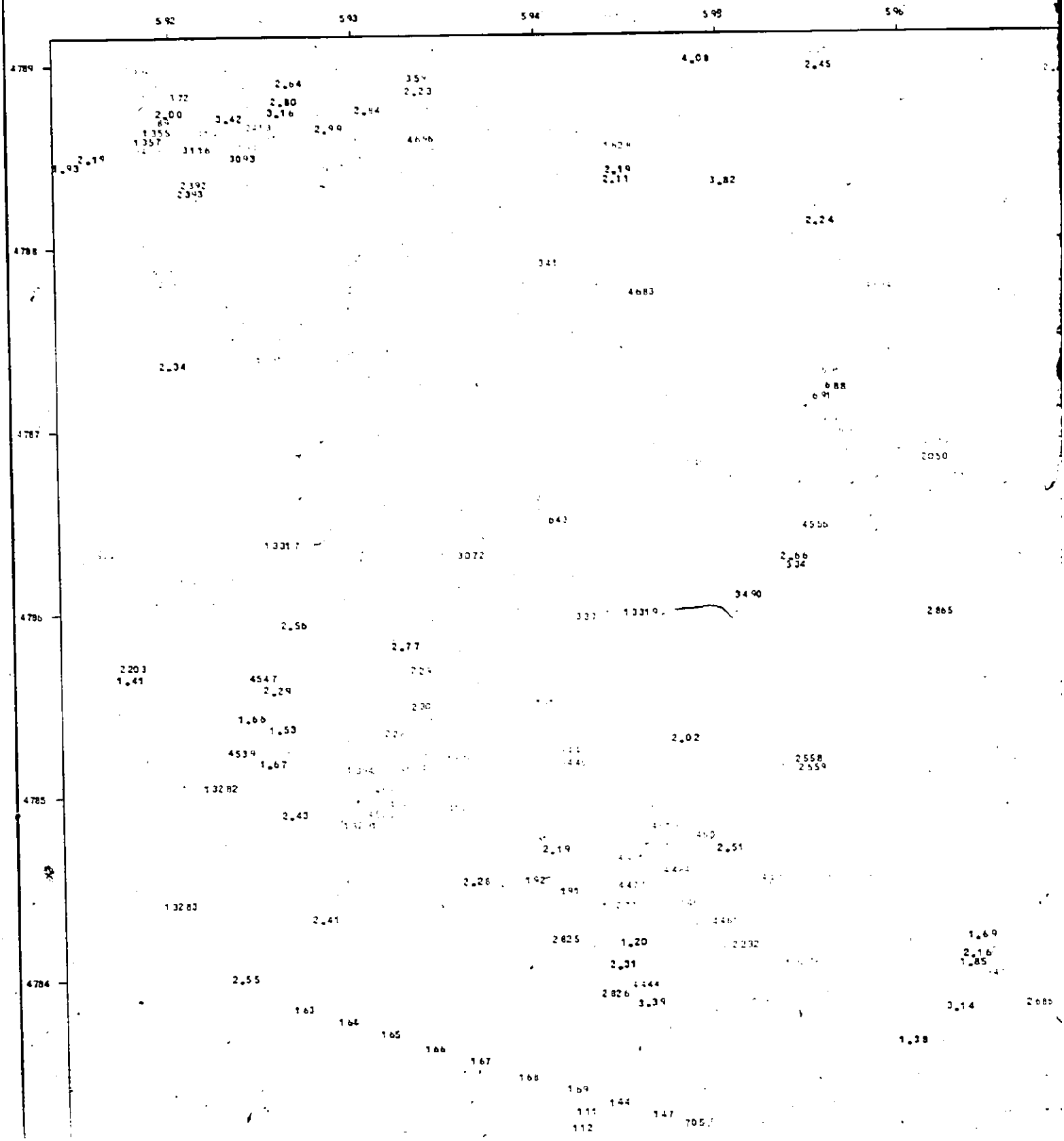
SYNTHESIS MAP ON WEIGHT 10 - CARTE

14

MILES 1 0

SCALE 1= 25000

NTS 30M /4f



URBAN GEOLOGY - HAMILTON ONT. - GEOLOGIE URBAINE

SYNTHESIS MAP ON WEIGHT 10 - CARTE SYNTHESE PONDEREE SUR 10

SCALE 1= 25000 ECHELLE

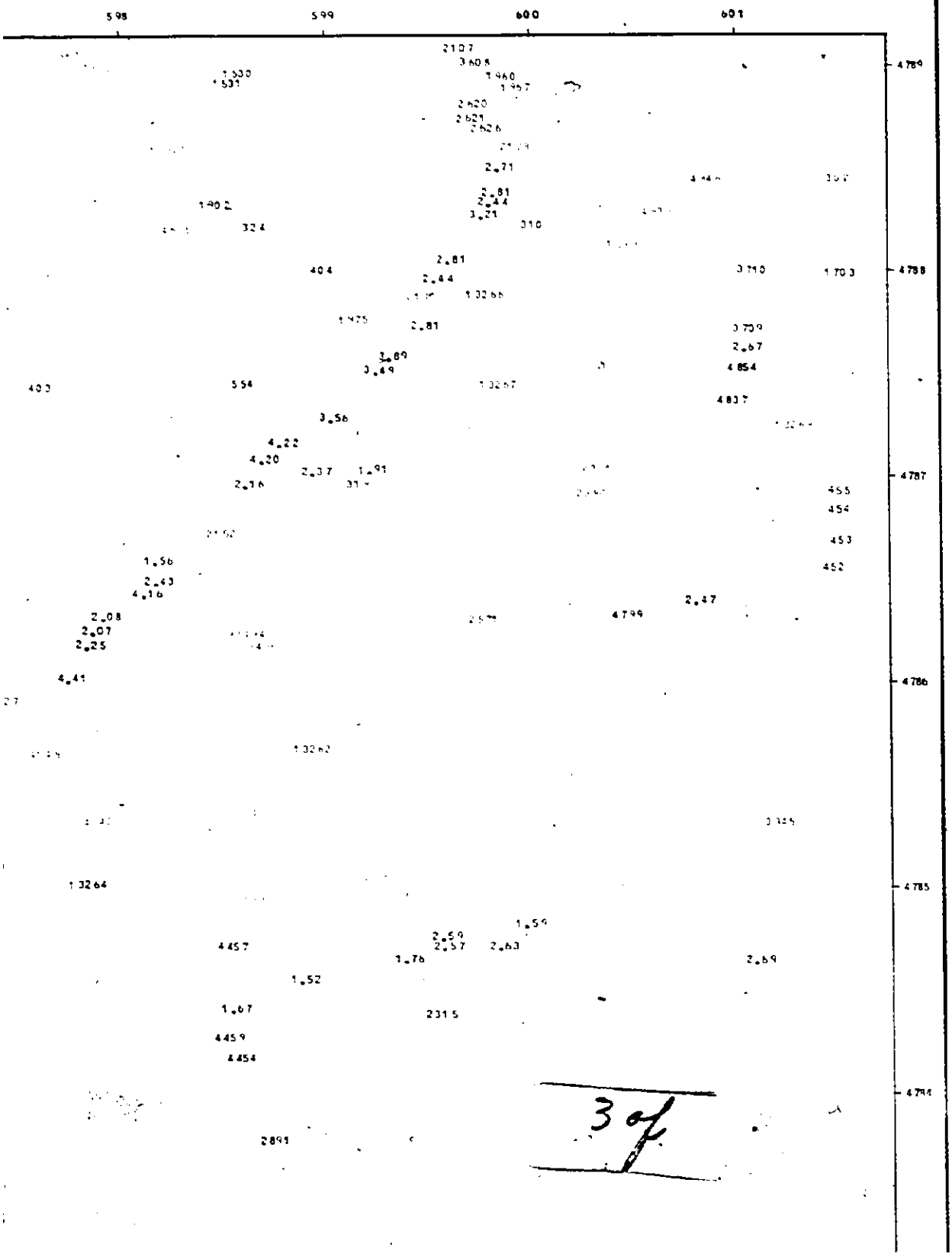
2 of

EØLØGIE URBAINE

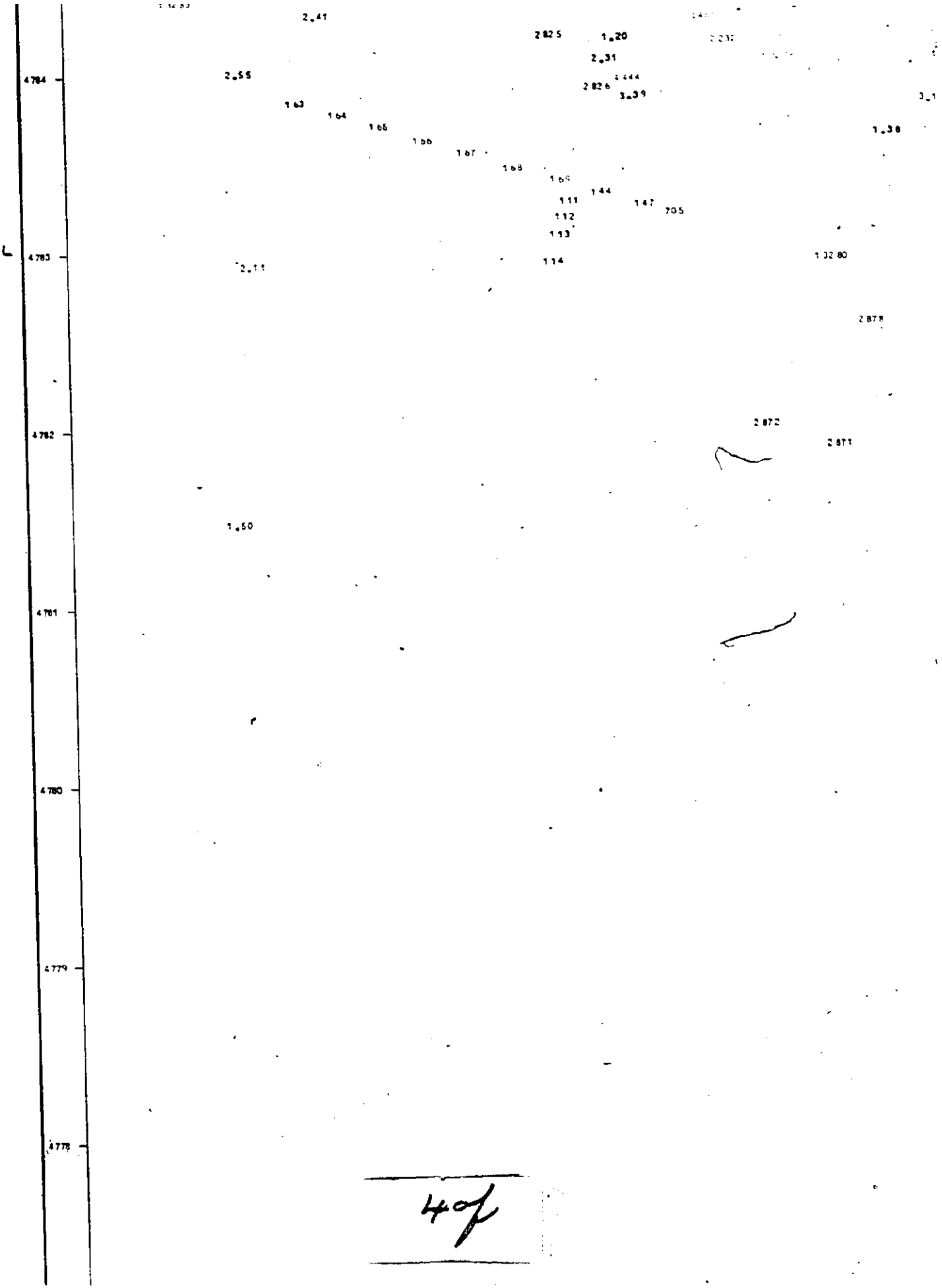
E PØNDEREE SUR 10

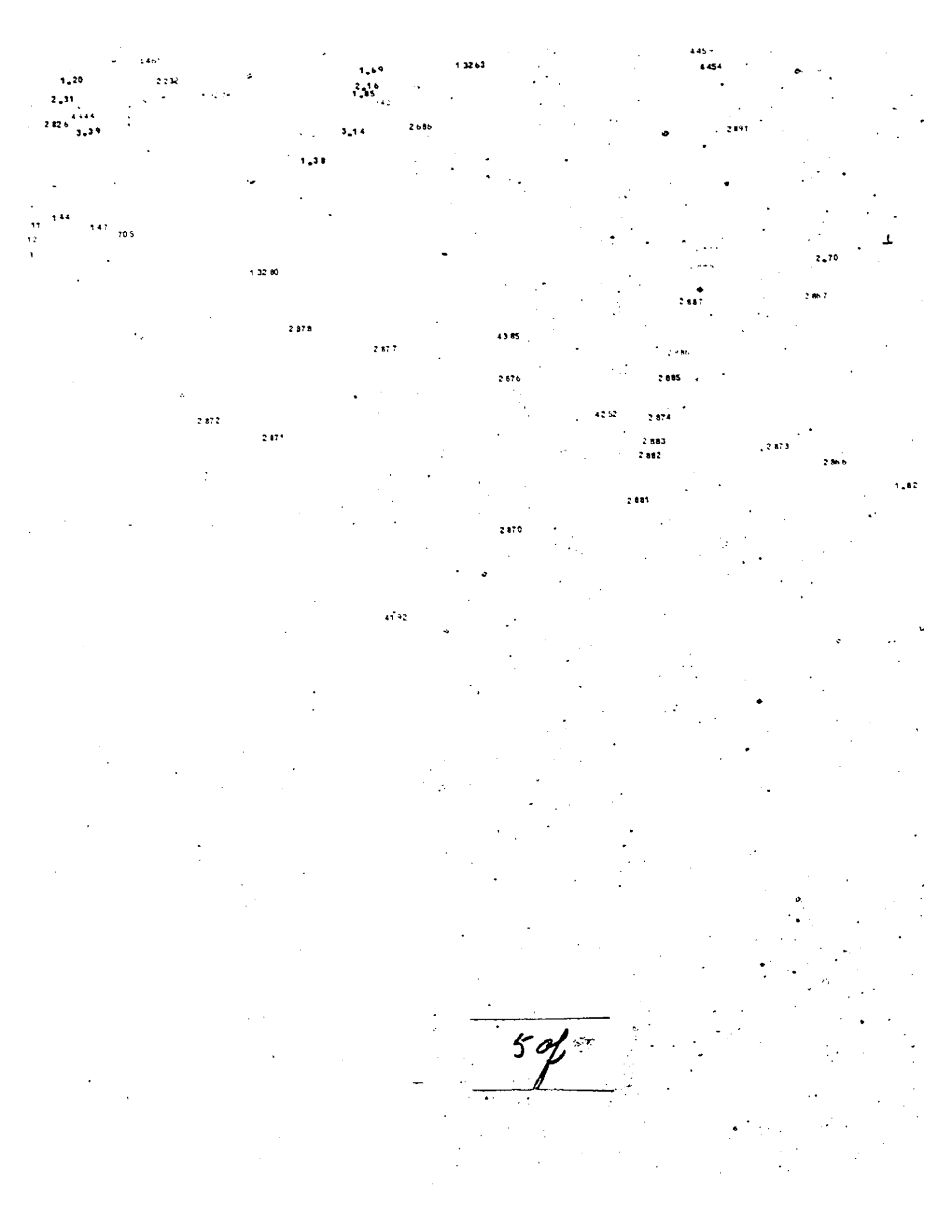
1 MILLES

F. J. MORIN

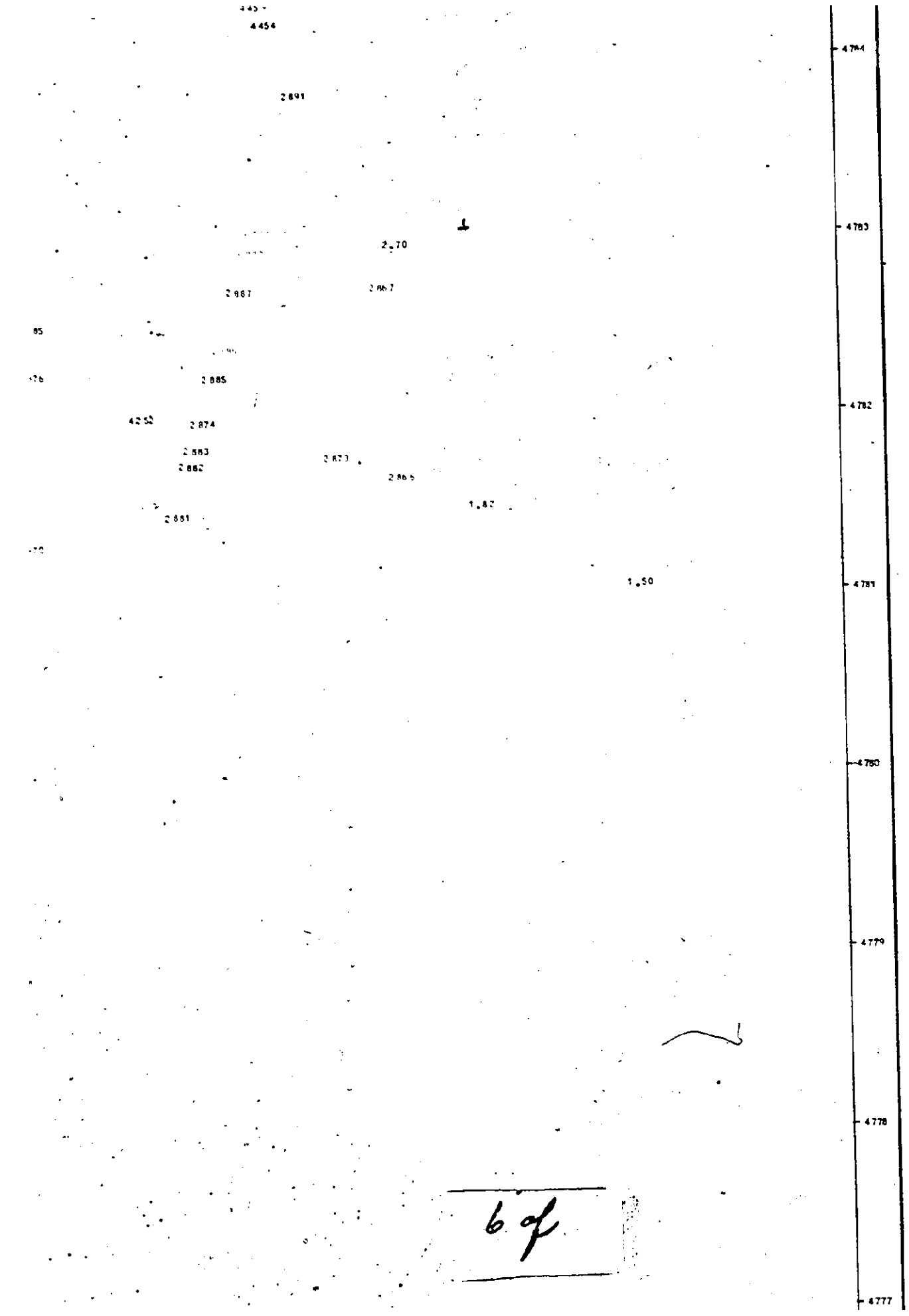


3 of

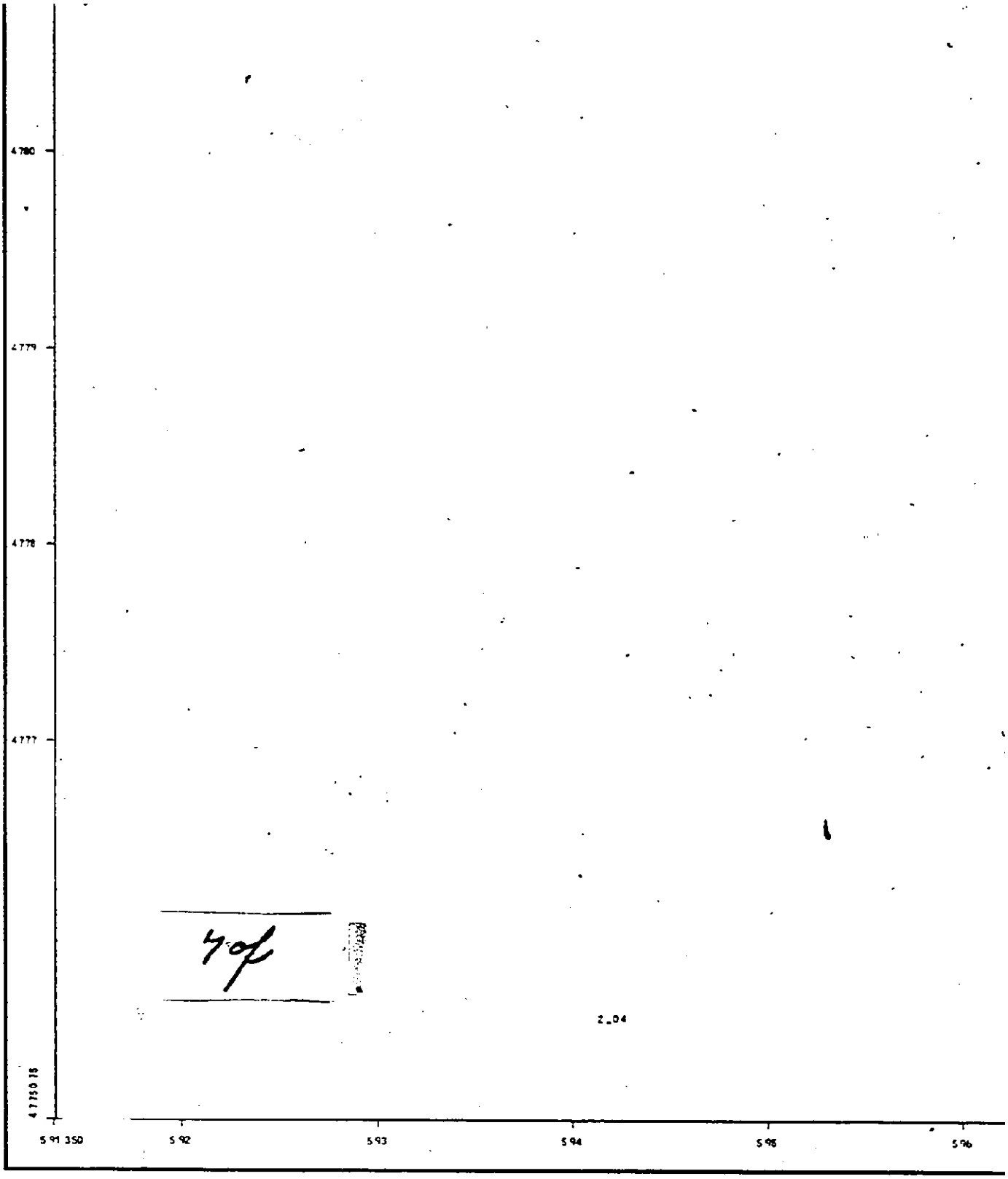

4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778
2.41
2.55
2.11
1.50
2825
1.20
2.31
2826
3.39
1.38
163
164
165
166
167
168
169
144
111
112
113
114
147
705
1.32 80
2878
2872
2871


1.20
2.31
2826
3.39
1.38
1.69
2.16
1.85
3.14
2686
13263
6454
2891
2.70
2887
2867
1.82
1.44
1.47
705
13280
2878
2877
4385
2676
2885
2872
2871
4252
2874
2883
2882
2873
2886
2881
2870
4192

5 of


4454
2891
2,70
2867
2885
4252
2874
2883
2882
2873
2865
1,82
2881
1,50
4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778
4777

6 of



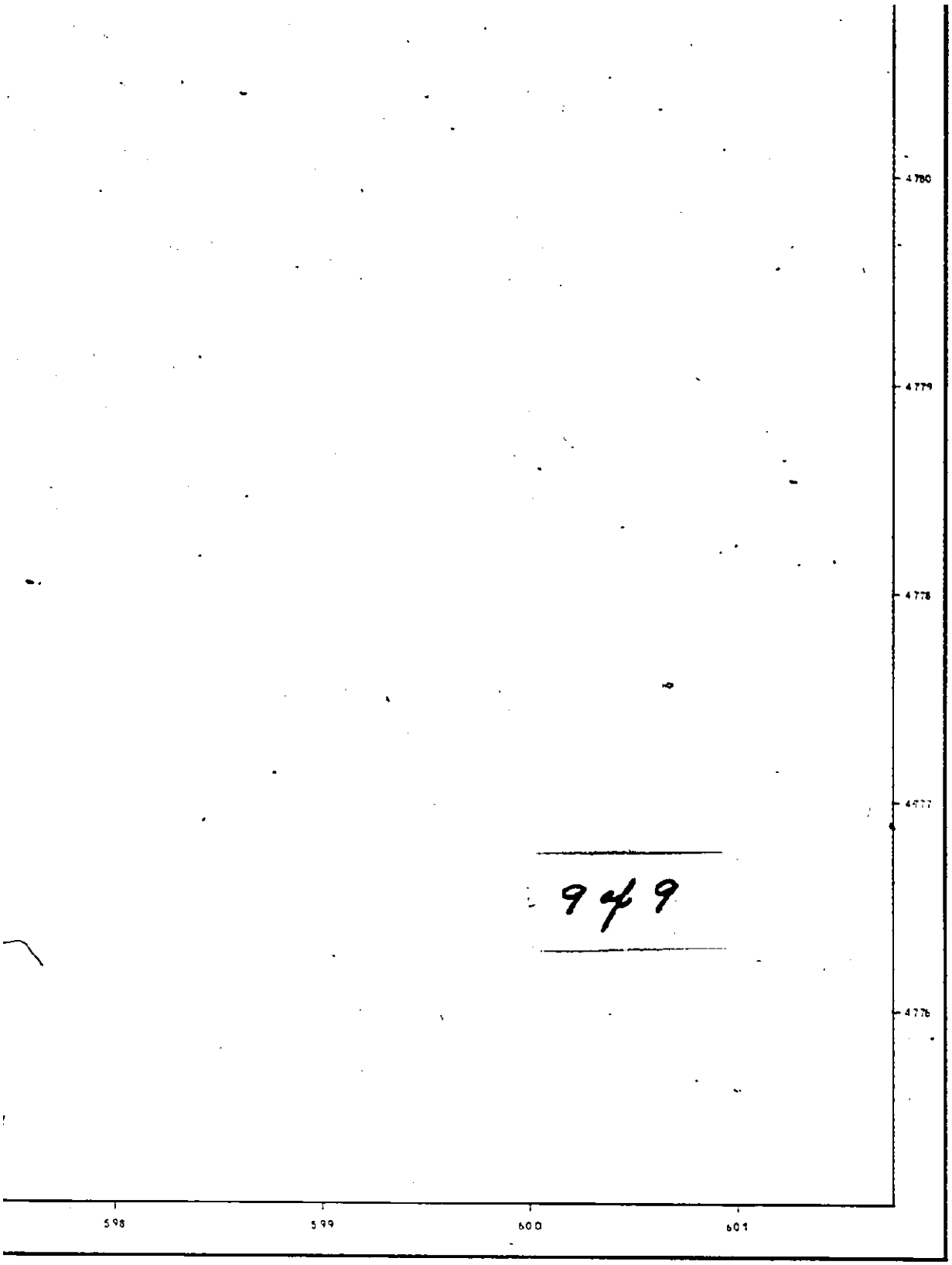
PLOT NO. . 1, JOB .HP510, ;, JOB LL7510,

8 of

2_04

4 595 596 597 598 599

OPER



949

OPERATOR'S INSTRUCTIONS

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

pp. 424-426 Figures No: 9-4, 9-5
Voir Légende p: 423.

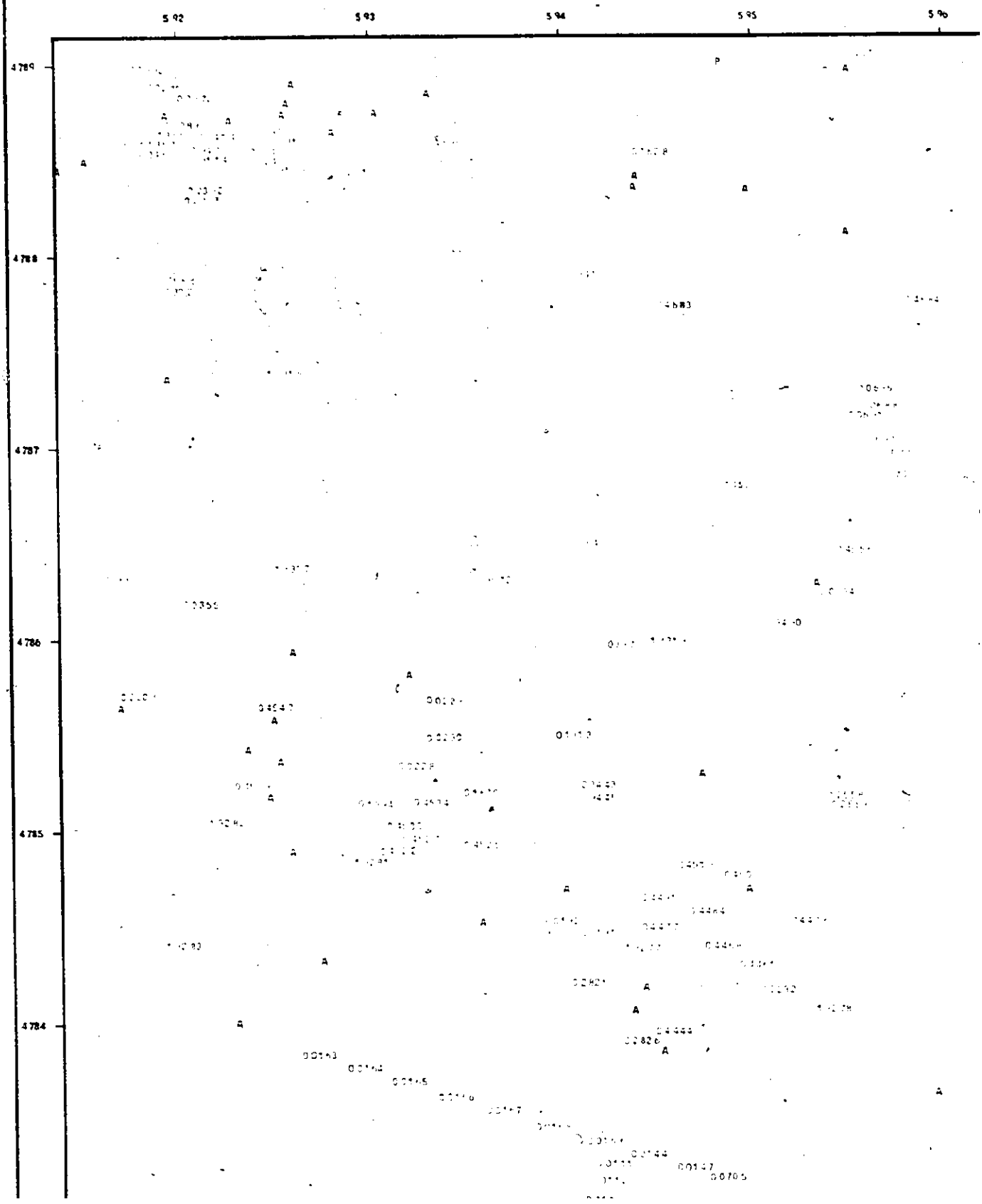
URBAN GEOLOGY - HAMILT

FIRST APPRAISAL OF SIT

MILES 1

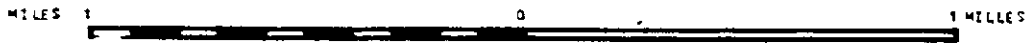
SCALE

NTS 30M/4f

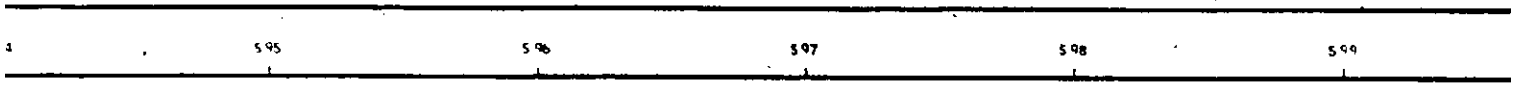


?BAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

FIRST APPRAISAL ØF SITES - PREMIERE EVALURTIØN DE SITES



SCALE 1= 25000 ECHELLE



2 of

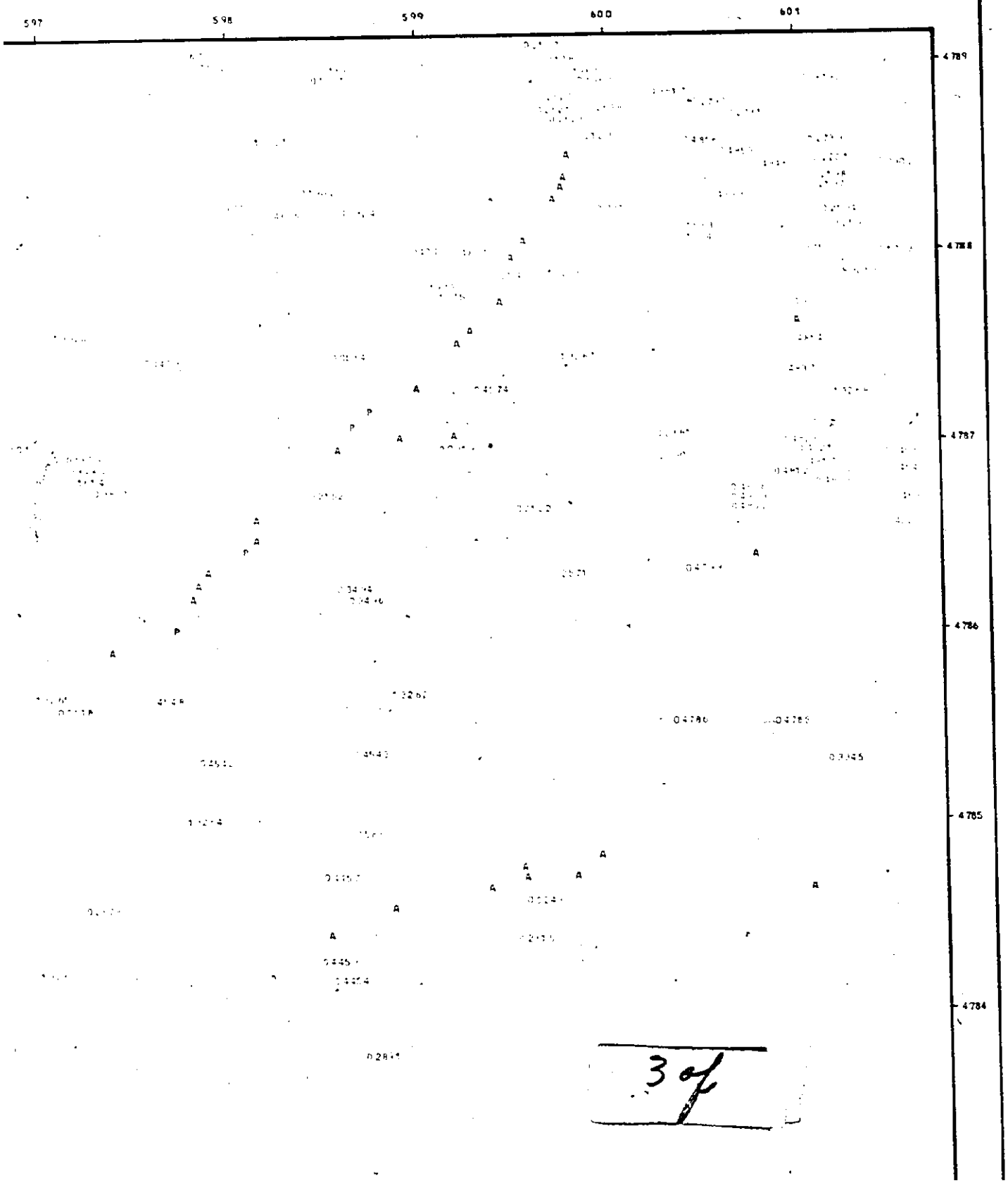
. – GEØLØGIE URBAINE

IERE EVALUATIØN DE SITES

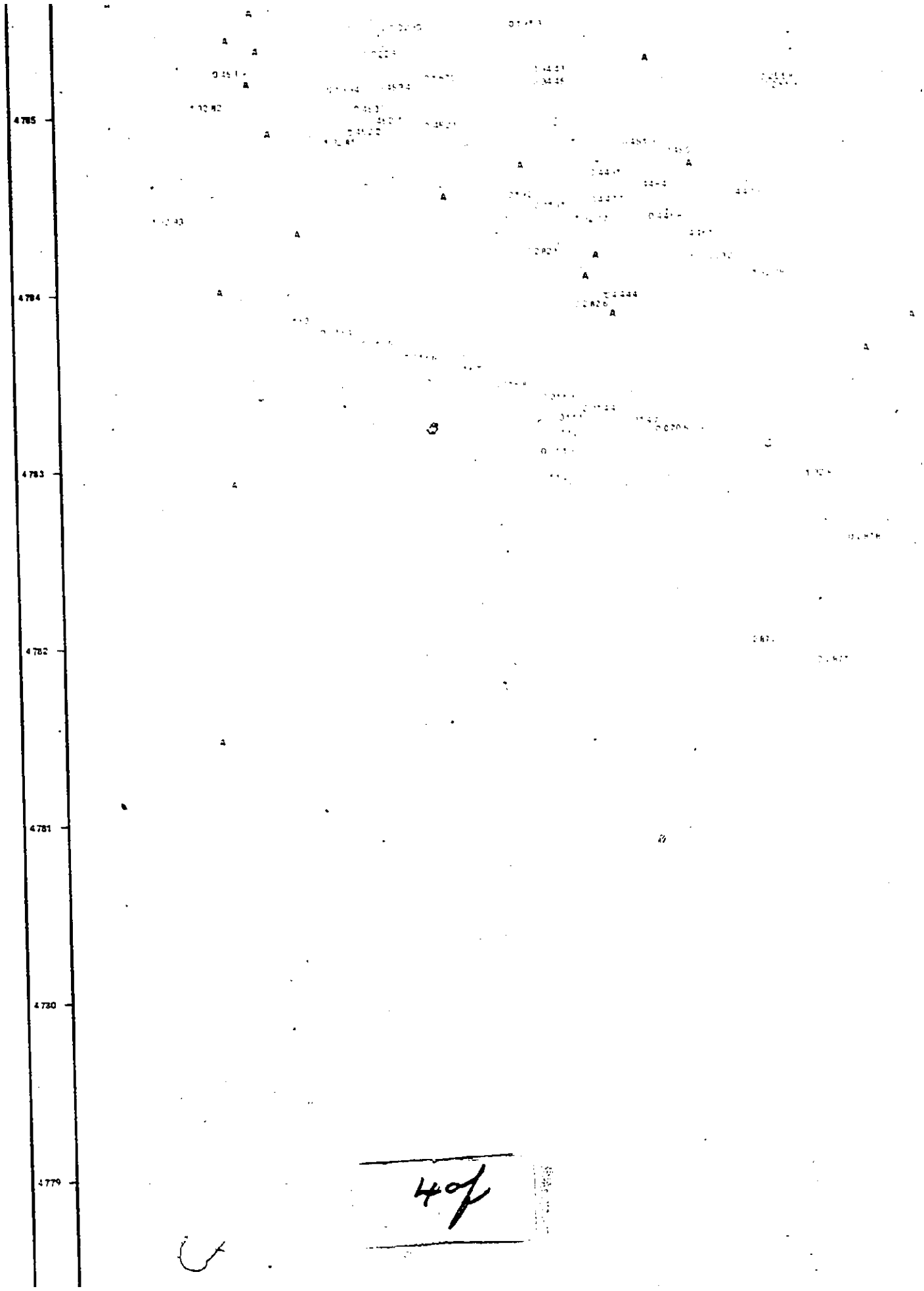
1 MILLES

ECHELLE

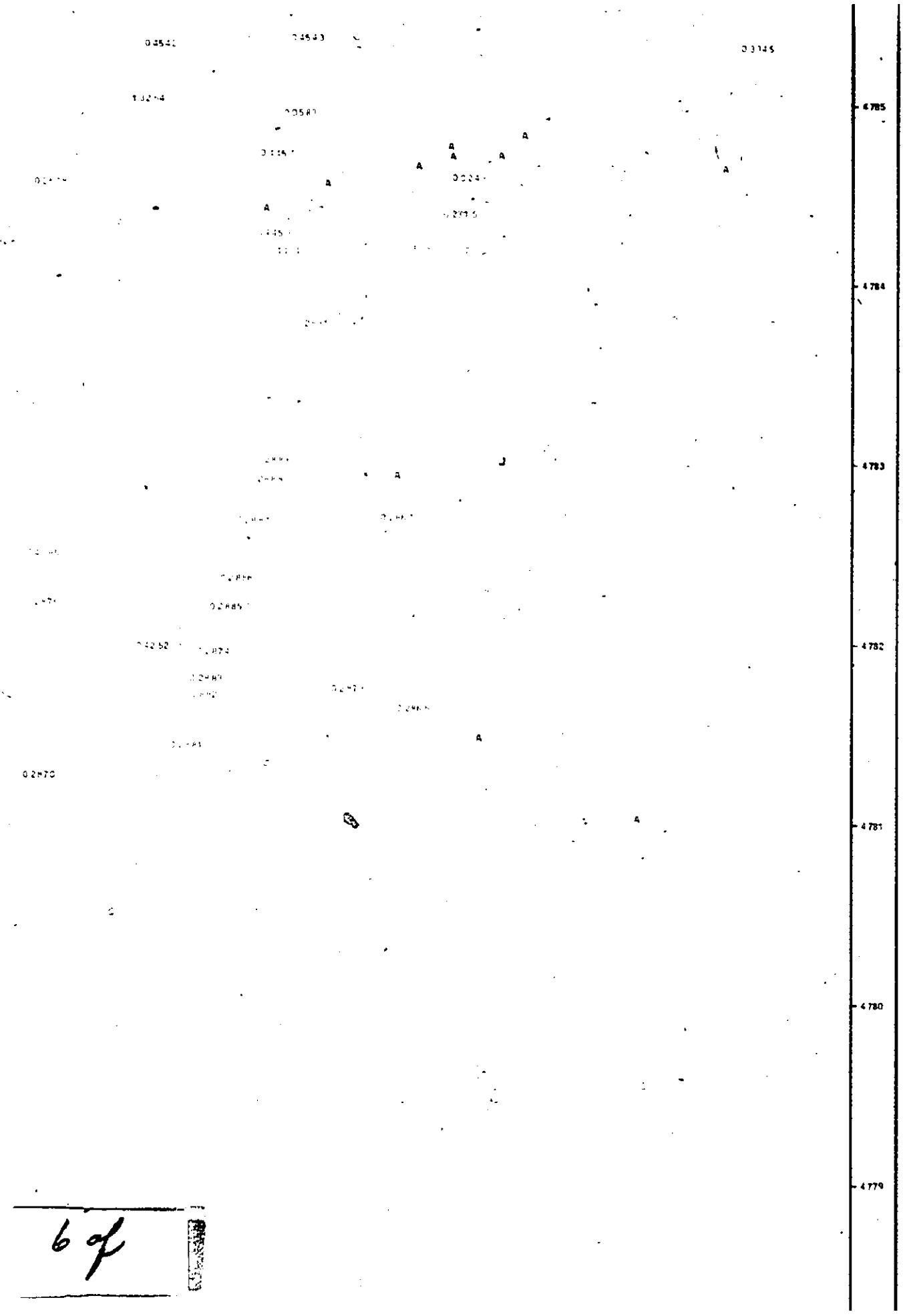
F. J. MORIN



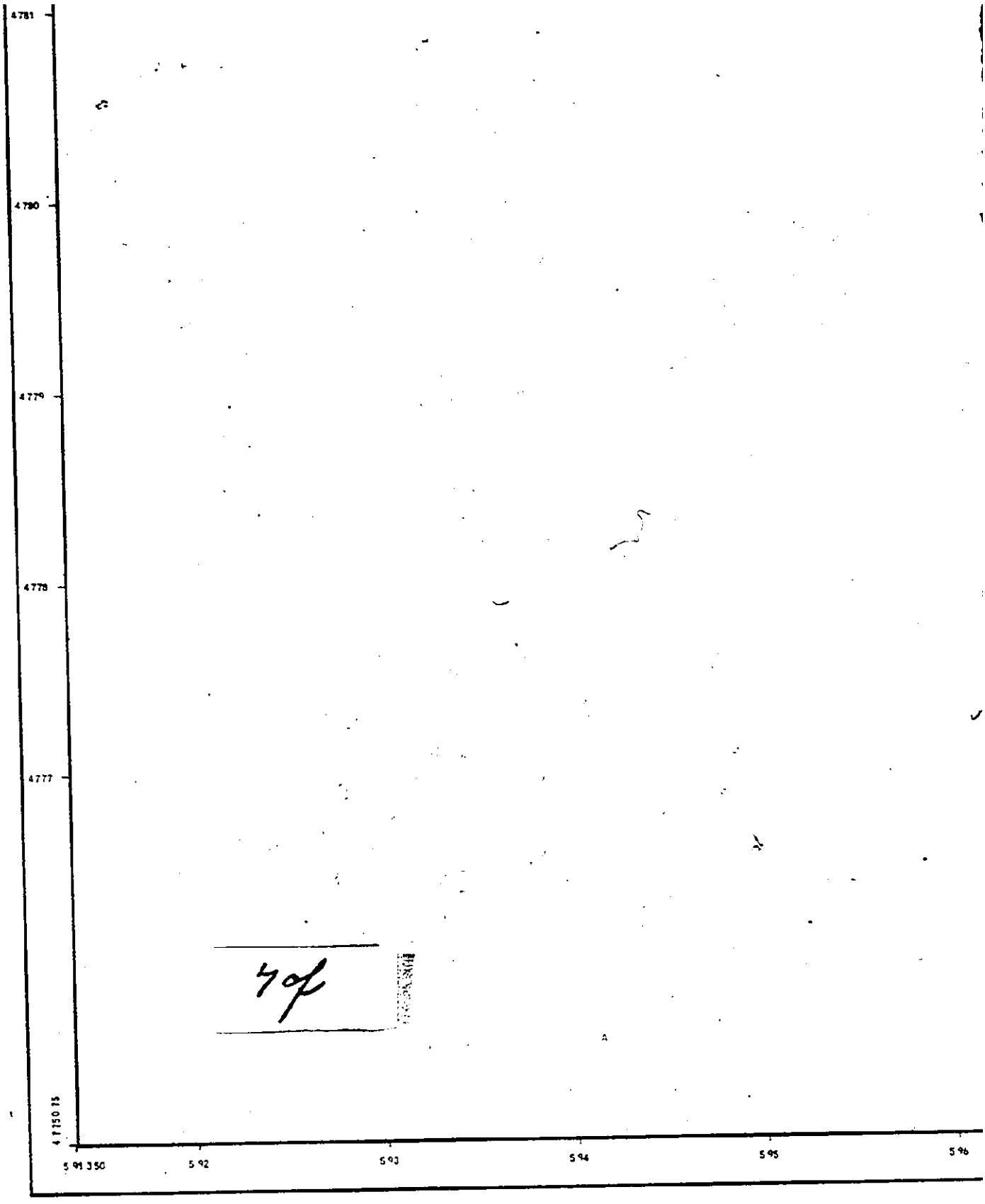
3 of



407



6 of



4 of

RIB=BLACK

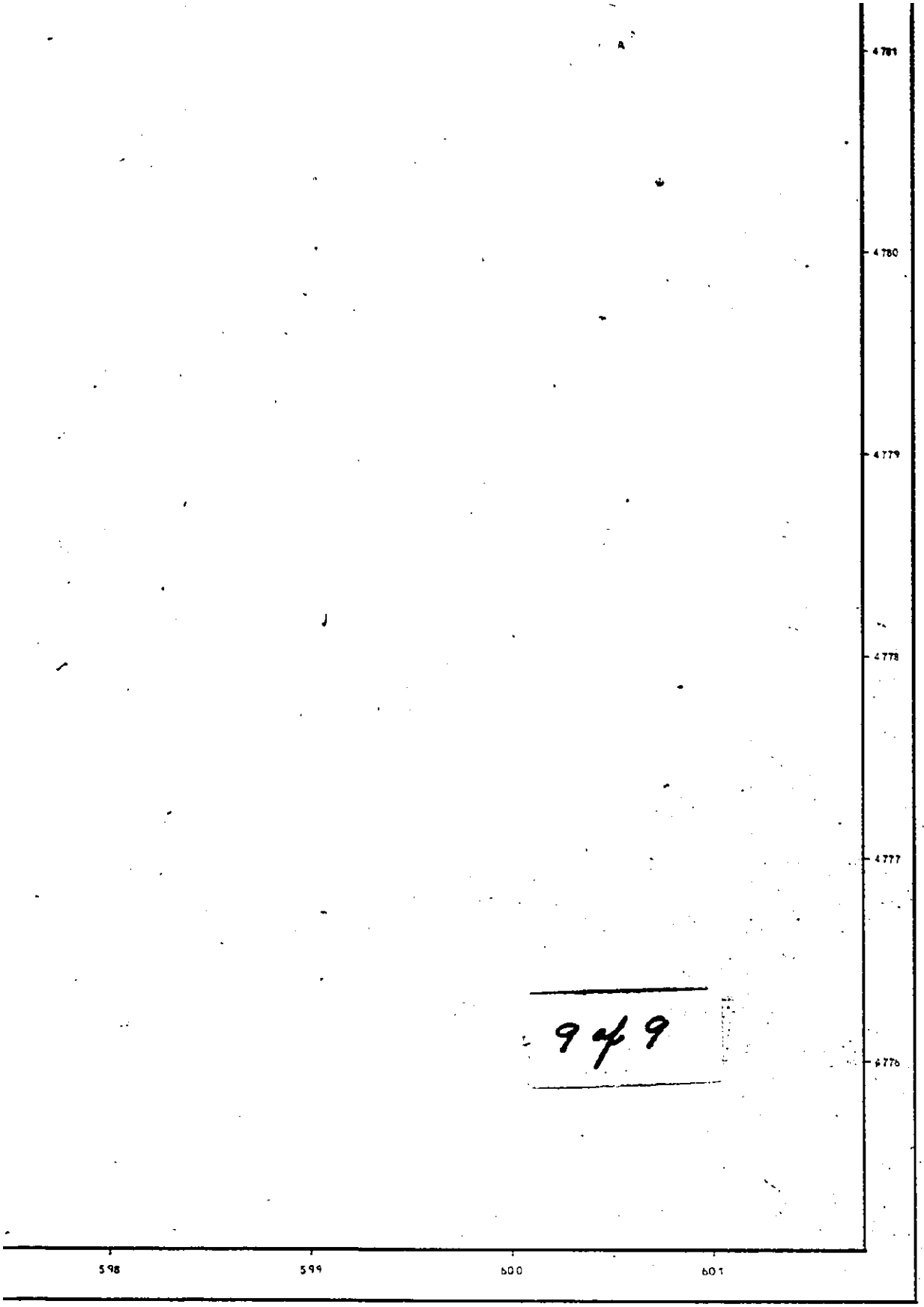
RIB=RED

PLOT NO. 1, JOB LHL063, 1, JOB LHL063,

8 of

595 596 597 598 599

OPERA



949

OPERATOR'S INSTRUCTIONS

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
P.p. 412 - 414 Figures No: 9-1 et 9-2

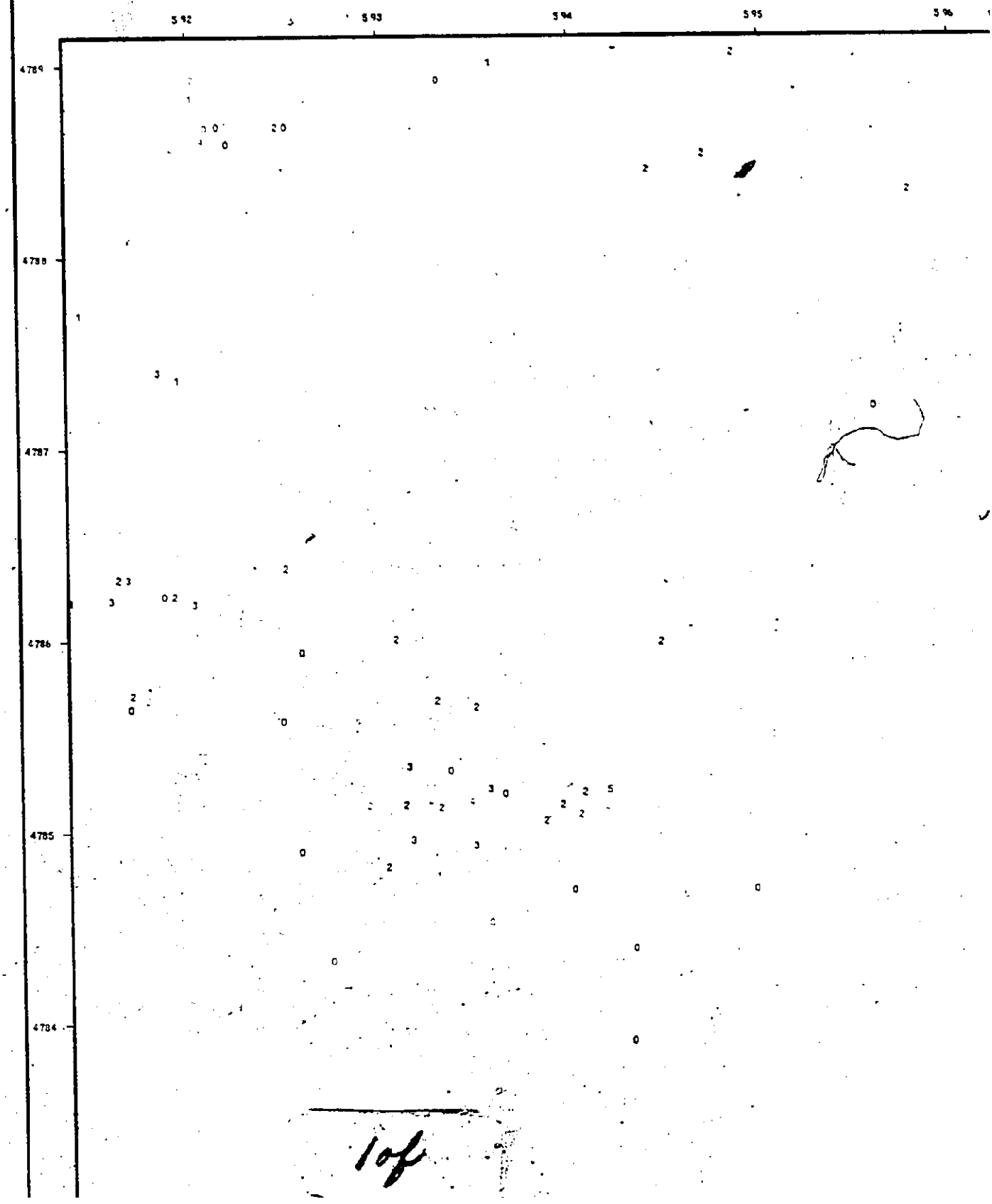
URBAN GEØLØGY - HAMILT

SHEAR STRENGTH (ESTIMATE) -

MILES 1

SCALE

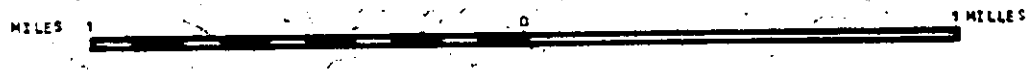
NTS 30M/4f



1 of

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

SHEAR STRENGTH (ESTIMATE) - RESISTANCE AU CISAILLEMENT (EVALUATIØN)



SCALE 1= 25000 ECHELLE.

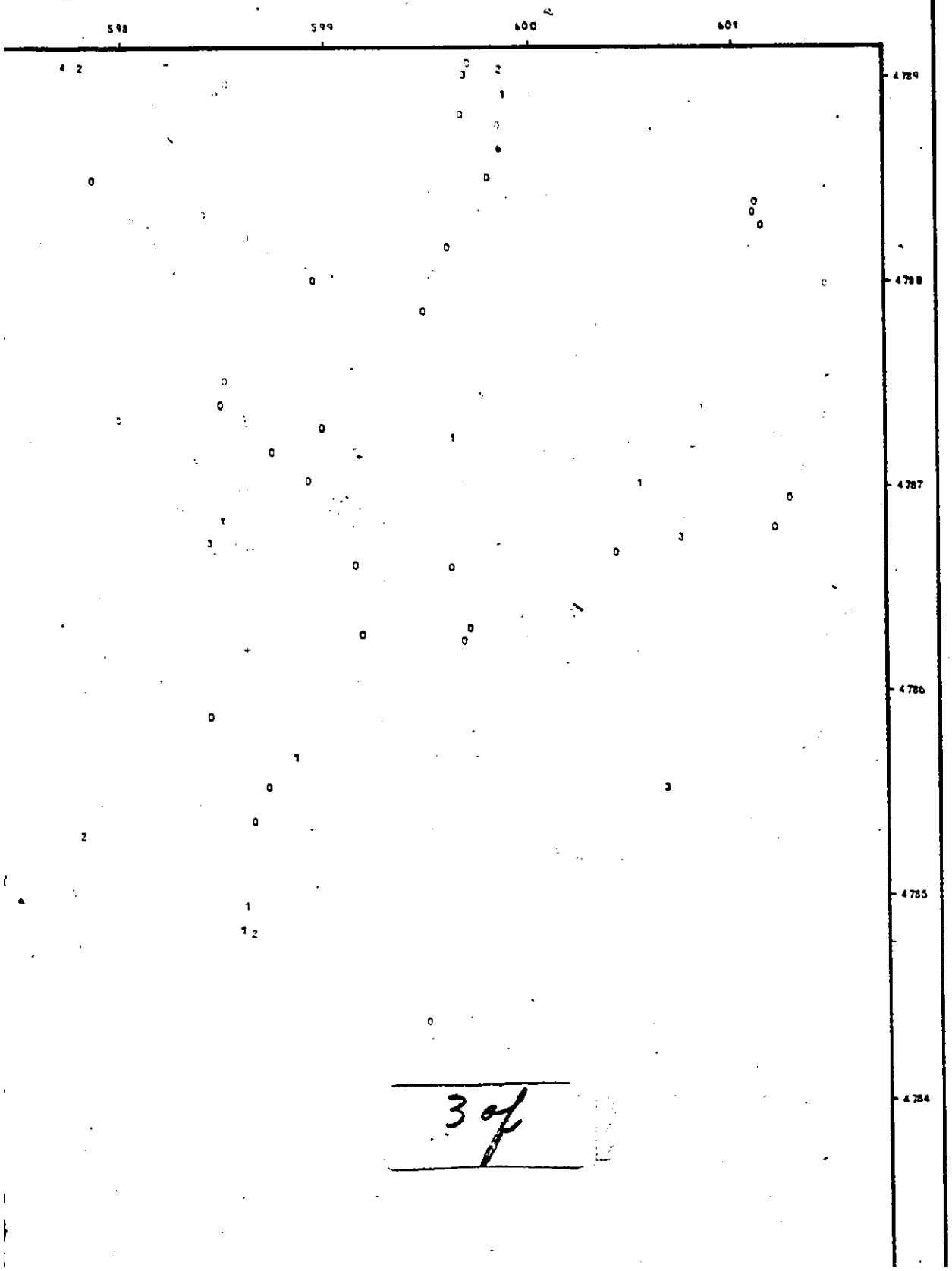
2 of

EØLØGIE URBAINE

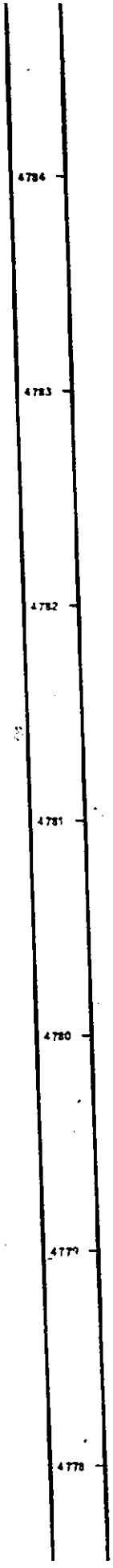
ILLEMENT (EVALUATION)

1 MILLES

F. J. MORIN



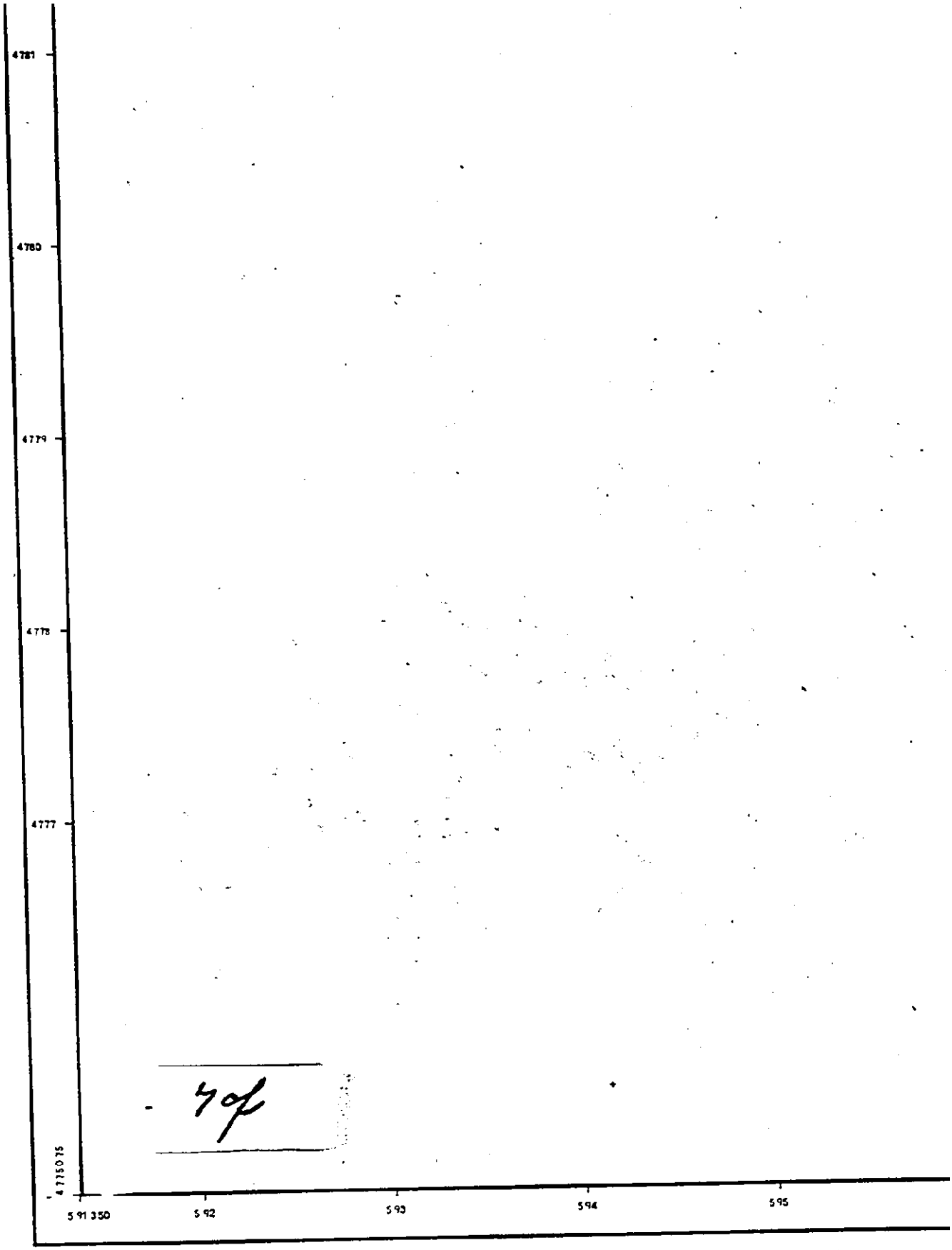
3 of



4 of

5 of

6 of



RIBB=BROWN RIBB=BLUE RIBB=BLACK RIBB=GREEN

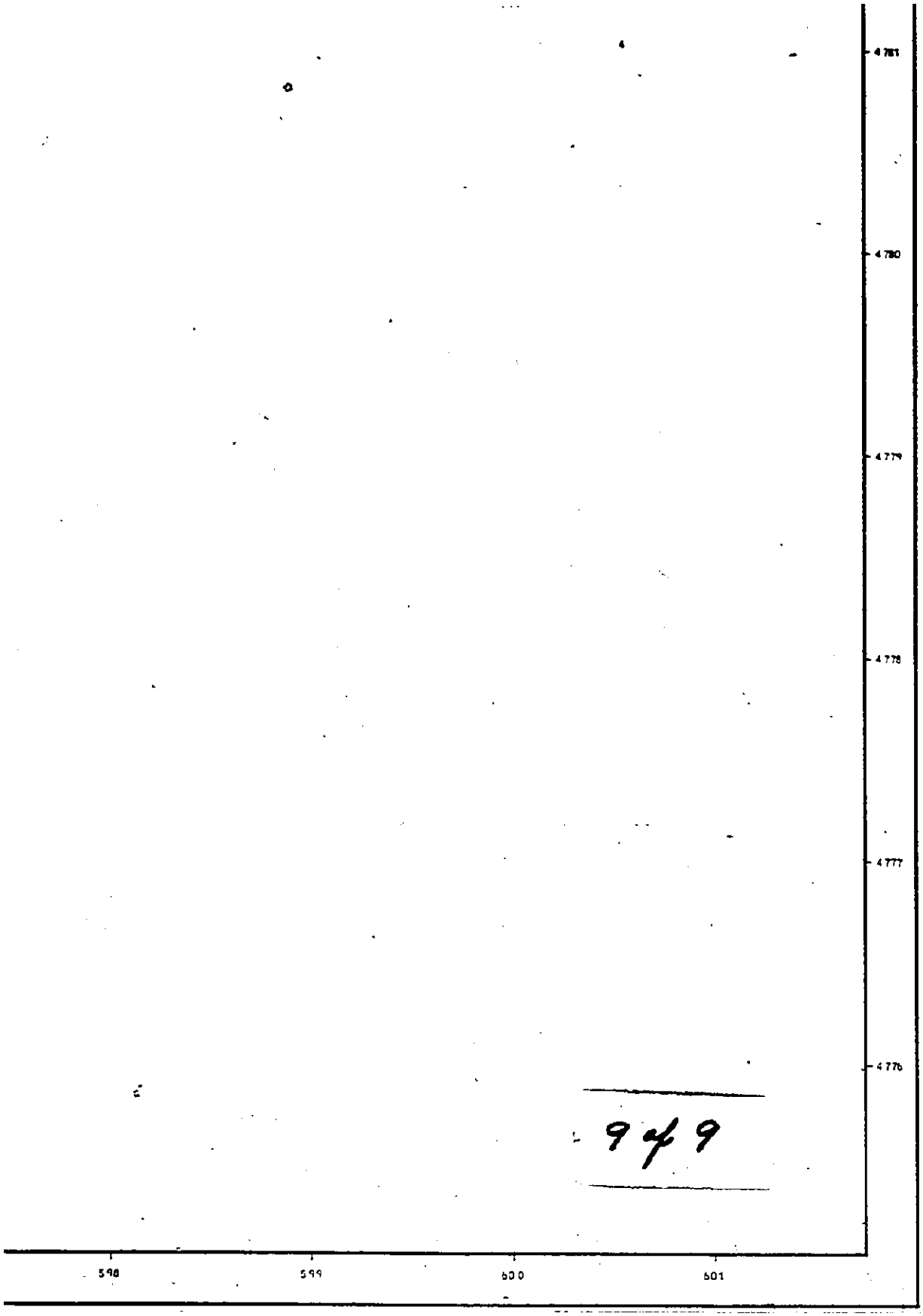
PLOT NO. 1, JOB EYN542, 1, JOB EYN542.

8 of

595 596 597 598 599 600

OPERATOR S I

RIBBEGREEN



949

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
P.p. 397-399 Figures No: 8-5 et 8-6
Voir Légende pp. 395 et 396

OPERATOR S I
DS.4=00,COLOR=BLA

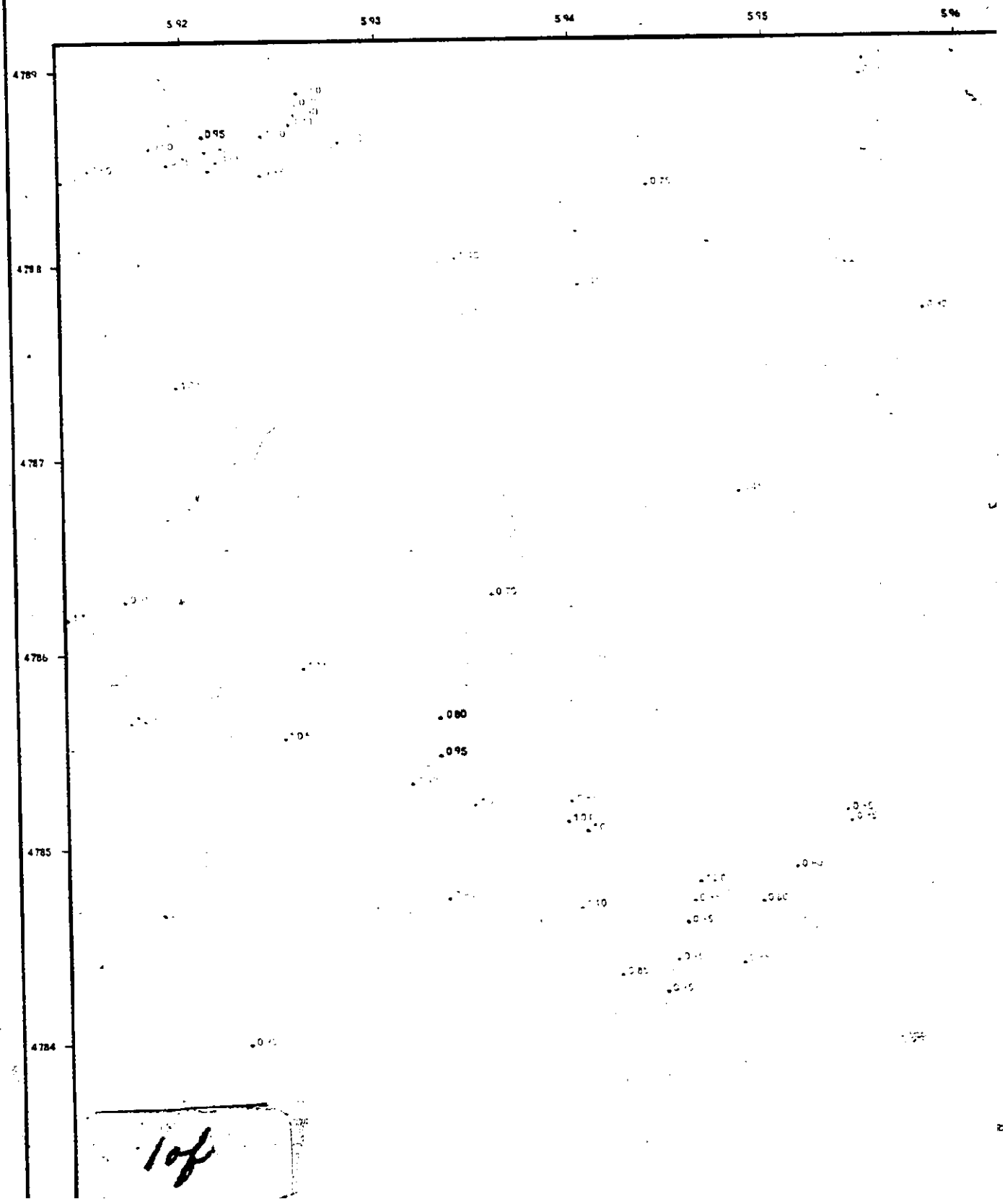
URBAN GEØLØGY - HAMILTI

COMPRESSION RATIØ (DERIVED)

MILES 1

SCALE

NTS 30M/4f



1 of

AN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

COMPRESSIØN RATIØ (DERIVED) - RAPPØRT DE COMPRESSIØN (DERIVATIØN)

MILES 1 0 1 MILLES

SCALE 1= 25000 ECHELLE

595 596 597 598 599

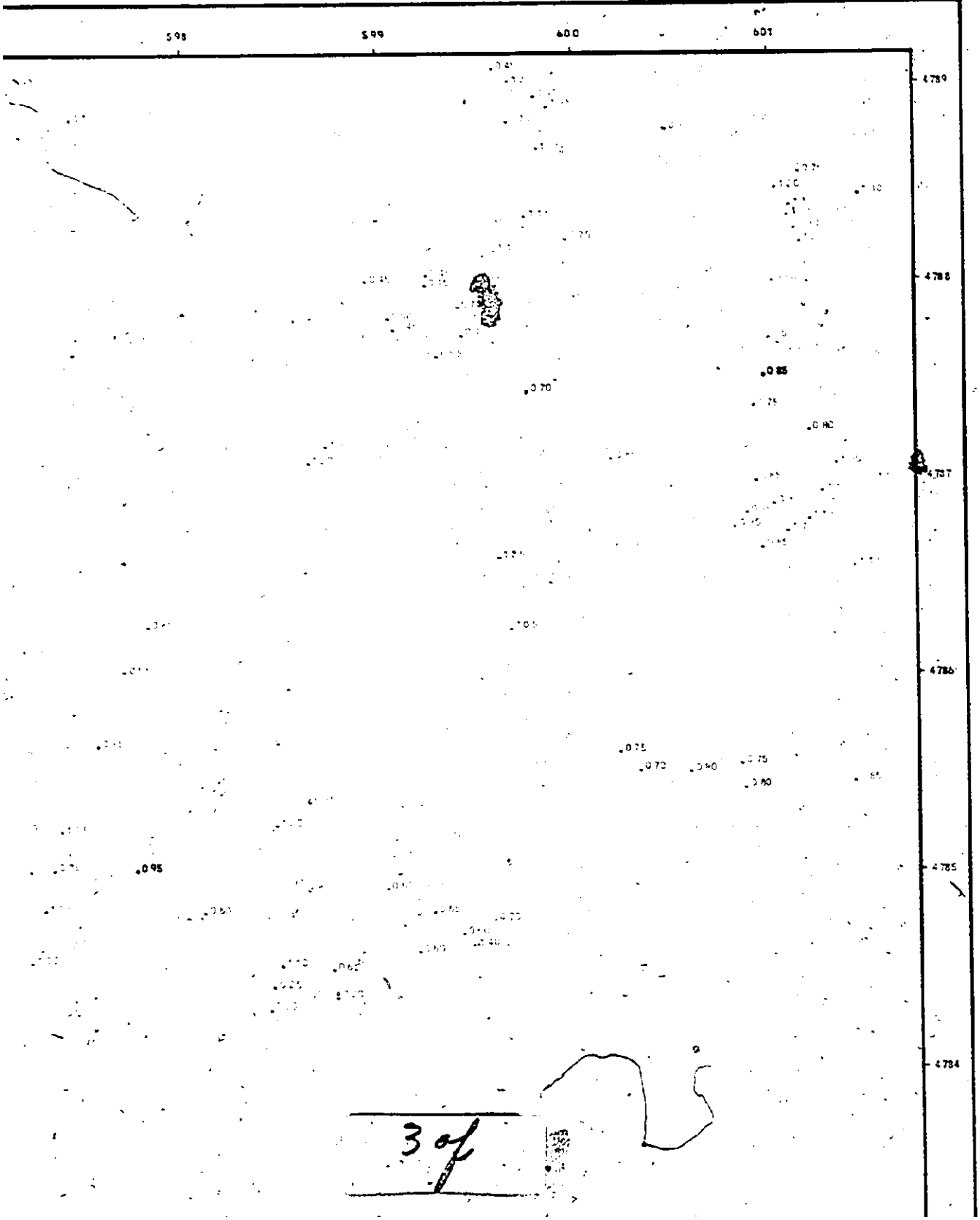
- GEØLØGIE URBAINE

CØMPRESSIØN (DERIVATIØN)

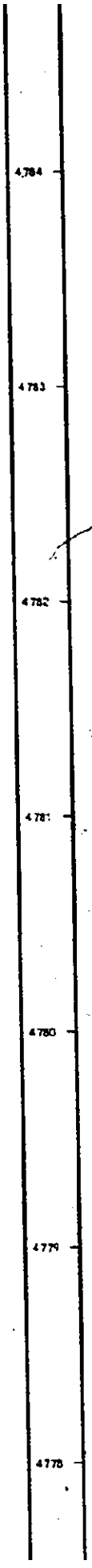
1 MILLES

ELLE

F. J. MORIN

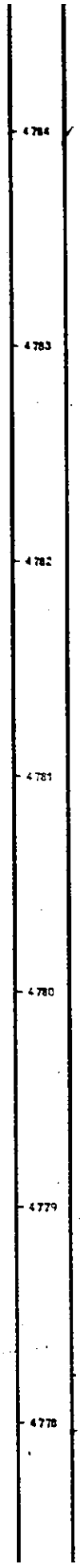


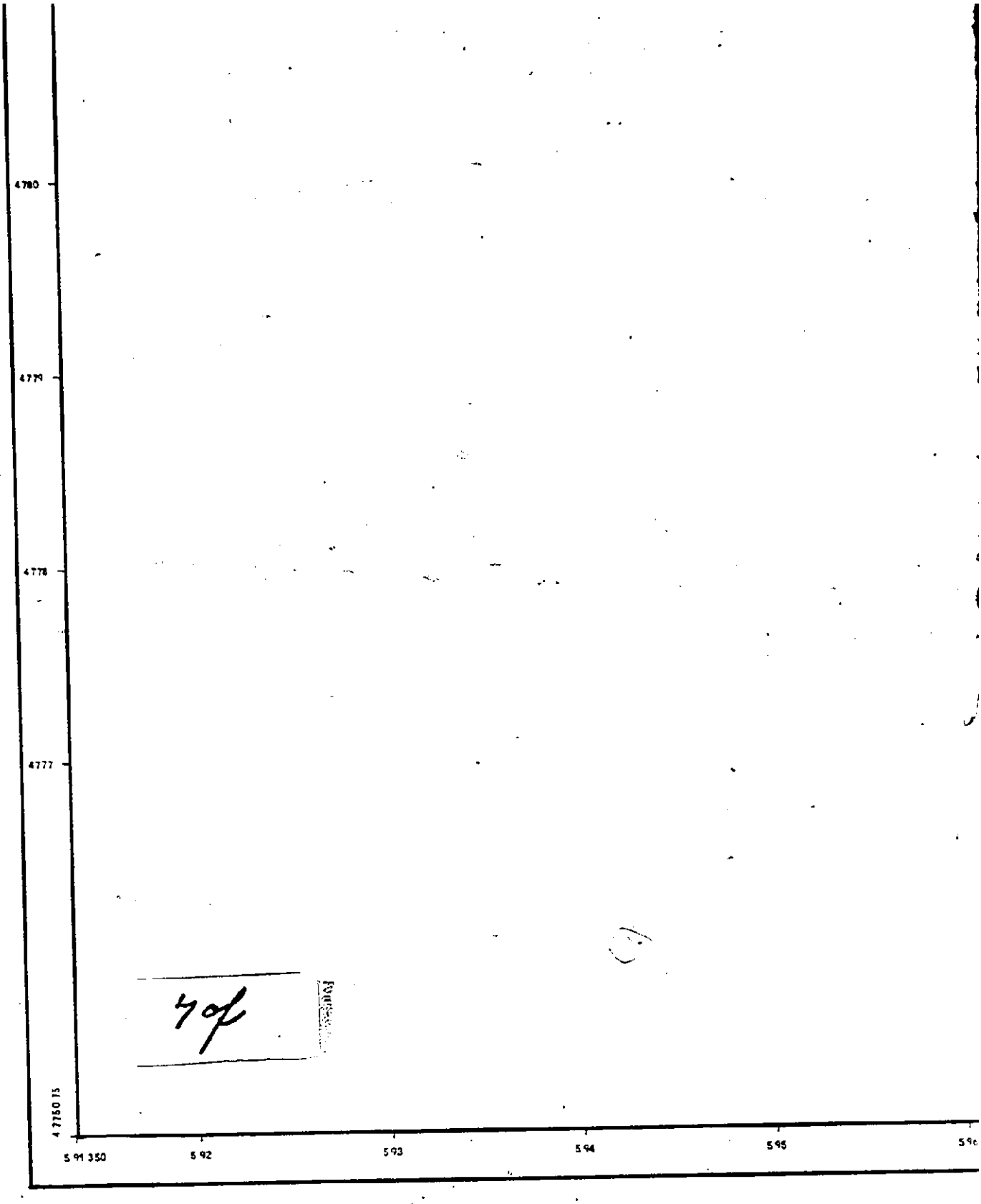
3 of



4 of

5 of


4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778



4of

RIB=BLUE RIB=BLACK RIB=GREEN

PLOT NO. 1. JOB EYQ04. 1. JOL EYQ040.

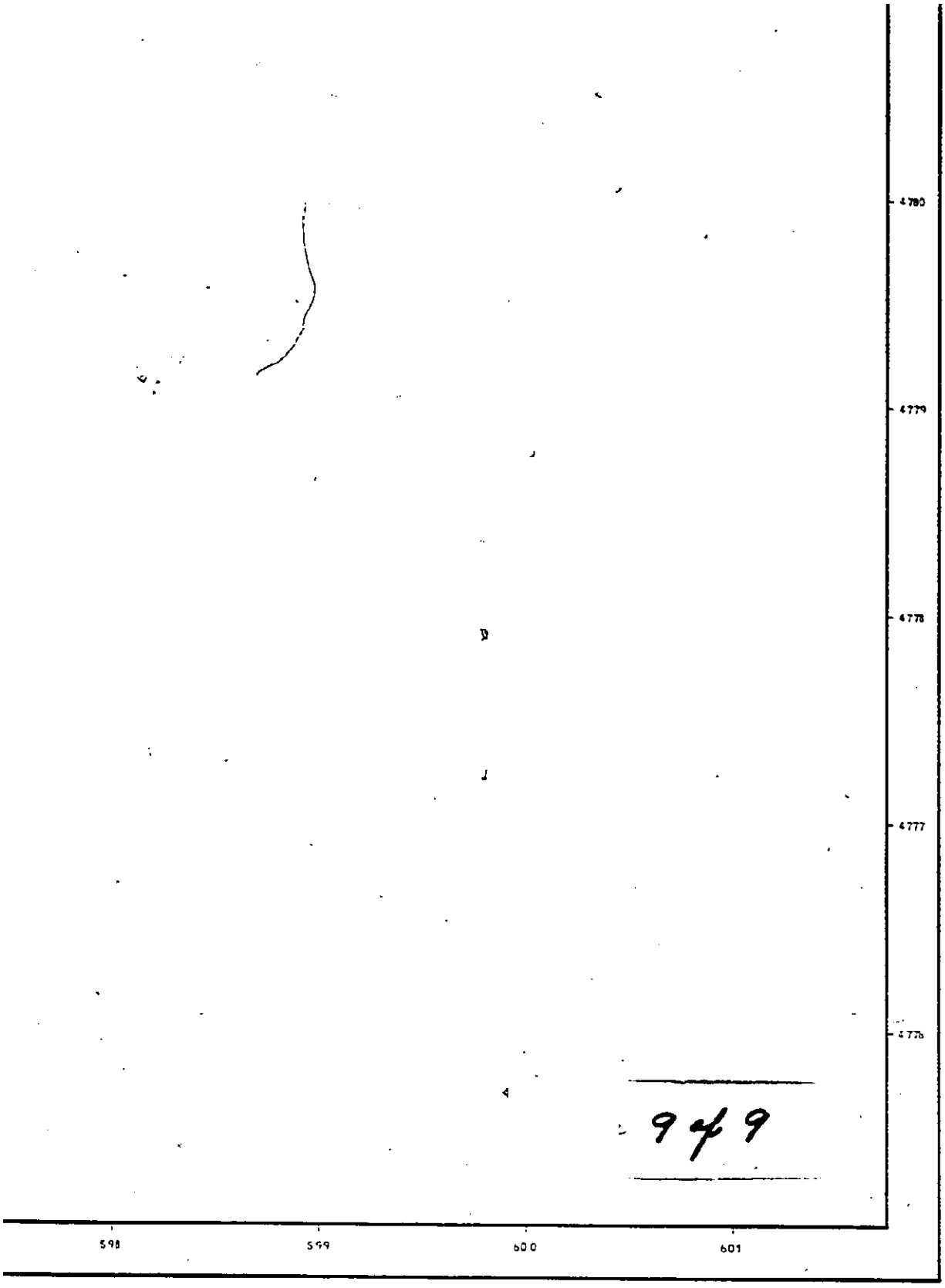
8 of

595 596 597 598 599 600

CHANGE PAPER FOR SEM PLOT

OPERATOR'S INSTR

R EAR



949

OPERATOR'S INSTRUCTI

Carte accompagnant la thèse. Ph.D de F.J.MORIN Univ. d'Ottawa

P.p. 388-390 - Figures No: 8-3 et 8-4
Voir légende p: 387.

COLOR=BLA

URBAN GEØLØGY - HAMILTØ

SATURATED CBR (DERIVE

MILES 1

SCALE

NTS 30M/4f

592 593 594 595 596

4788 4787 4786 4785 4784

.985

5.243

1.975

2.080

1 of

BAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

SATURATED CBR (DERIVED) - CBR SATURE (DERIVATIØN)

SCALE 1= 25000 ECHELLE

595 596 597 598 599

2,080

2 of

[. - GEØLØGIE URBAINE

R SATURE (DERIVATION)

1 MILLES

ECHELLE

F. J. MORIN

597 598 599 600 601

4790

4789

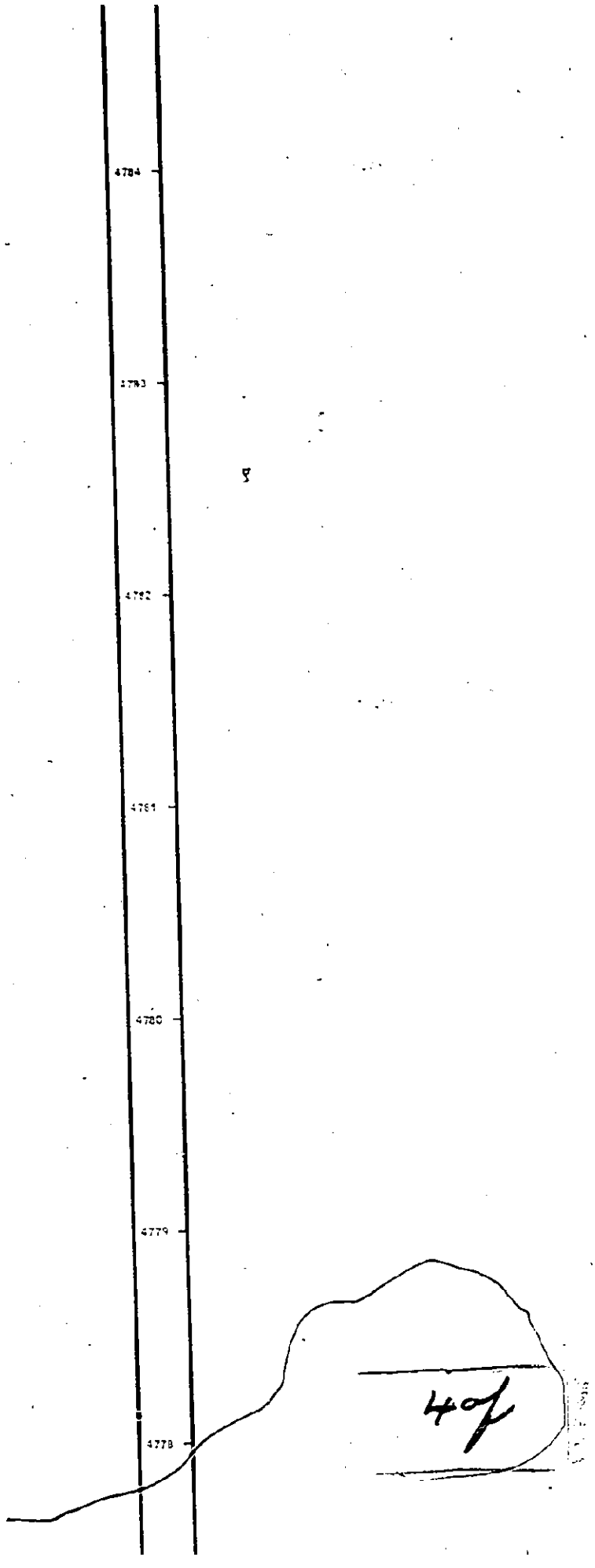
4787

4786

4785

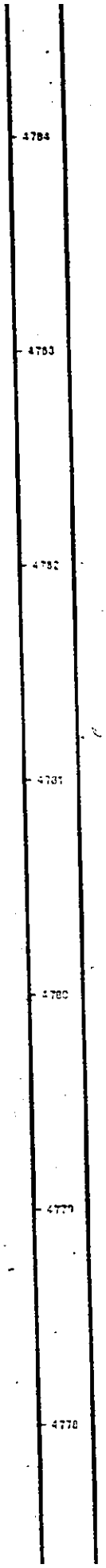
4784

3 of


2,000
4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778
40'

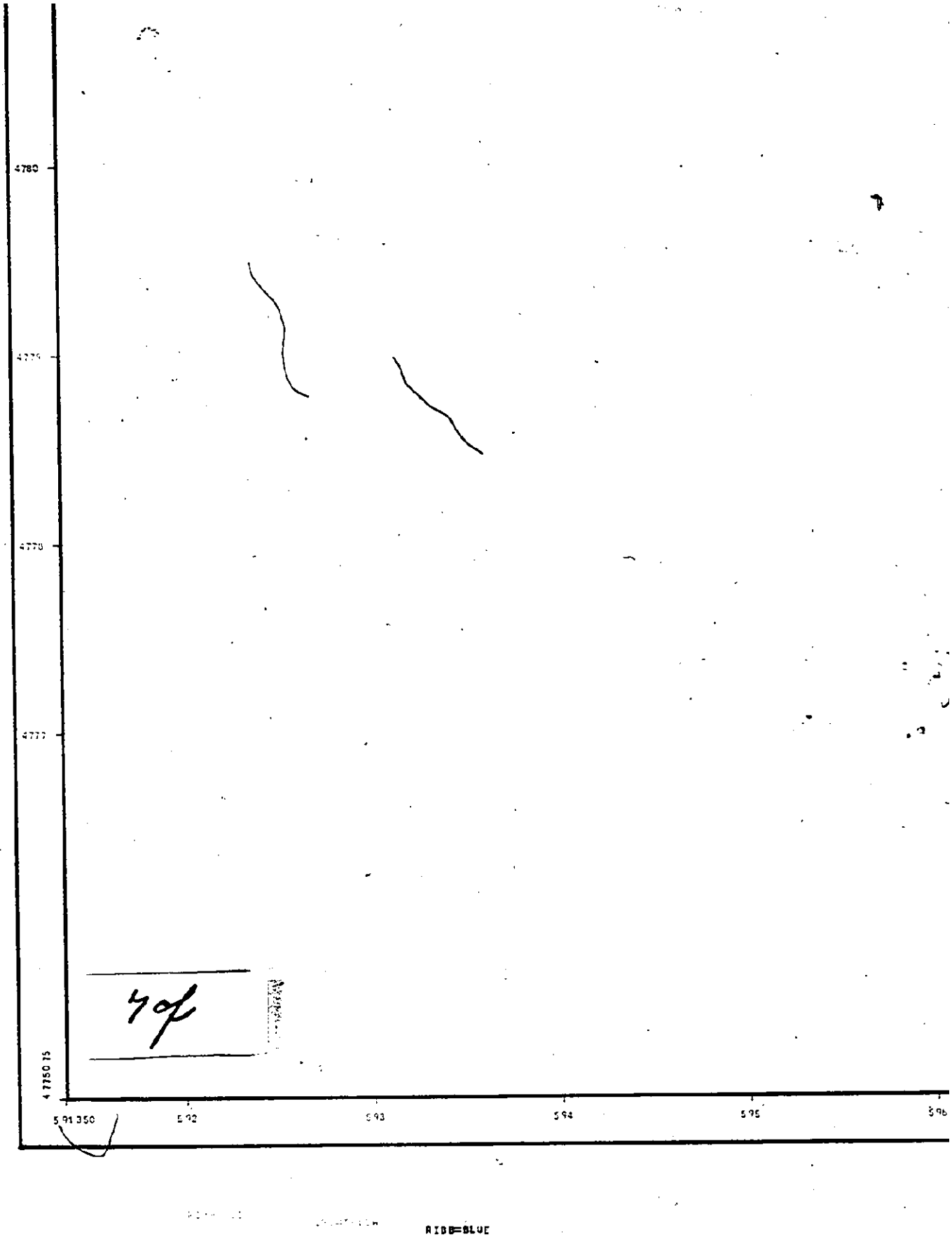
2.080

5 of



2,957

6 of



4 of

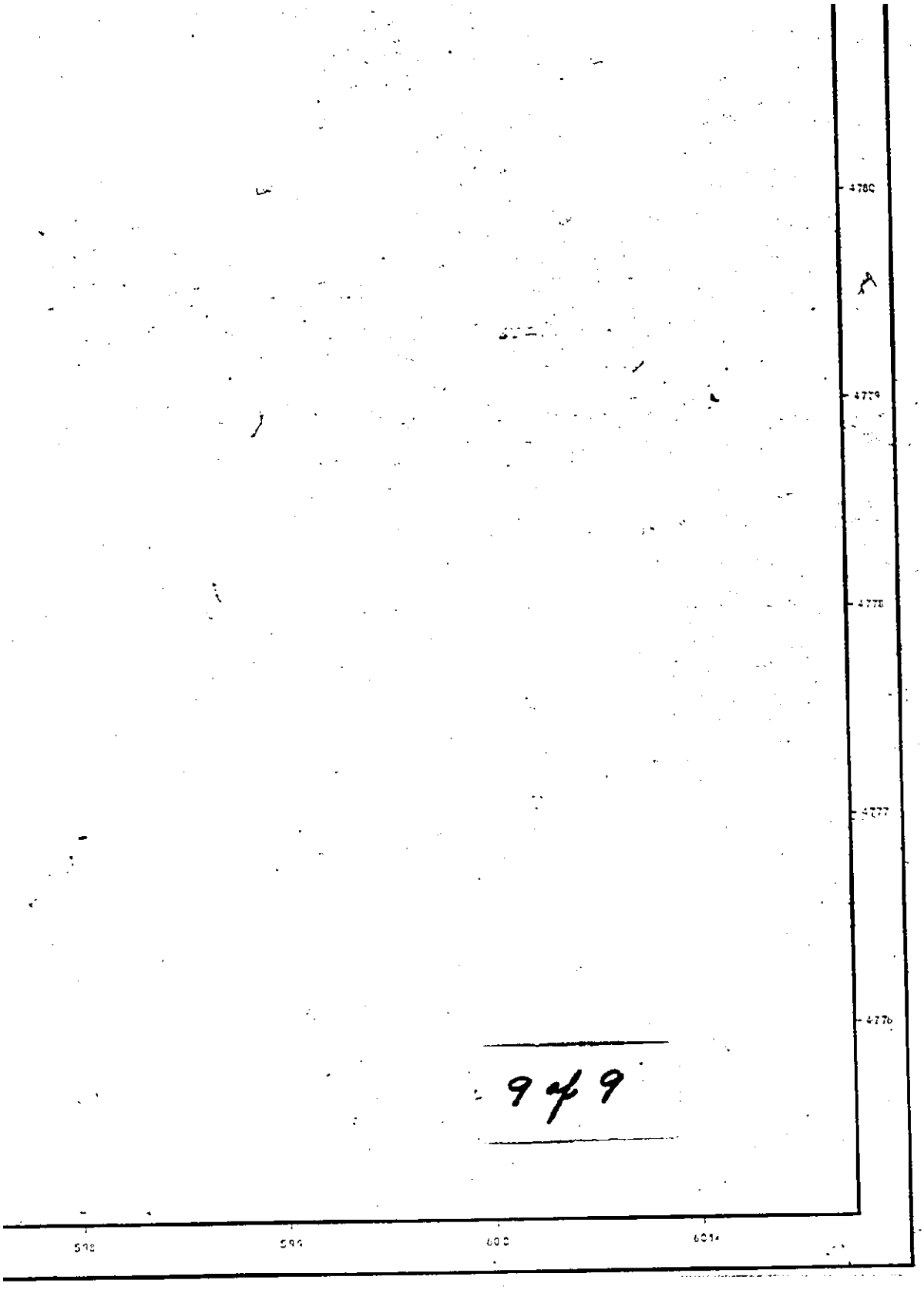
RIBB=BLUE

PLAT NO. 1, JOB EY7613, 1, JOB EY7613,

8 of

595 596 597 598 599 600

OPERATOR S INSTRUCT



999

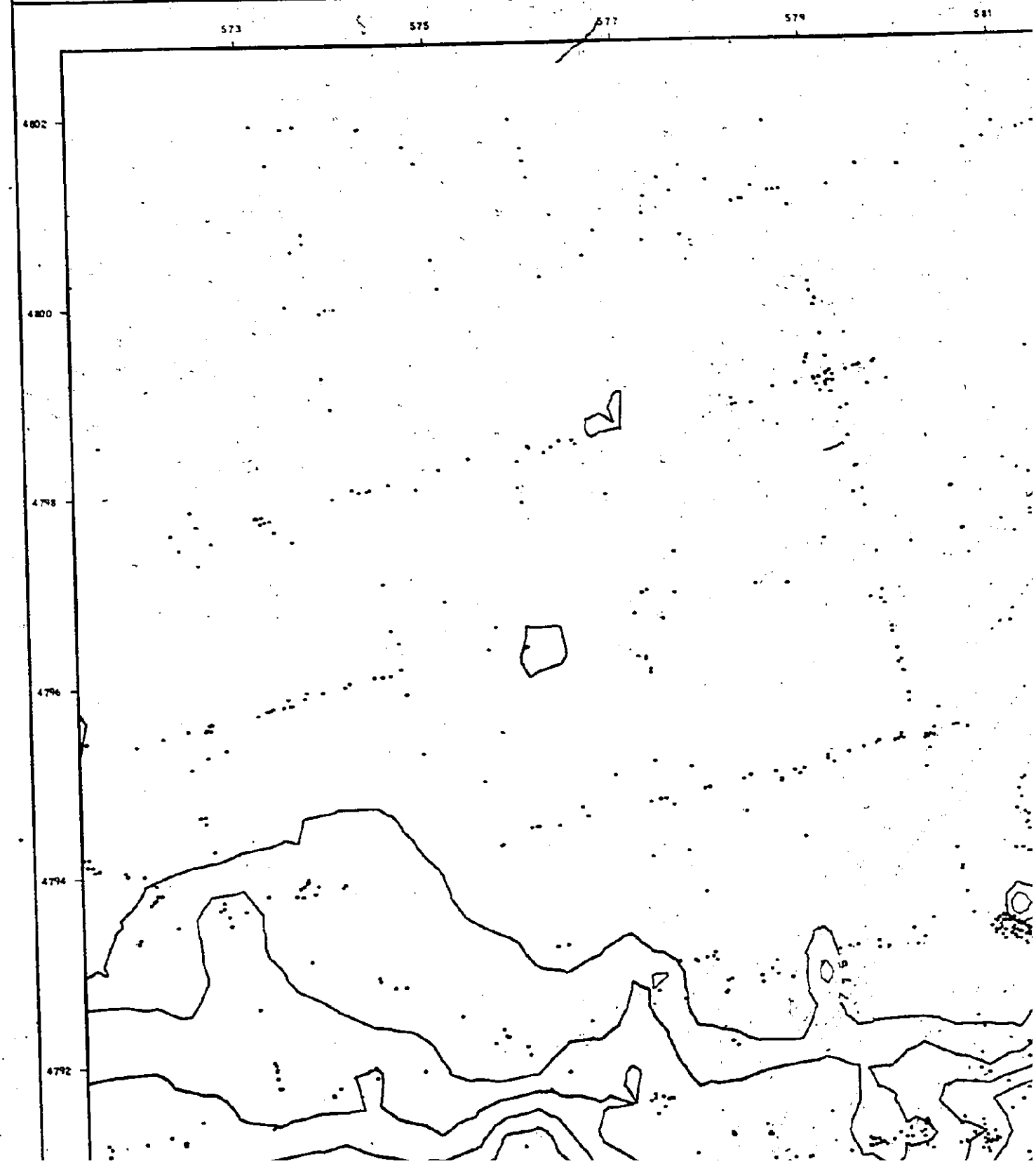
OPERATOR'S INSTRUCTIONS

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
P.p 382-384 Figures No: 8-1 et 8-2
Voir Légende p. 381

UR

14

Computer drawn



URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

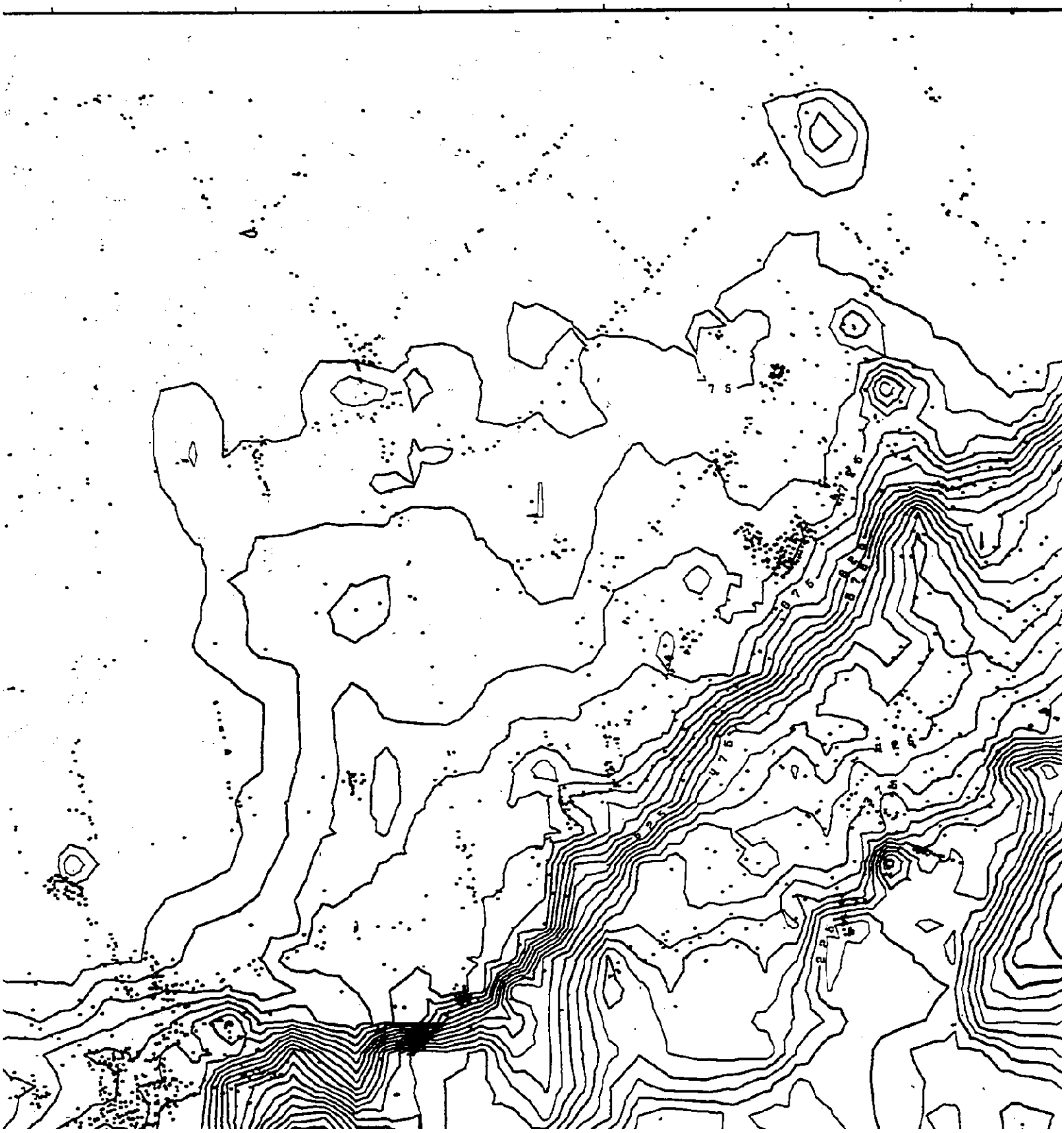
BEDRØCK TØPØGRAPHY - TØPØGRAPHIE DU SØCLE RØCHEUX

2 of

MILES 1 0 1 2 MILES

SCALE 1= 50000 ECHELLE

581 583 585 587 589 591

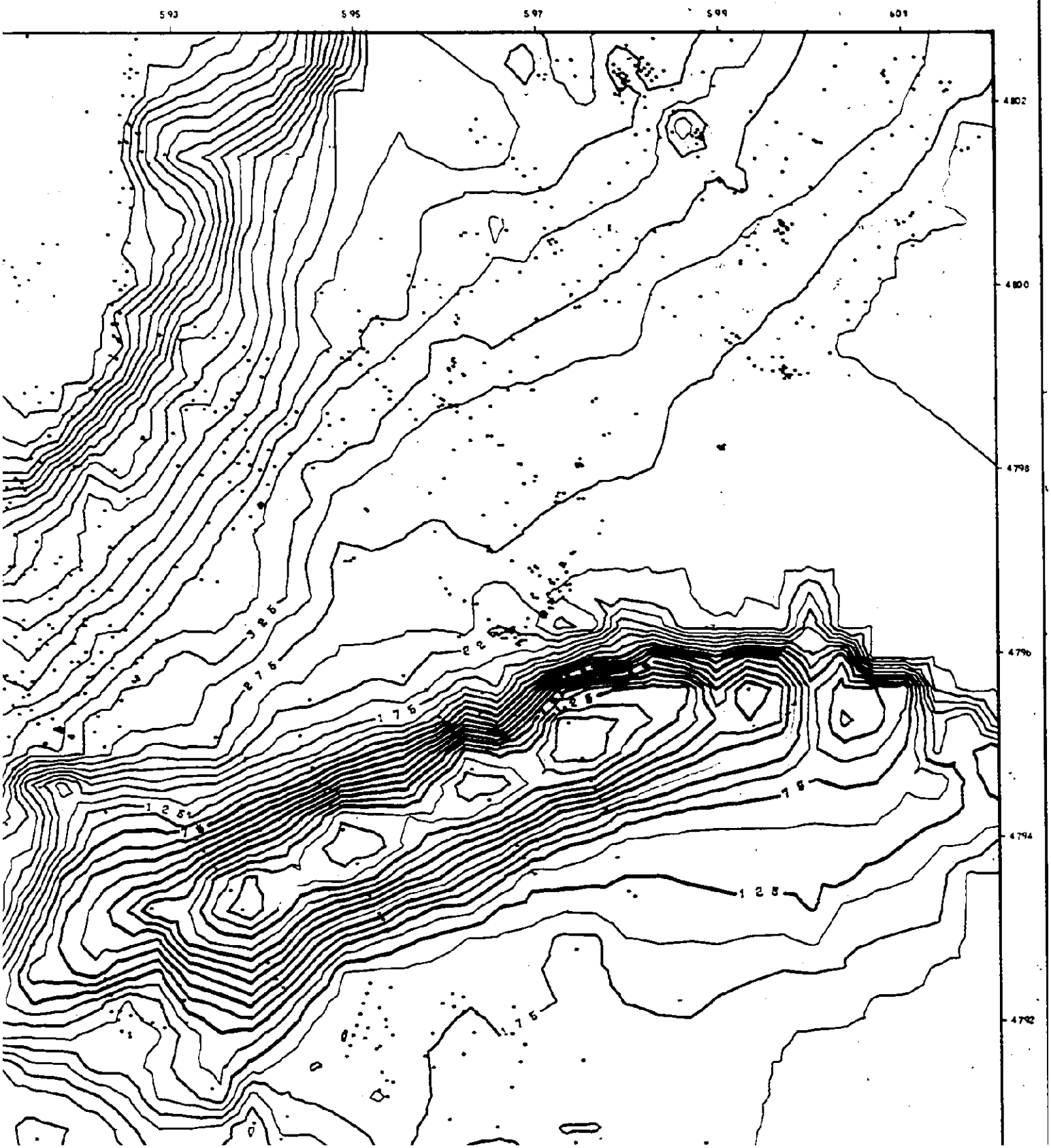


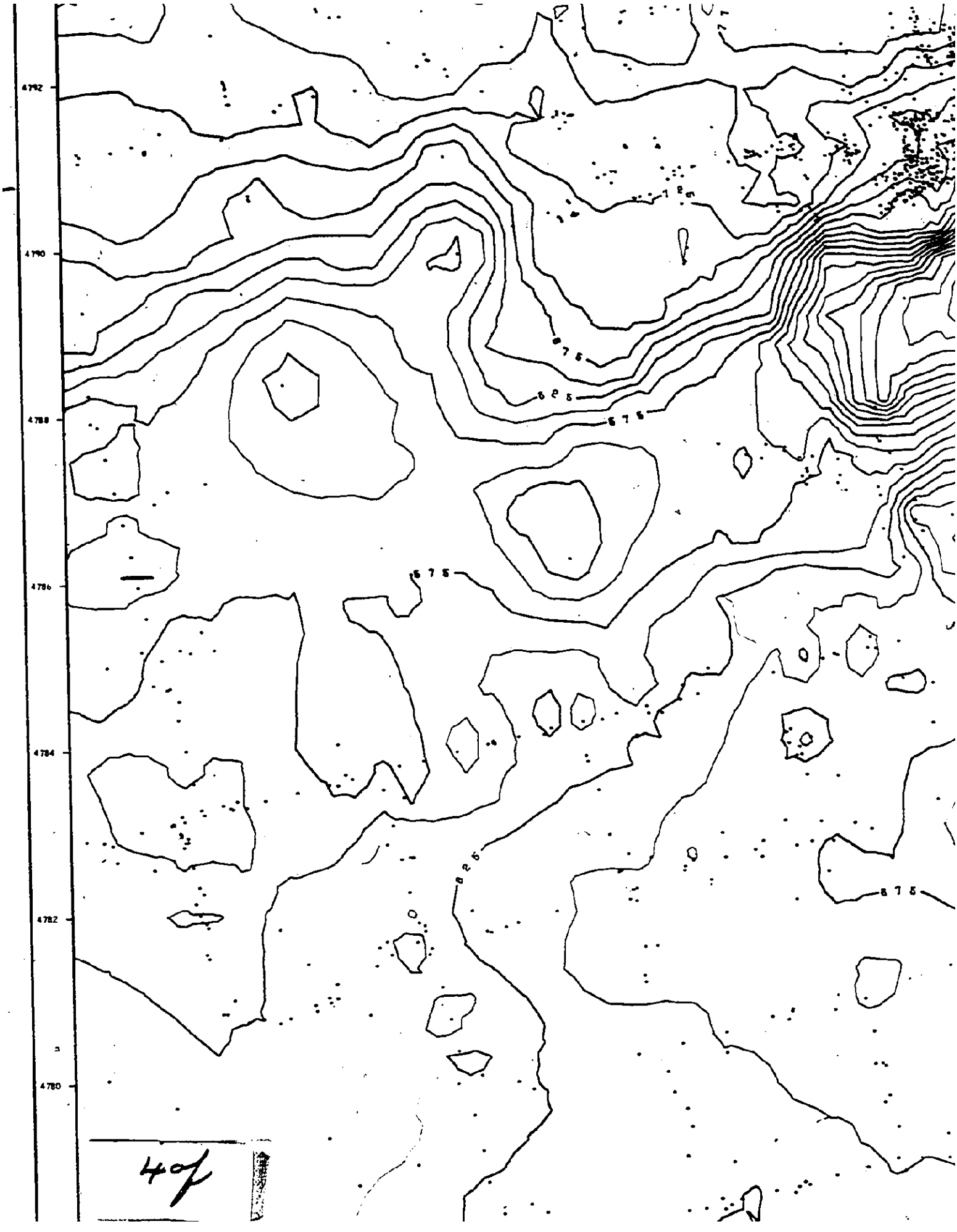
NE

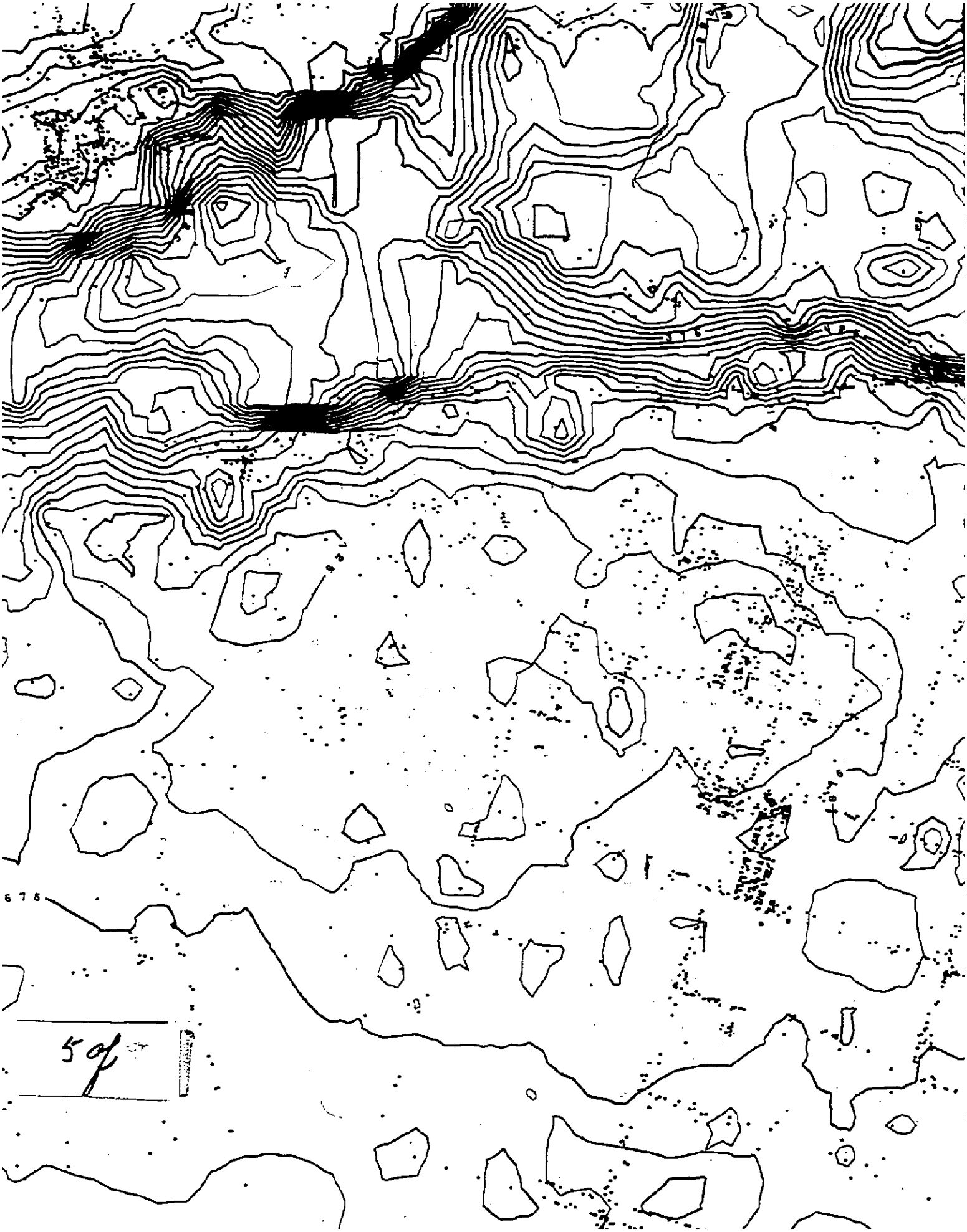
37

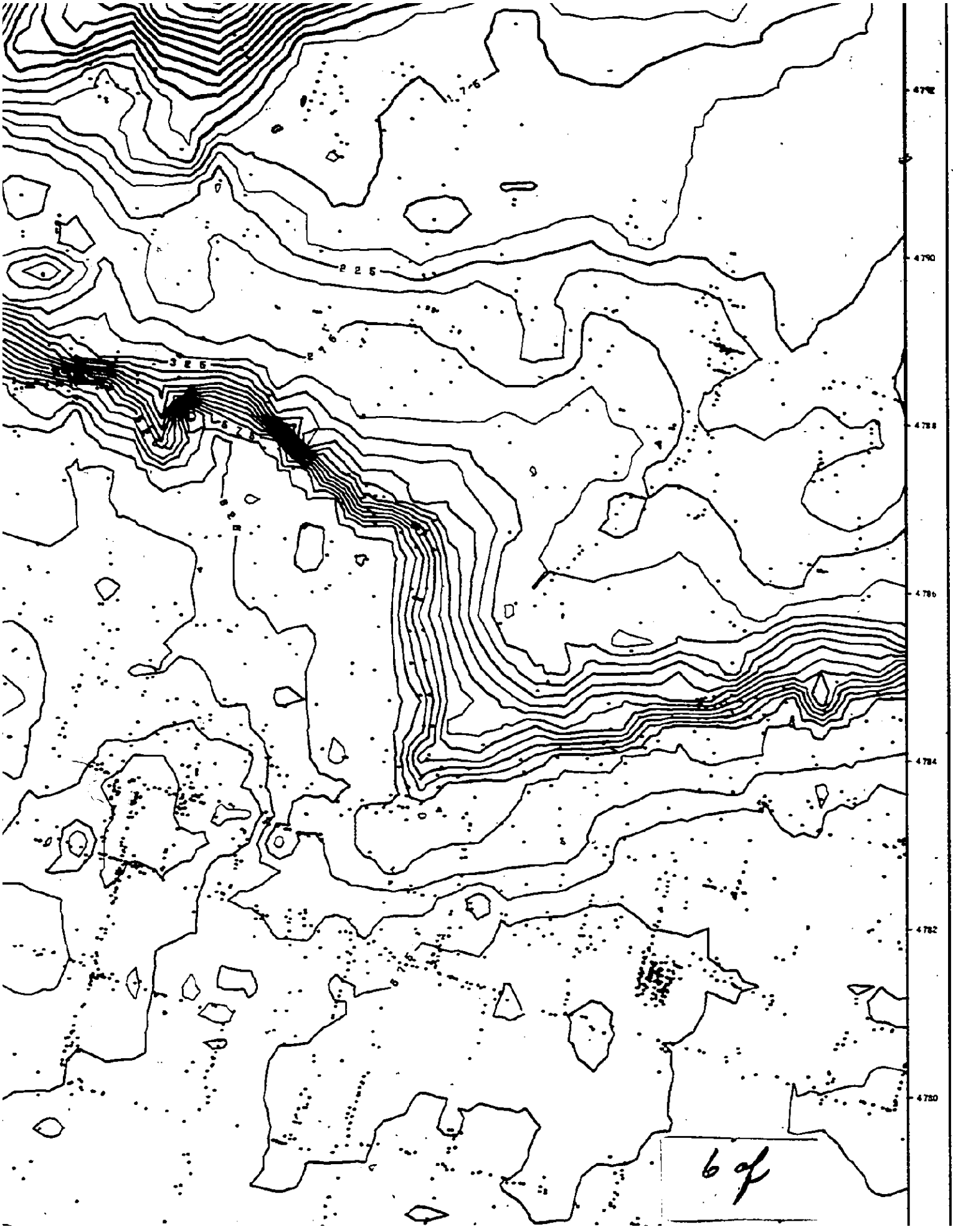
Tracée par ordinateur

F. Morin

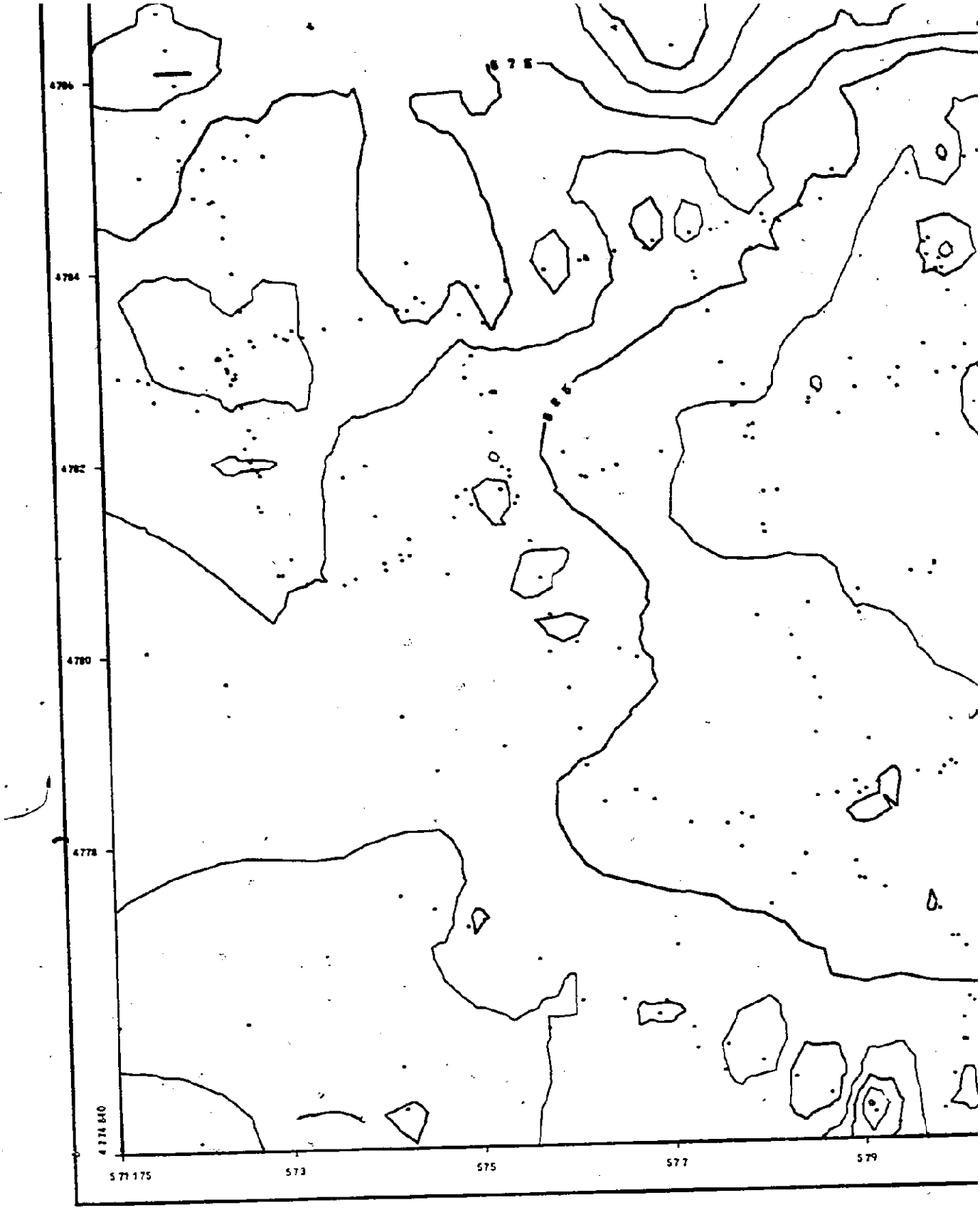



4792
4790
4788
4786
4784
4782
4780
875
875
875
875
875
40


6 7 6
5 of

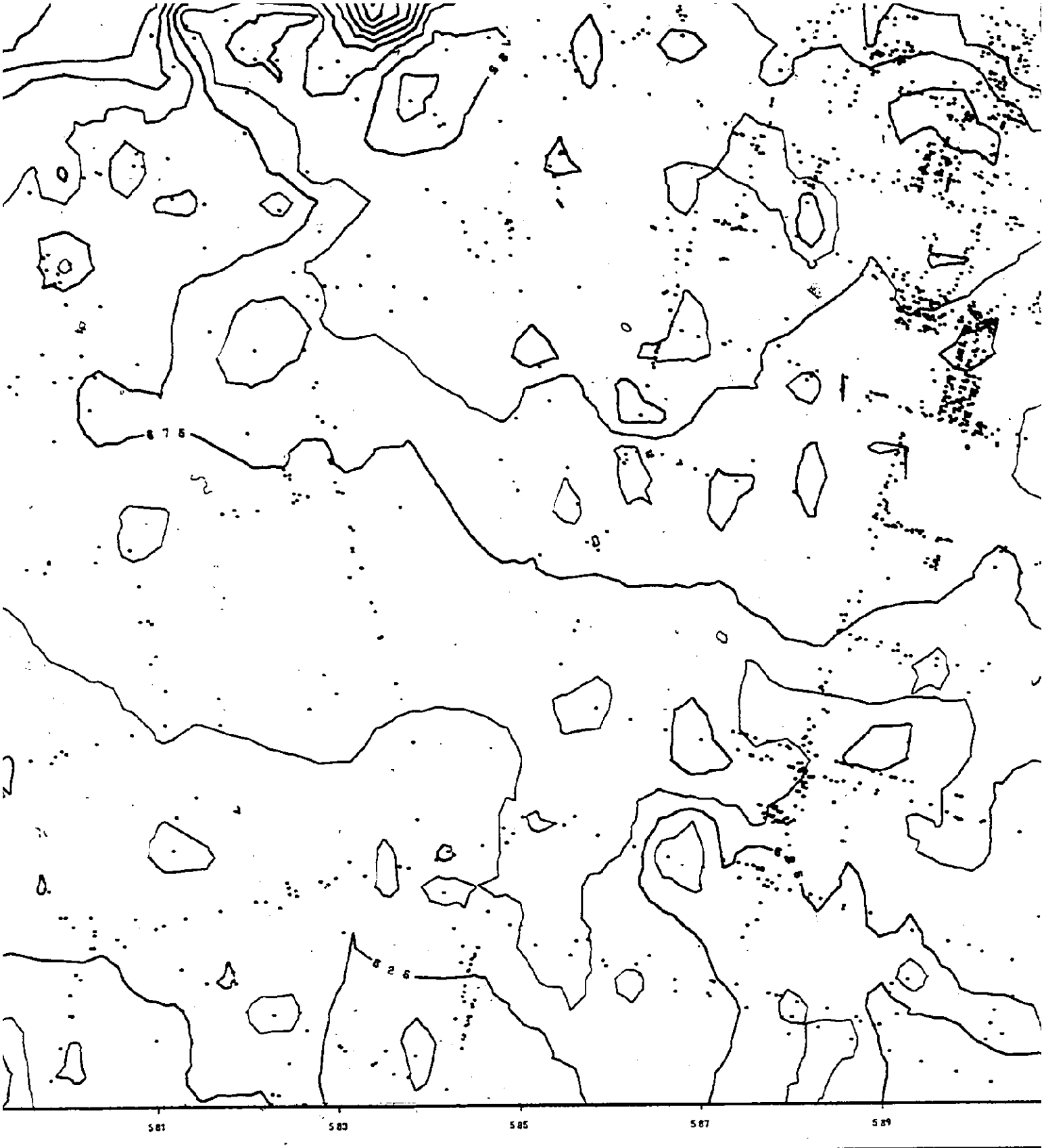


6 of



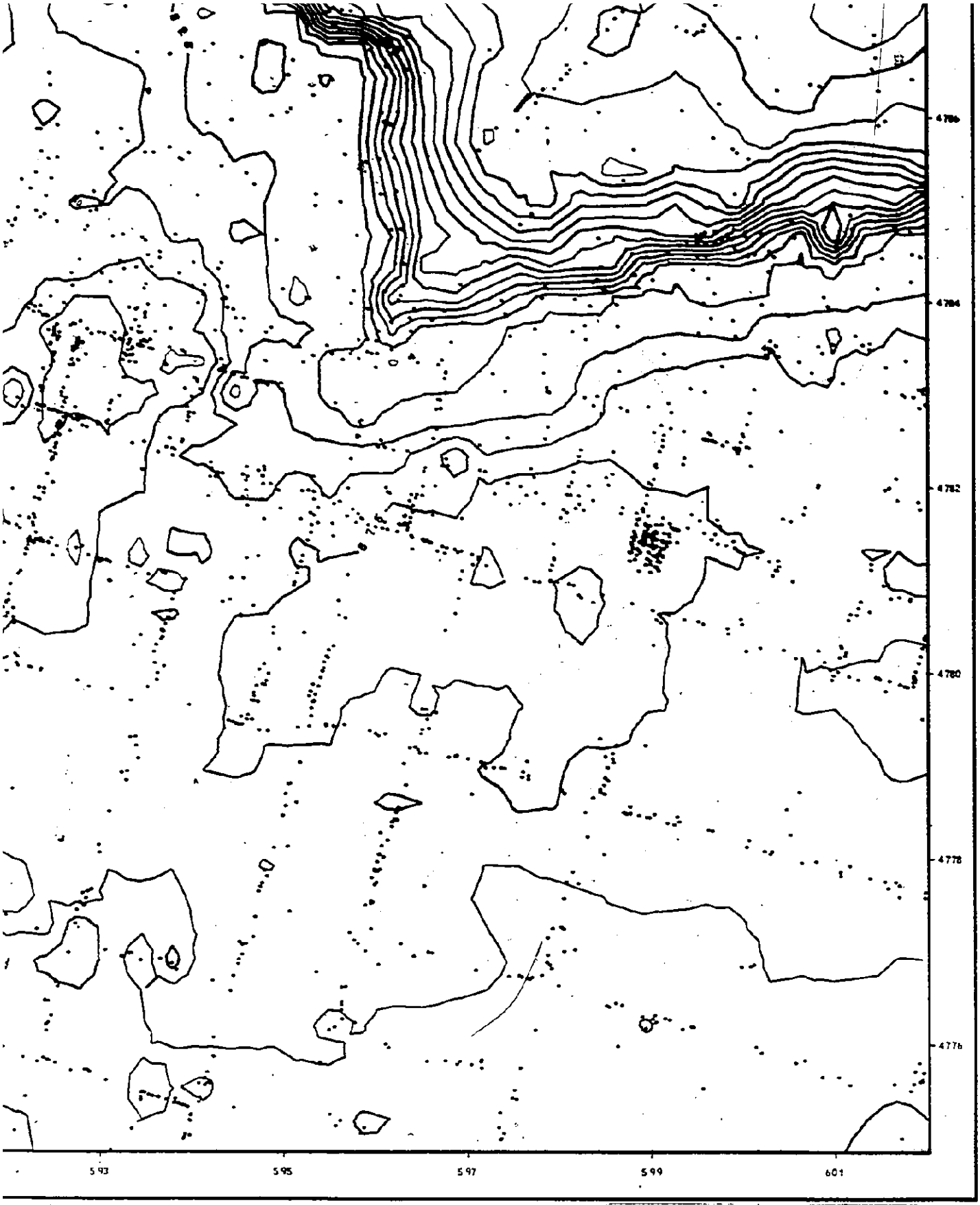
PLOT NO. 1, JOB IRO463, AUG. 20, 1975.

4 of



8 of

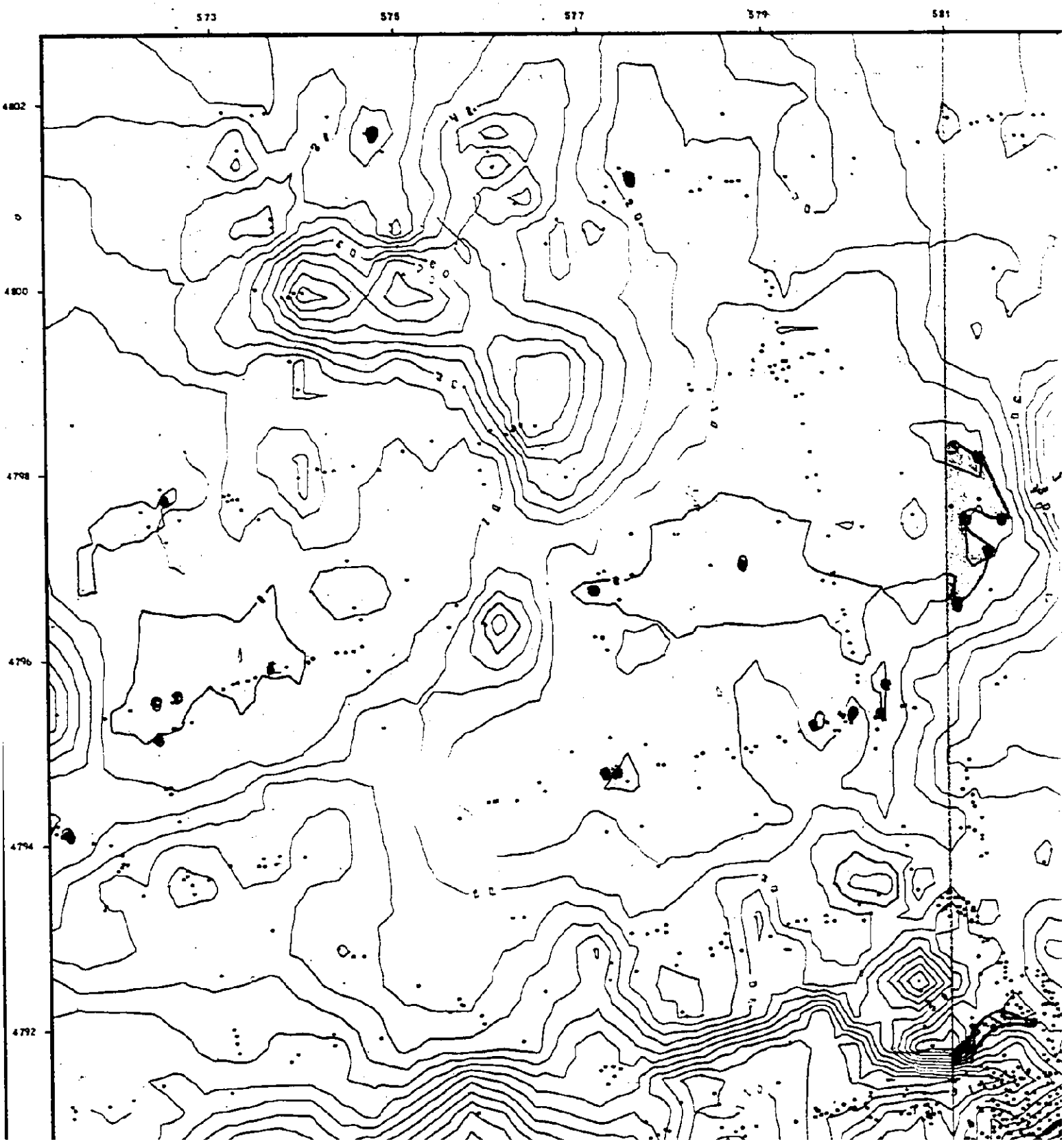
SIZE OF
PEN SIZ



949

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
P. 366 Figure No: 7-30

14



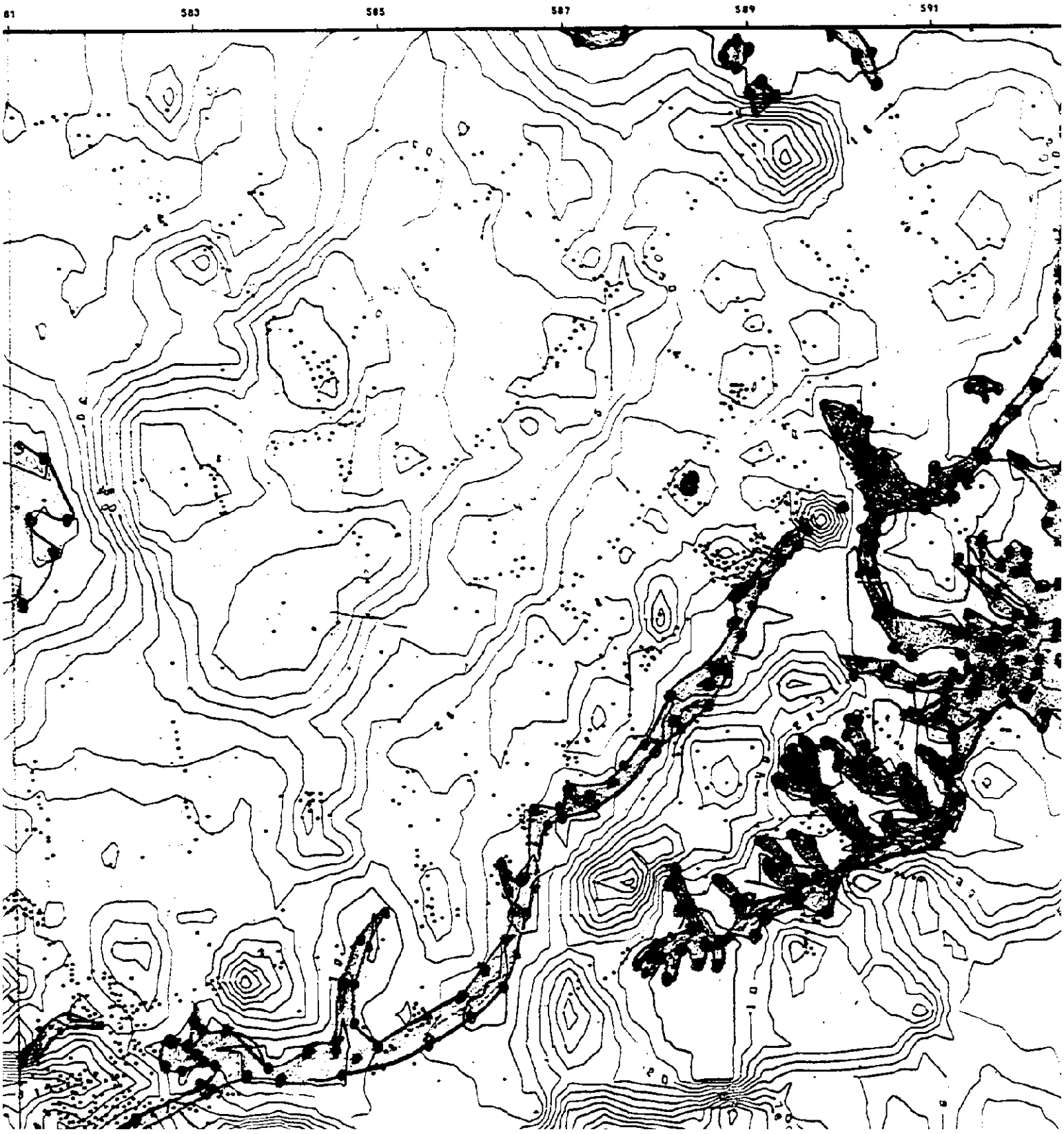
URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

DRIFT THICKNESS - EPAISSEUR DES DEPØTS MEUBLES

2 of

MILES 1 0 1 2 MILLES

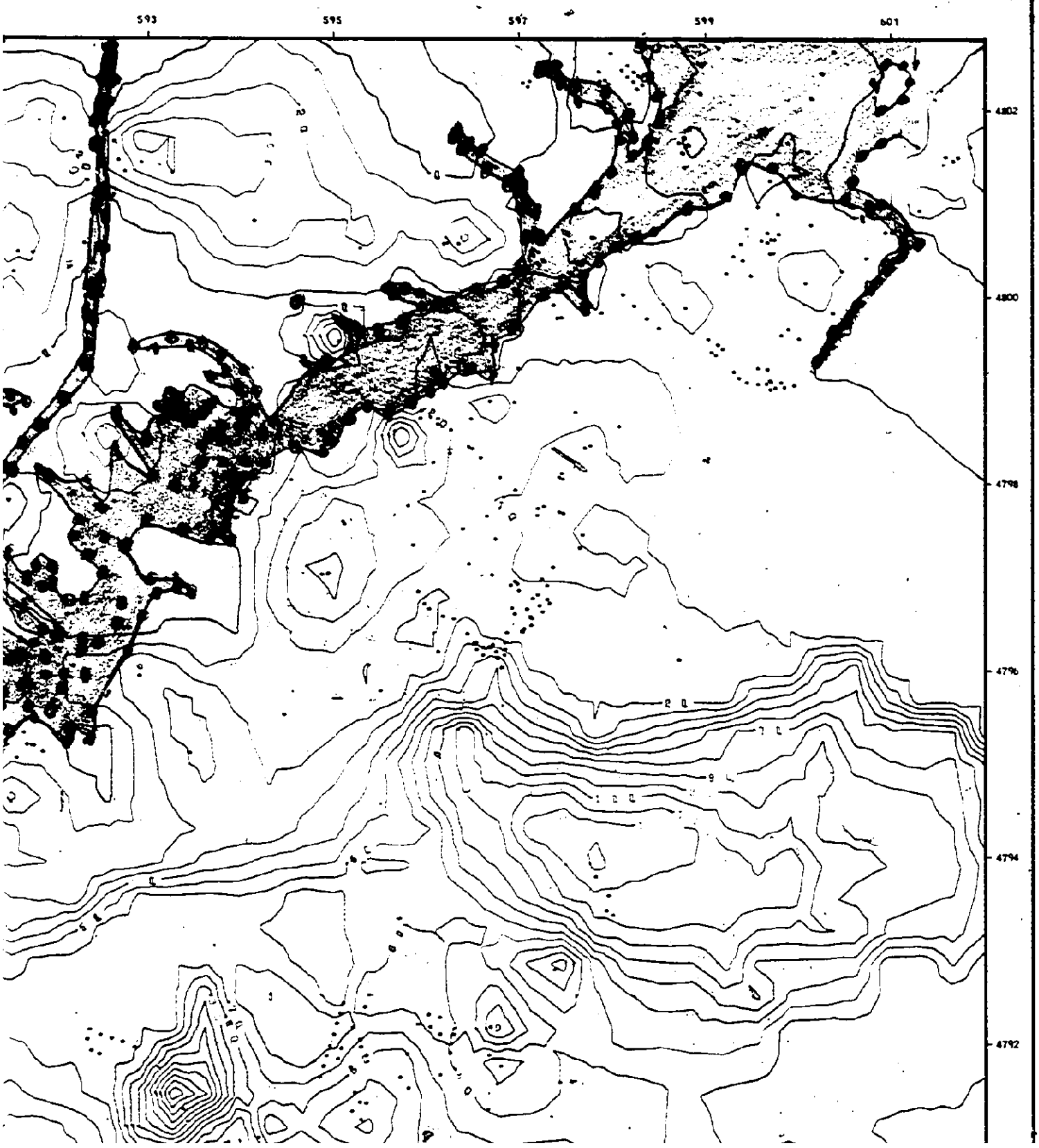
SCALE 1= 50000 ECHELLE

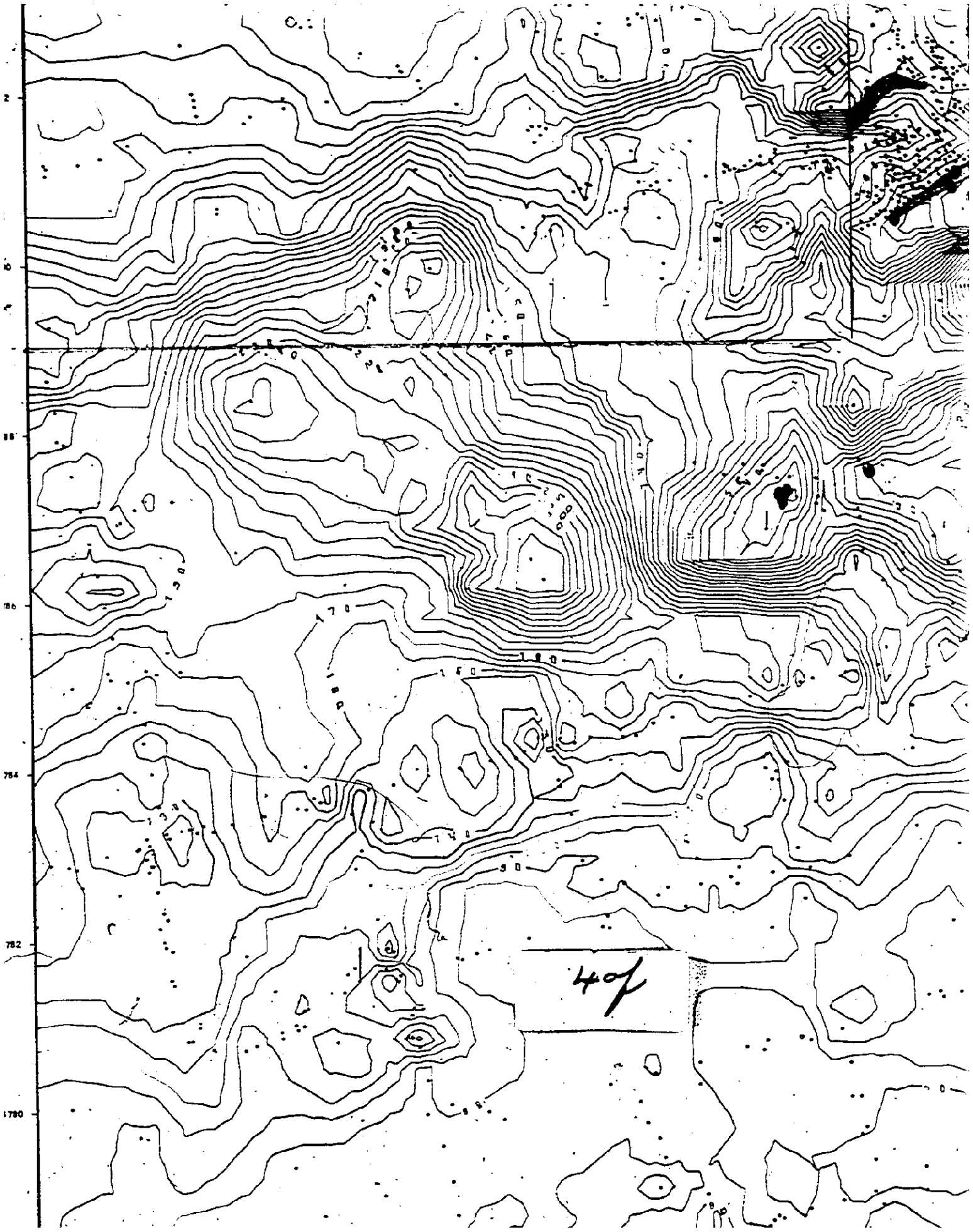


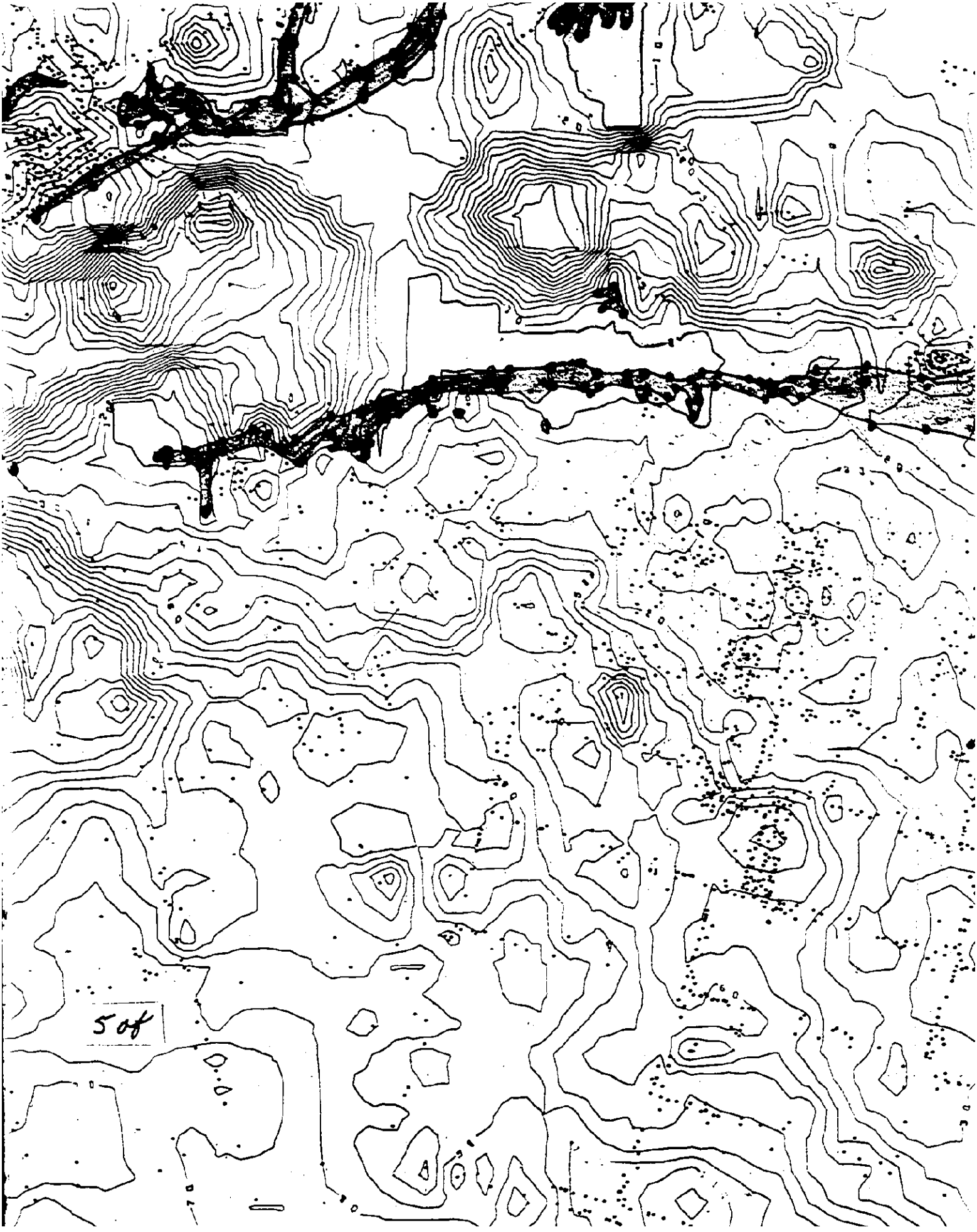
E

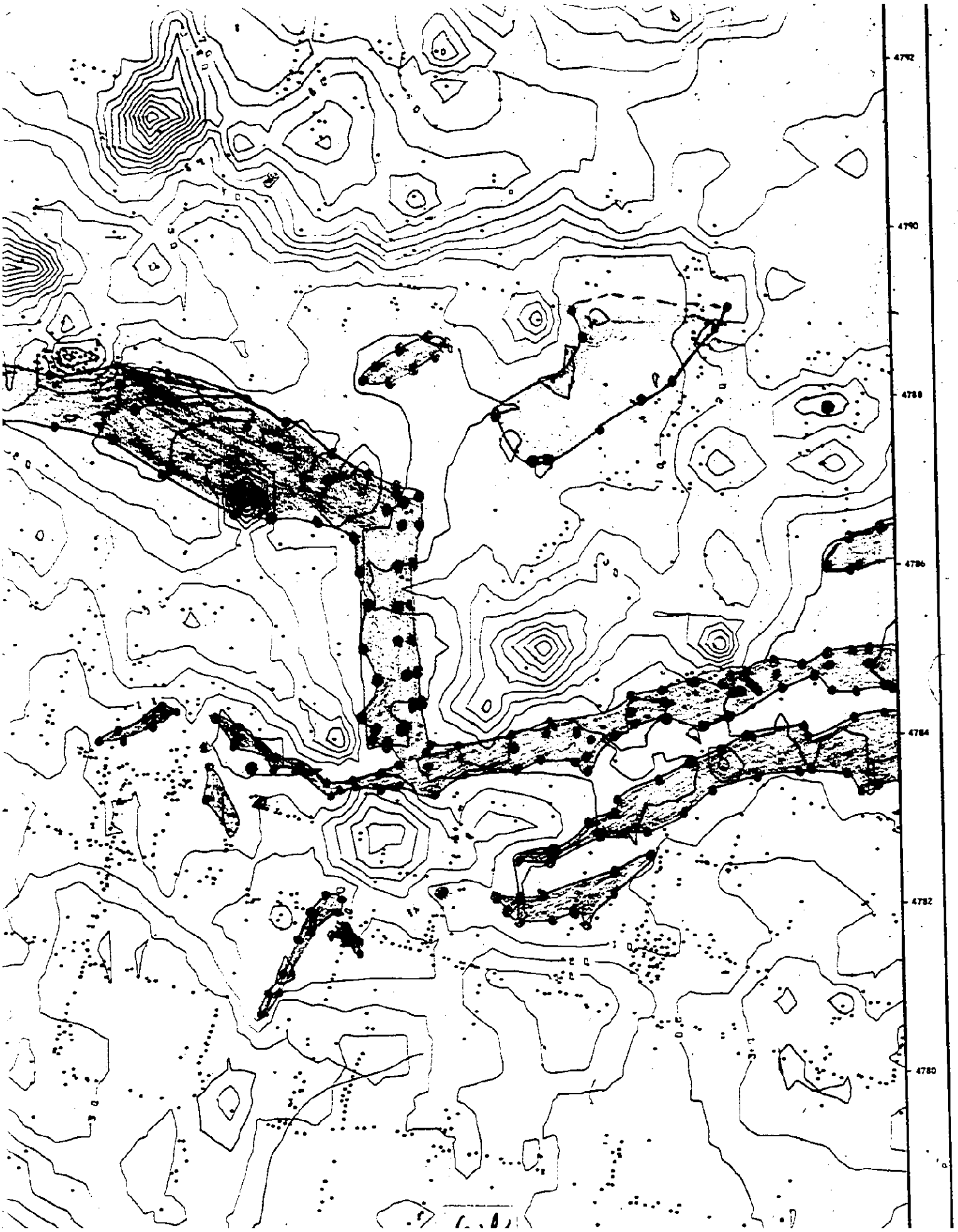
37

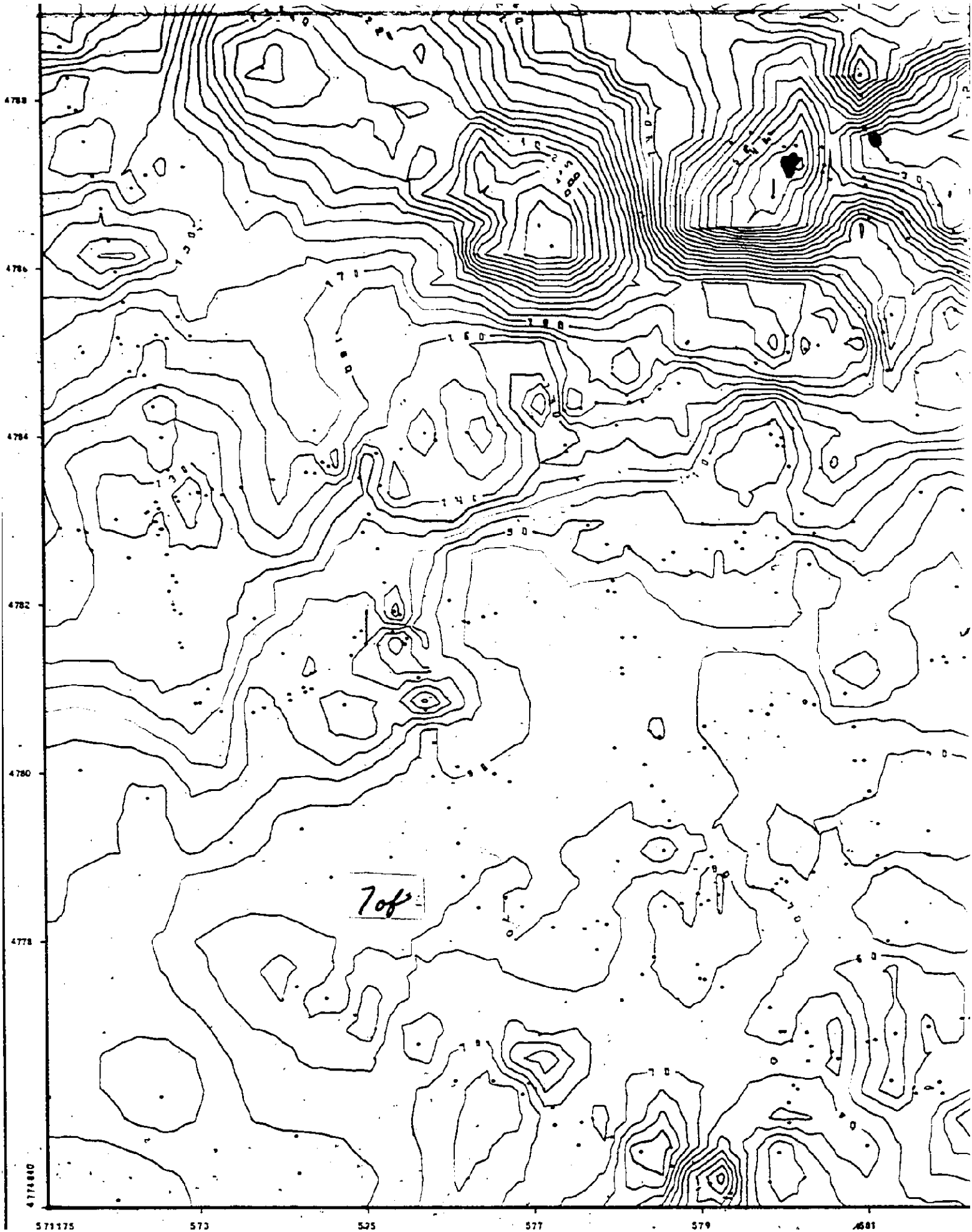
J.G. CHARRON

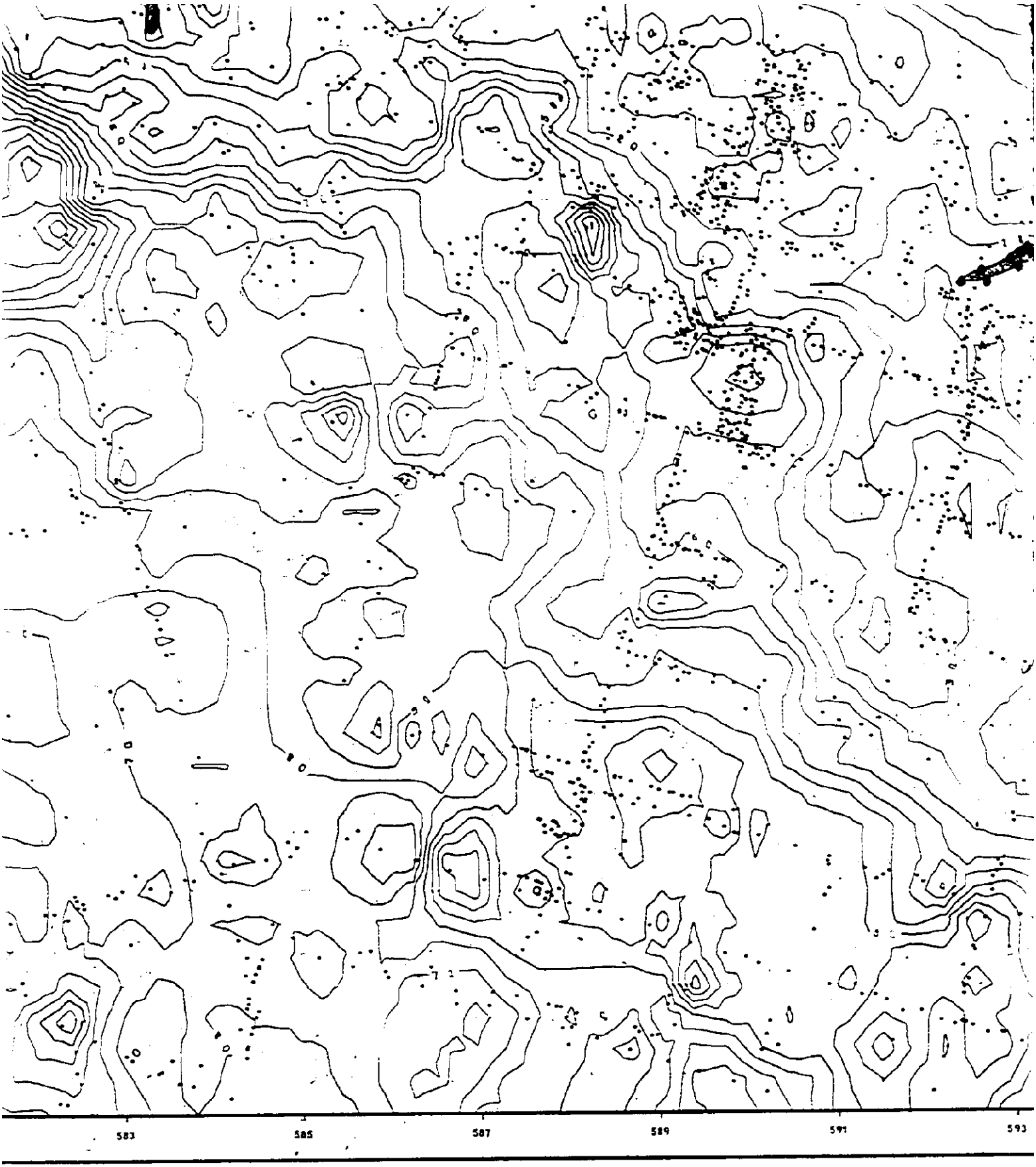



784
782
1780
40


5 of

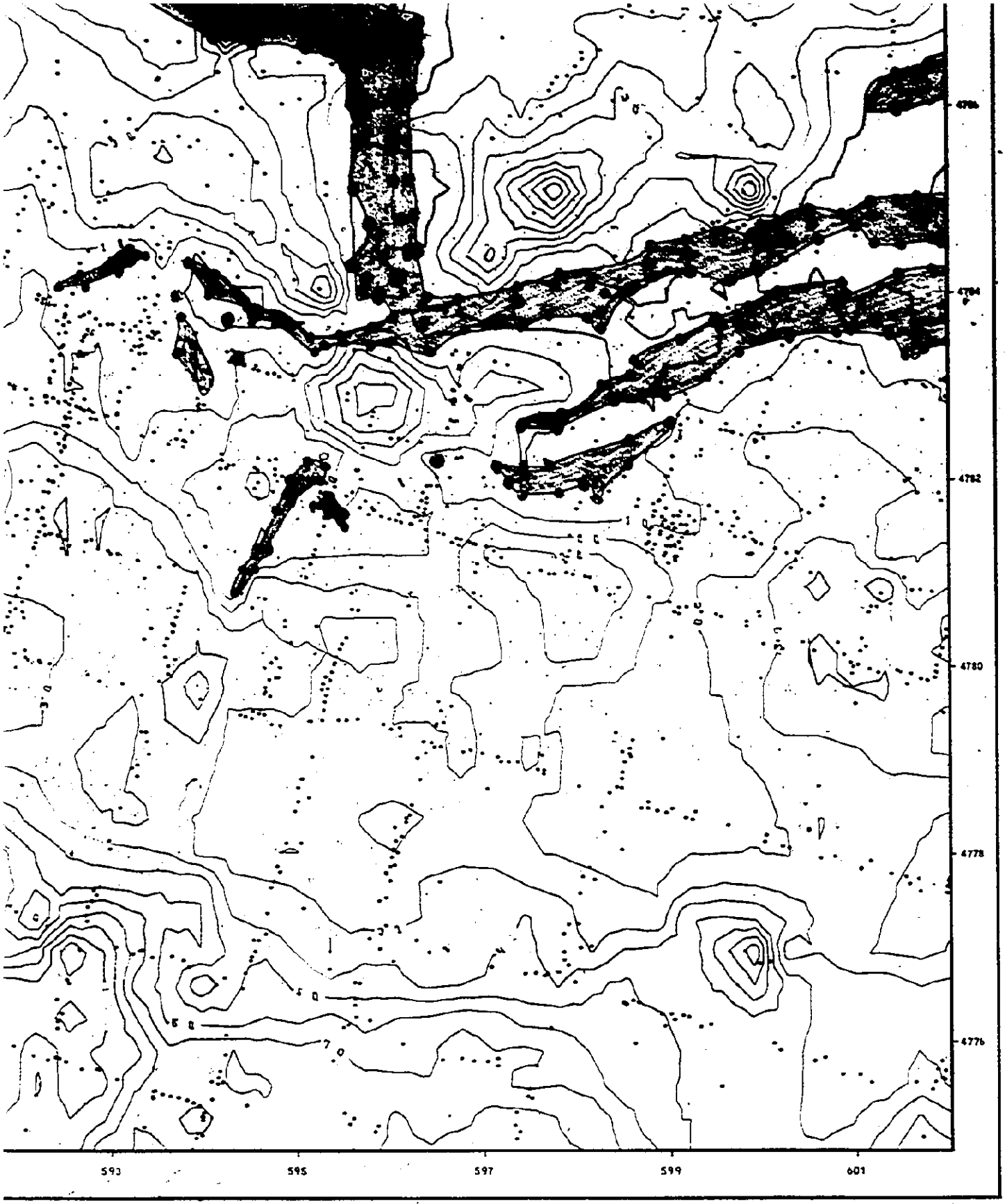

4792
4790
4788
4786
4784
4782
4780


4788
4786
4784
4782
4780
4778
4775880
571175
573
575
577
579
581
7 of



8 of

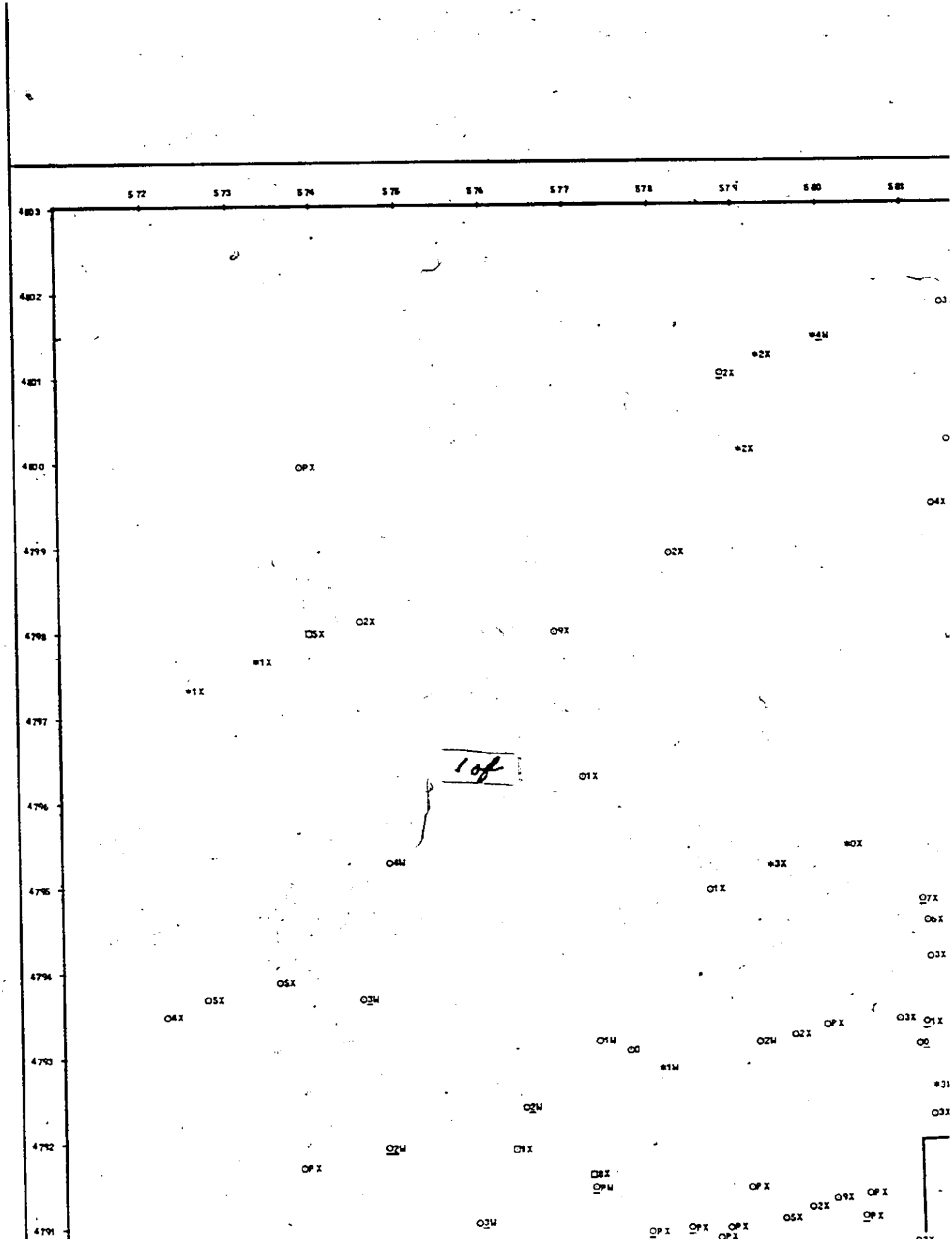
K, RIBBON = BLACK.



= BLACK.

9 of 9

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
P.p. 358 & 360 - Figures 7-26 & 7-27
Voir Légende p. 357 & 359

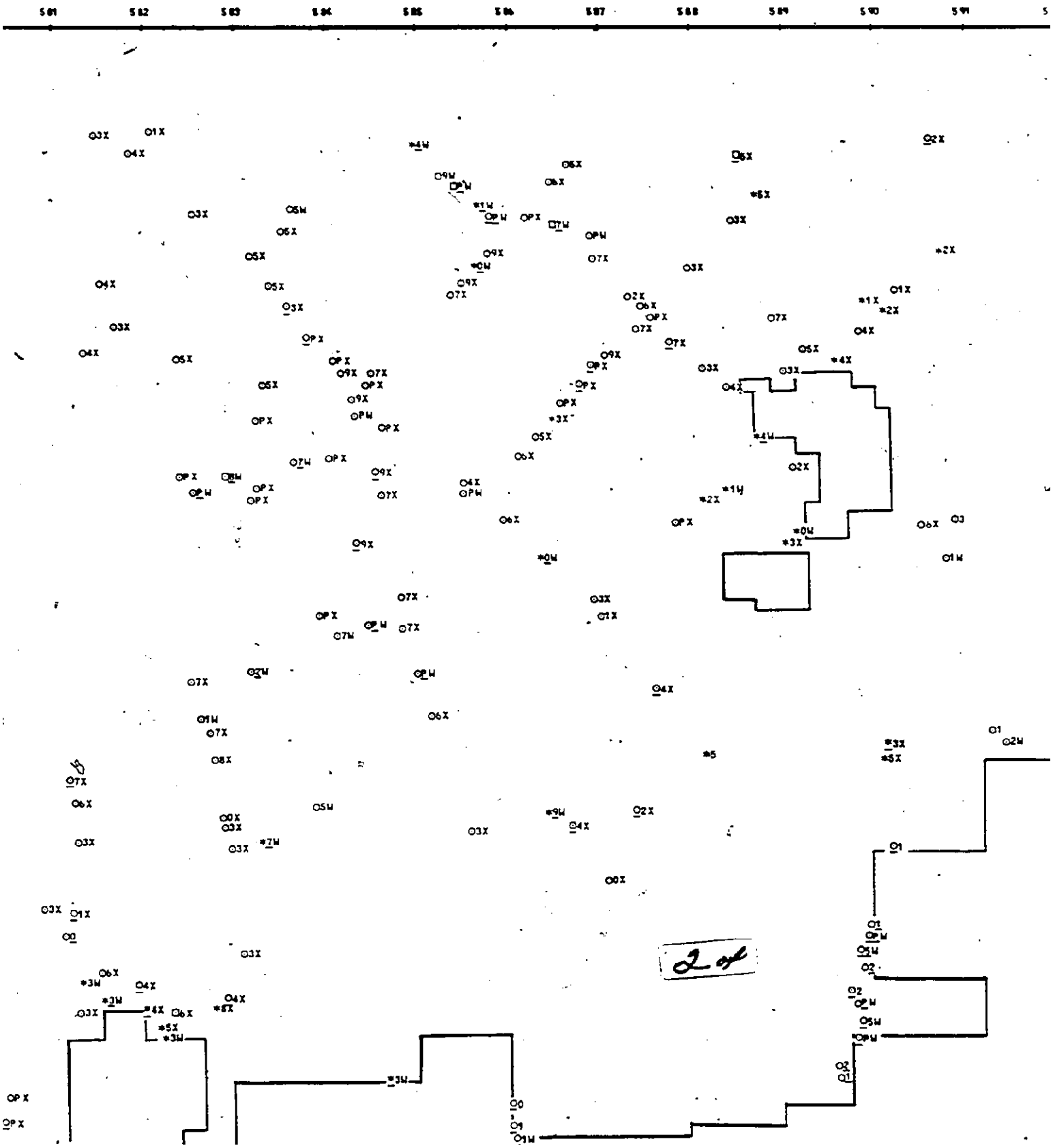

1 of

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØN

SAND - GRAVEL DEPØSITS -- I

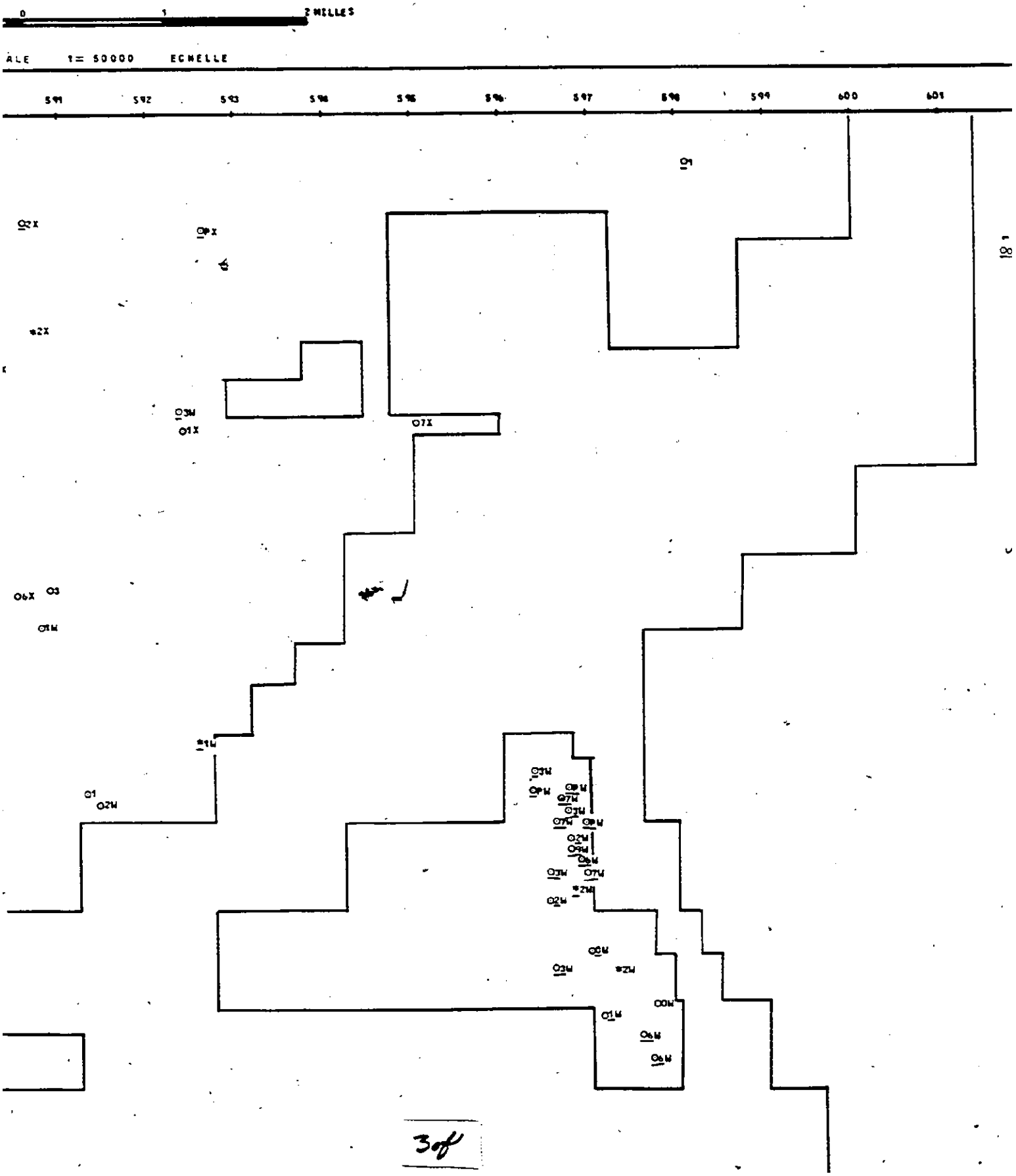
MILES 1 0

SCALE 1= 50000

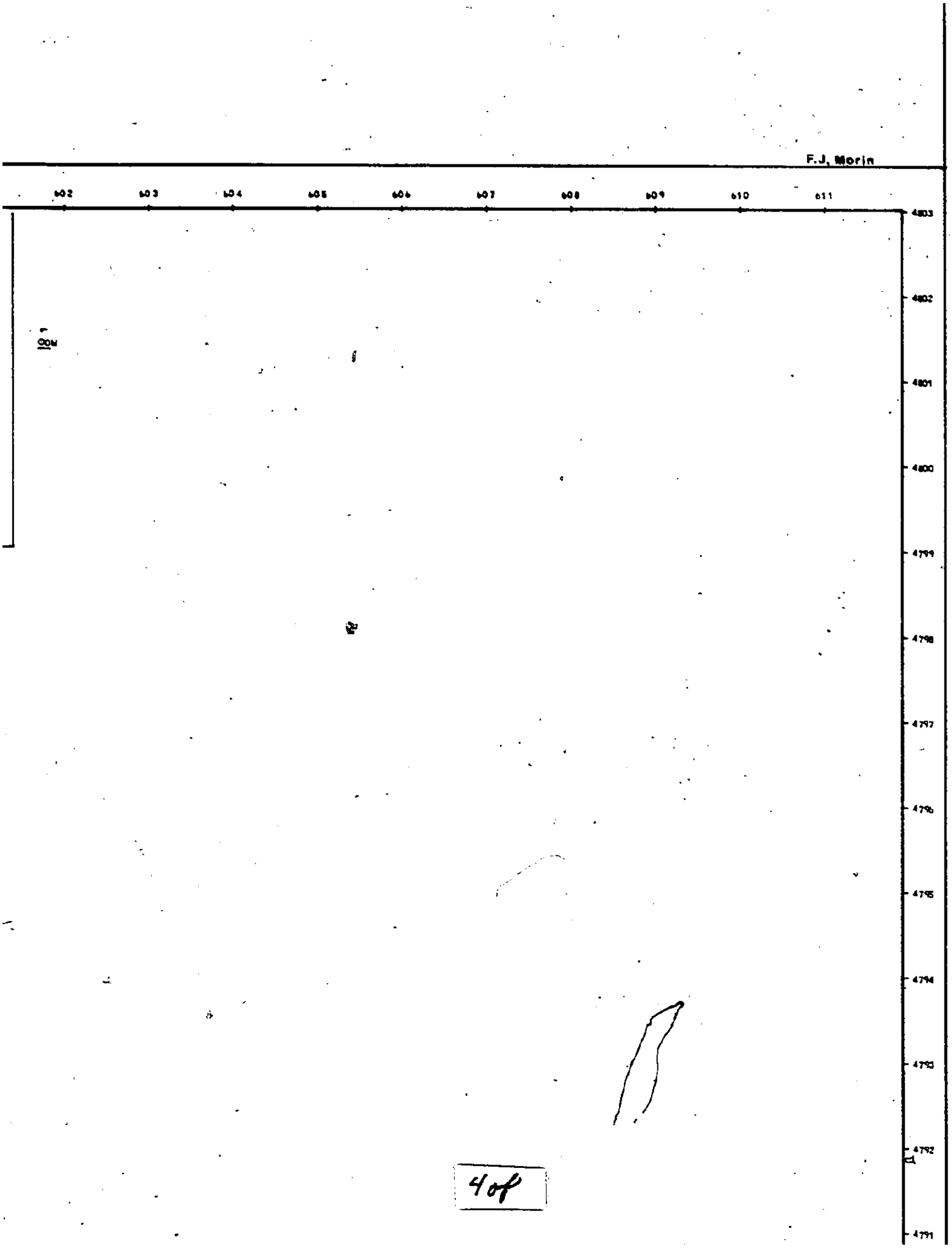


_TØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

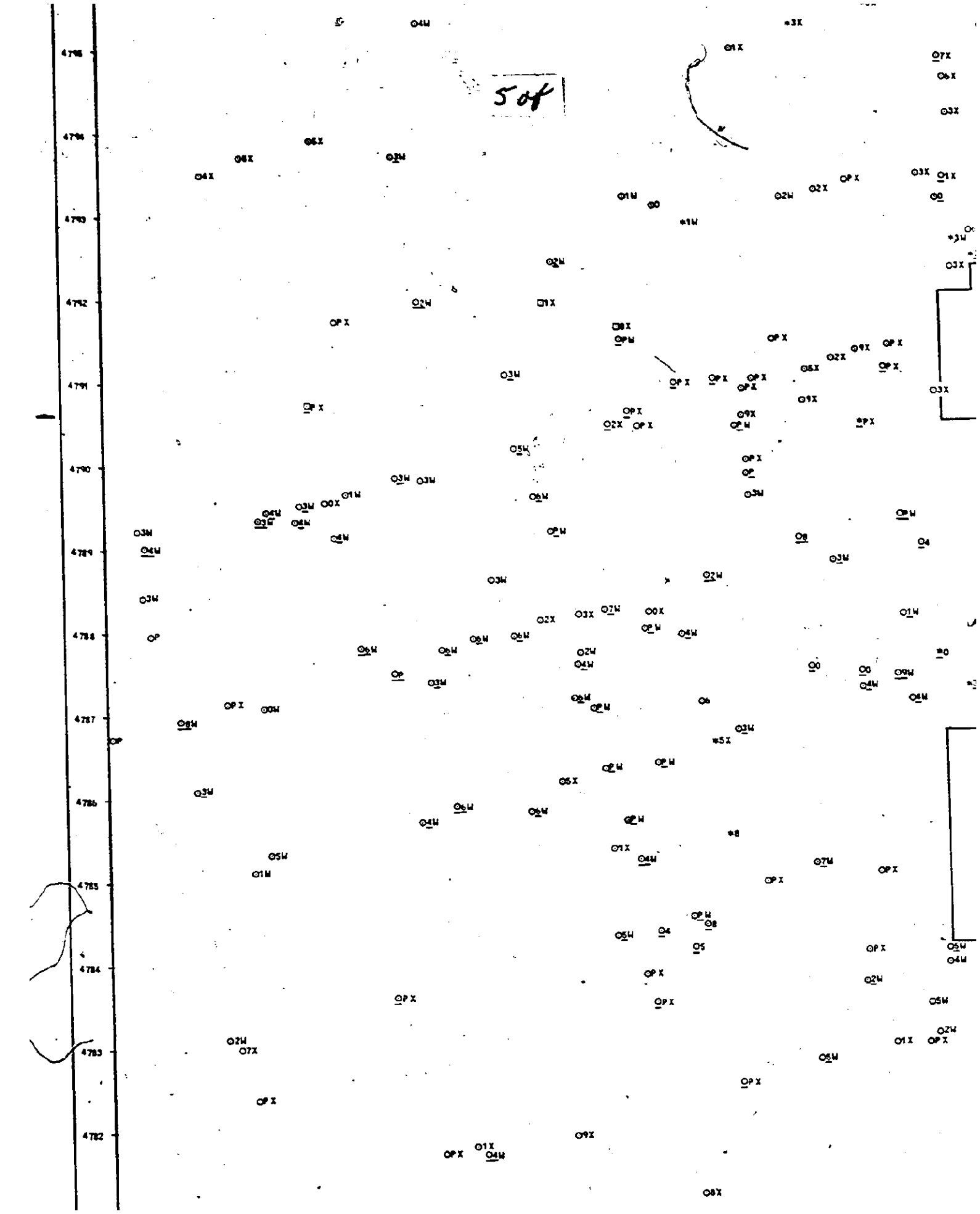
EPØSITS -- DEPØTS SABLE-GRAVIER

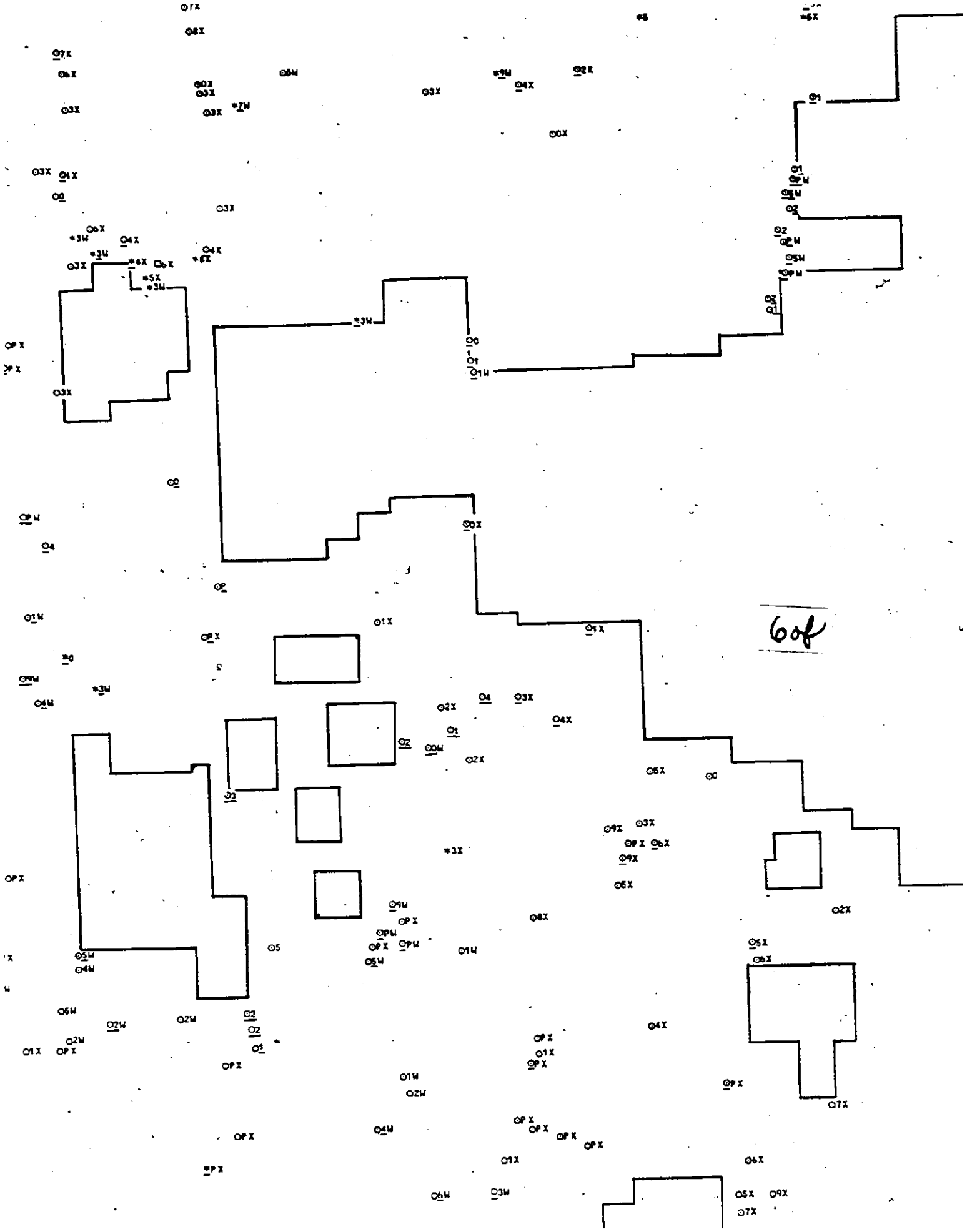


3of

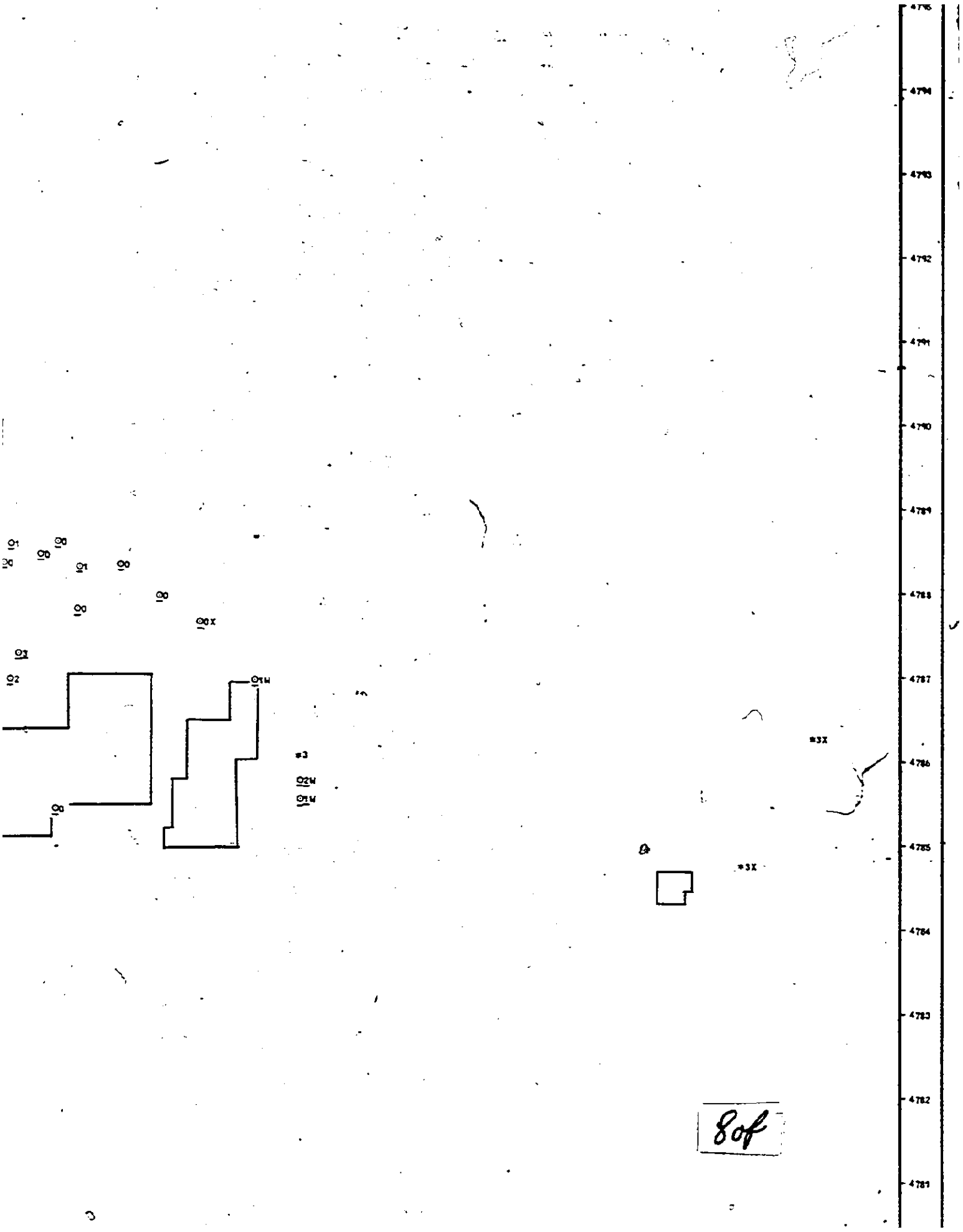

F.J. Morin
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
4803
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791

4 of

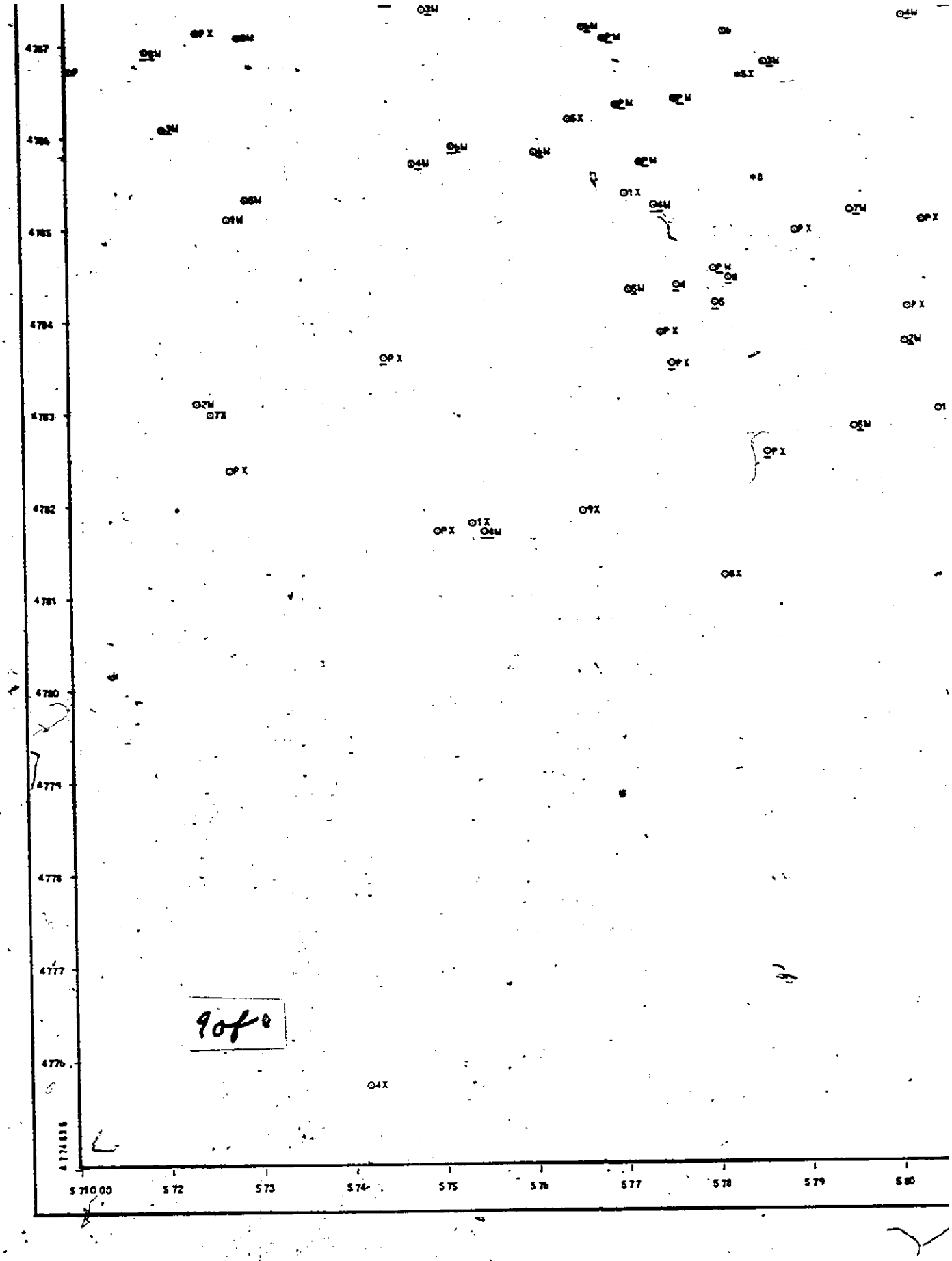

504


6of

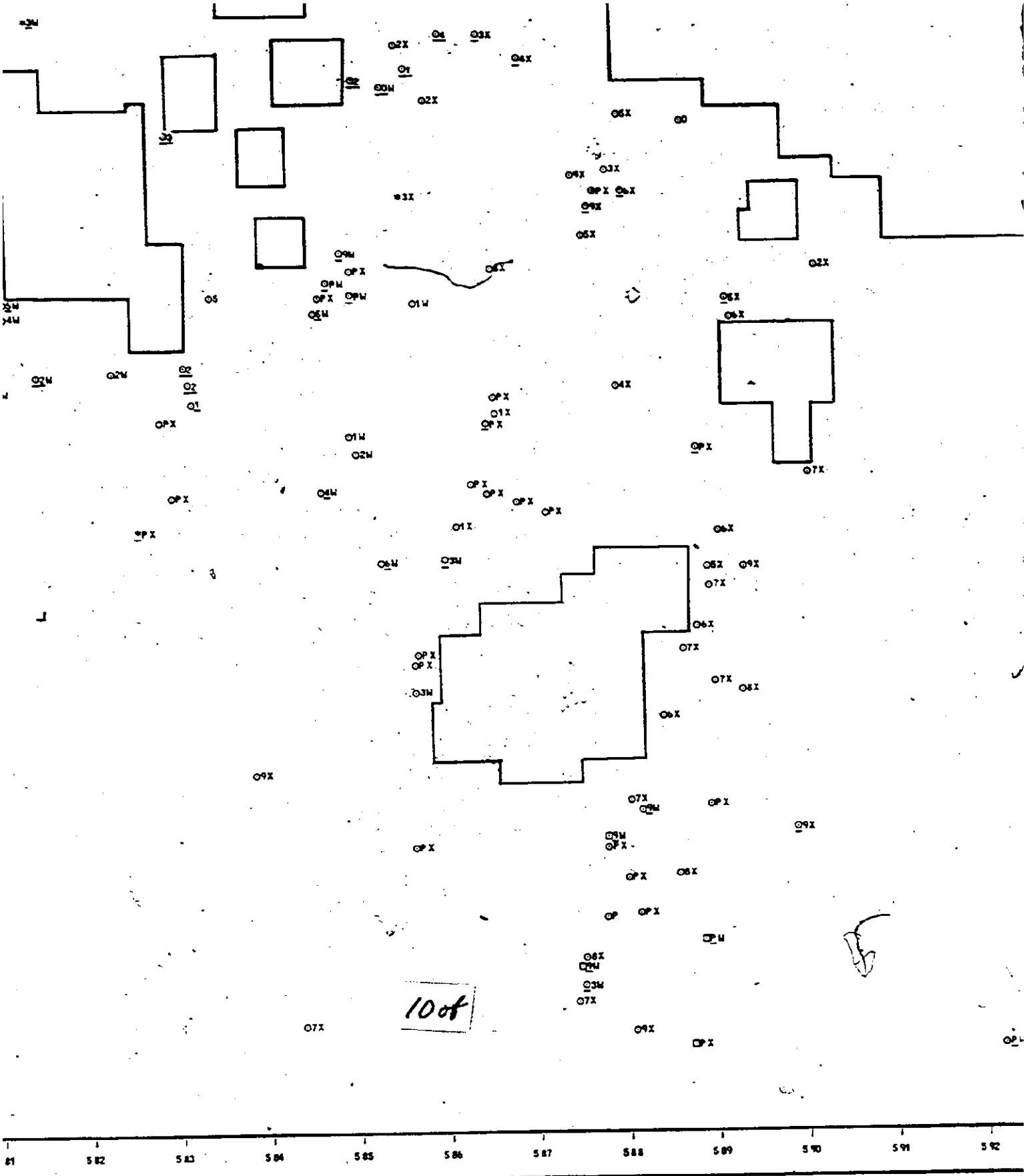
708


4795
4794
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
4784
4783
4782
4781
*3X
*3X
*3
M2W
M1W
M1W

8 of


4787
4786
4785
4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778
4777
4776
4774835
5710.00
5.72
5.73
5.74
5.75
5.76
5.77
5.78
5.79
5.80

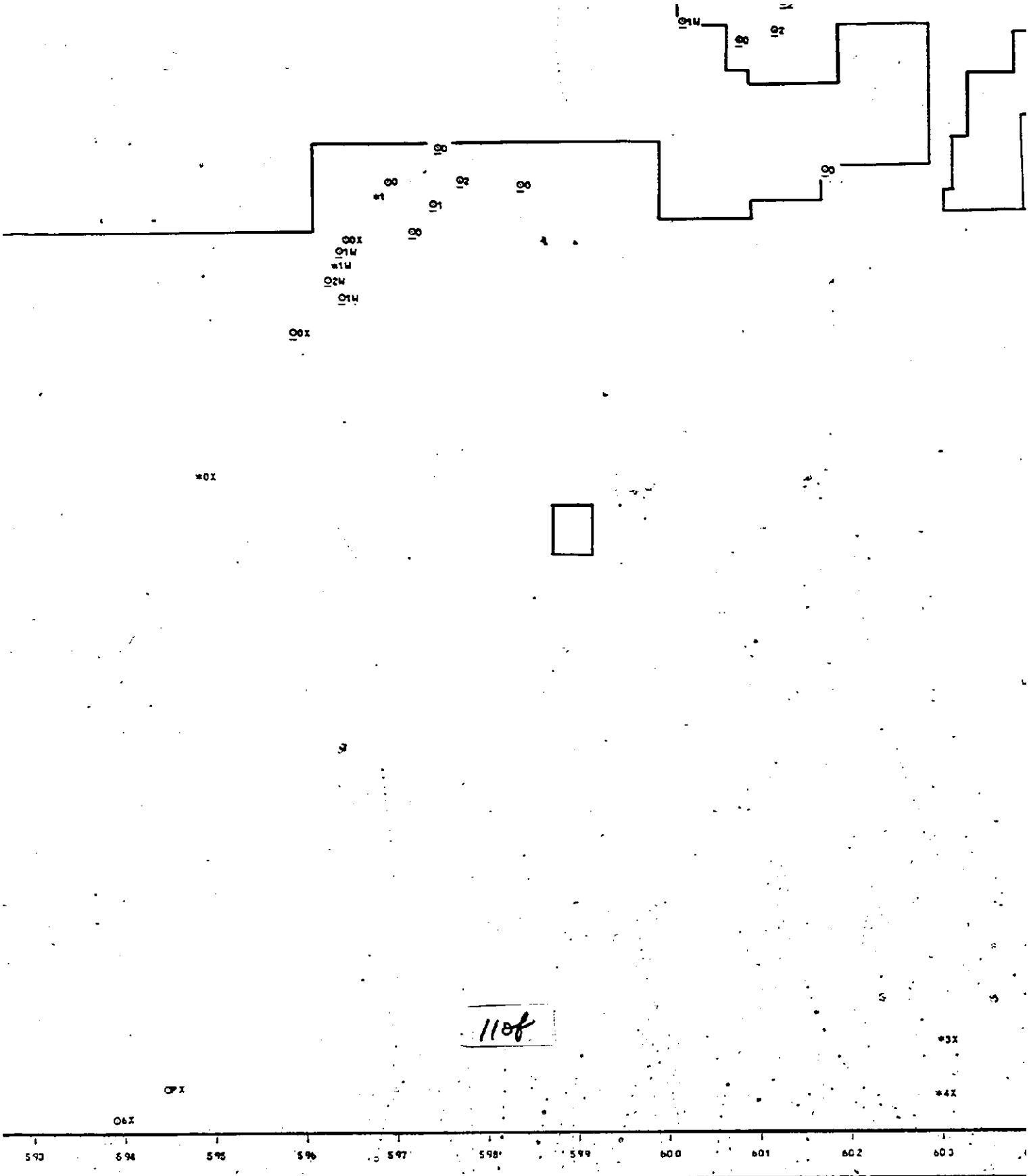
9 of 8

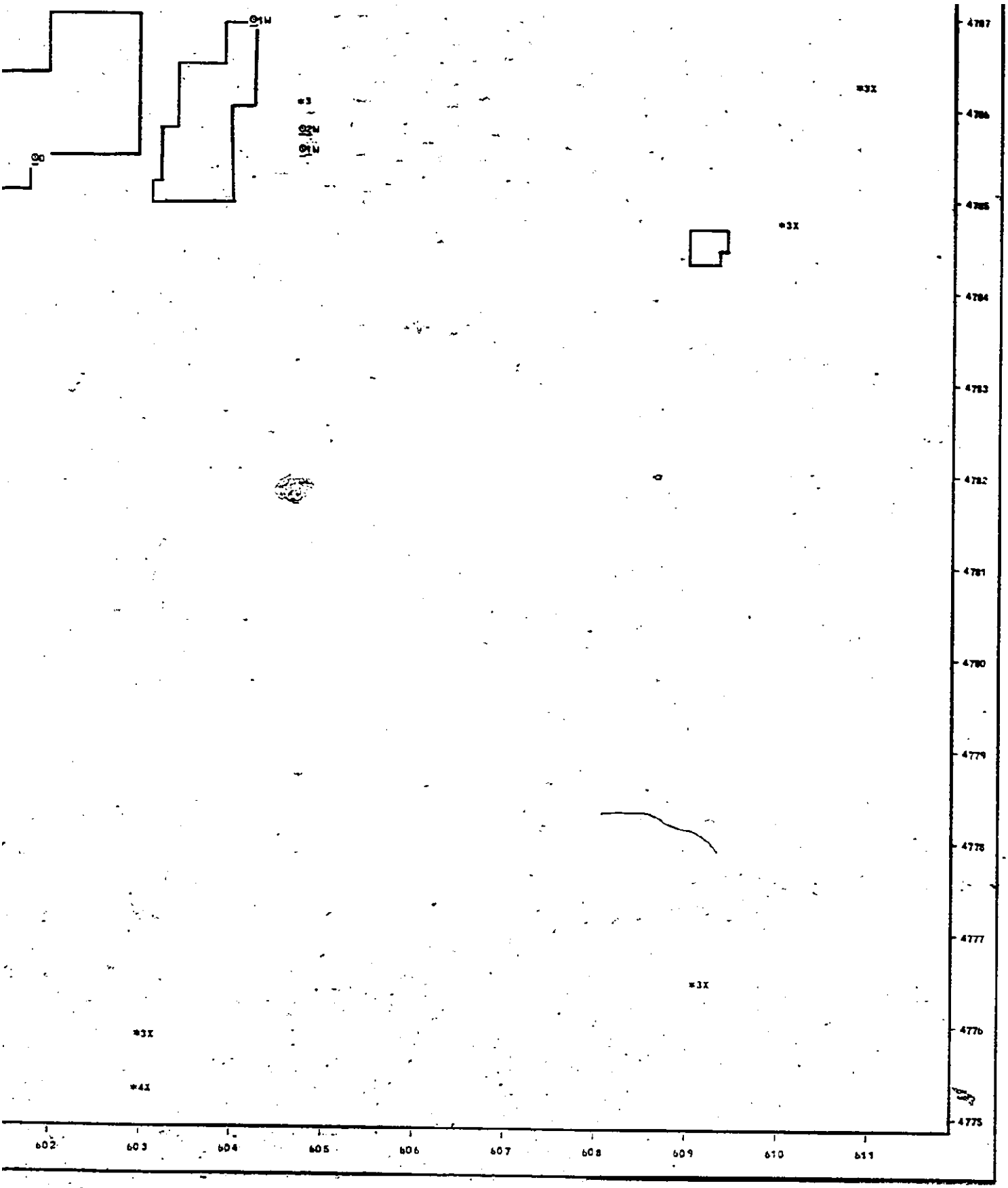


CHANGE PAPER FOR NEW PLOT

--- OPERATOR INSTRUCTIONS

SIZE OF MAP= 32.2 IN. BY 22.2
RIBBON = BLACK
PEN SIZE = POS.1..2, POS.2..1


593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603



12 of 12

Carte accompagnant la thèse Ph.D. de F.J. MOKIN
Univ. d'Ottawa
Pp. 343-345. Figures No. 7-33 & 7-34.

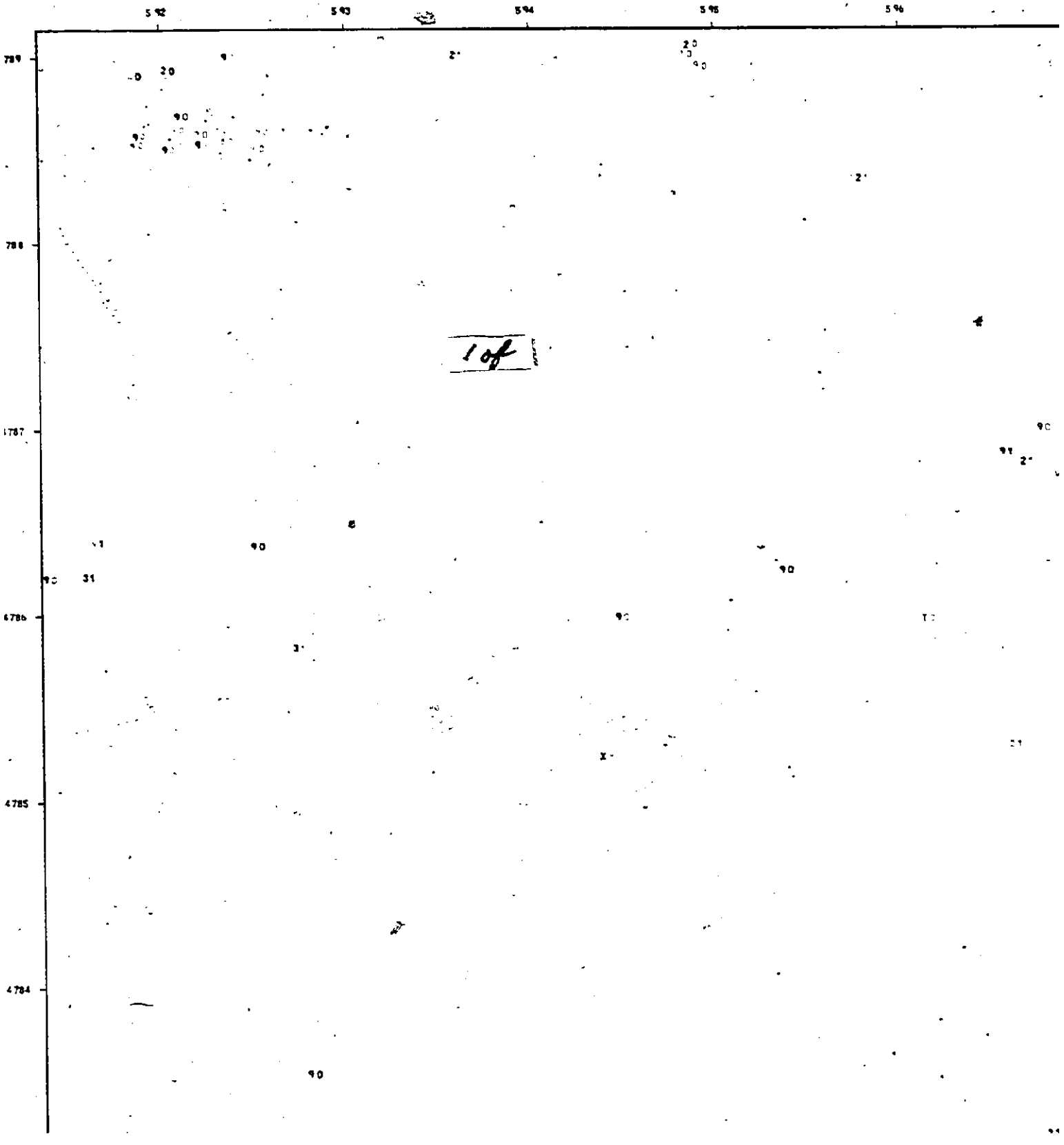
URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT

THICKNESS ØF FØRMATIØNS--EPAIS

NTS MAP/CARTE NO 30M4P — FØR

MILES 1 0

SCALE 1= 25000



1 of

- HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

CKNESS OF FORMATIONS—EPAISSEUR DES FORMATIONS

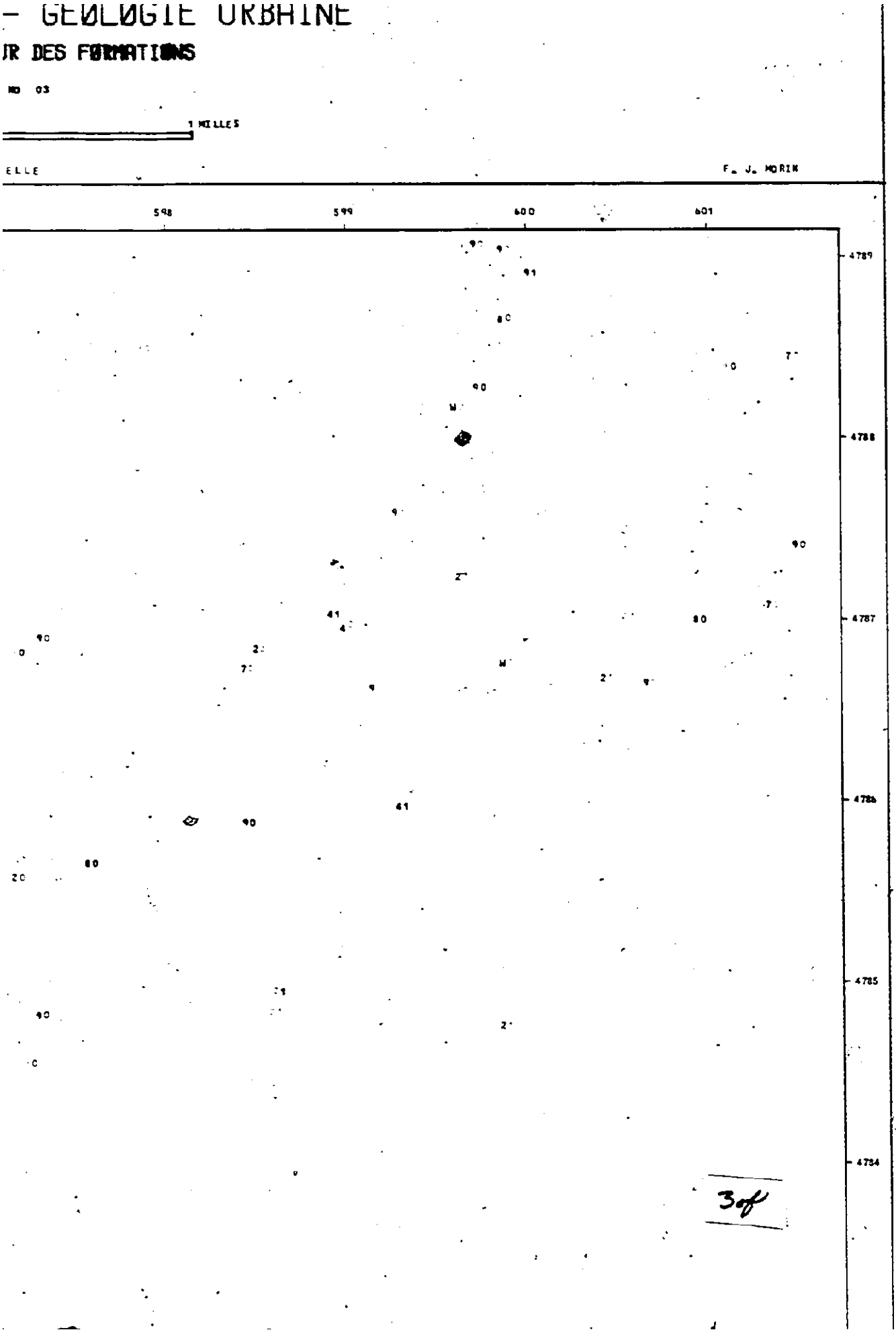
NTS MAP/CARTE NO 30M/F — FORMATION NO 03

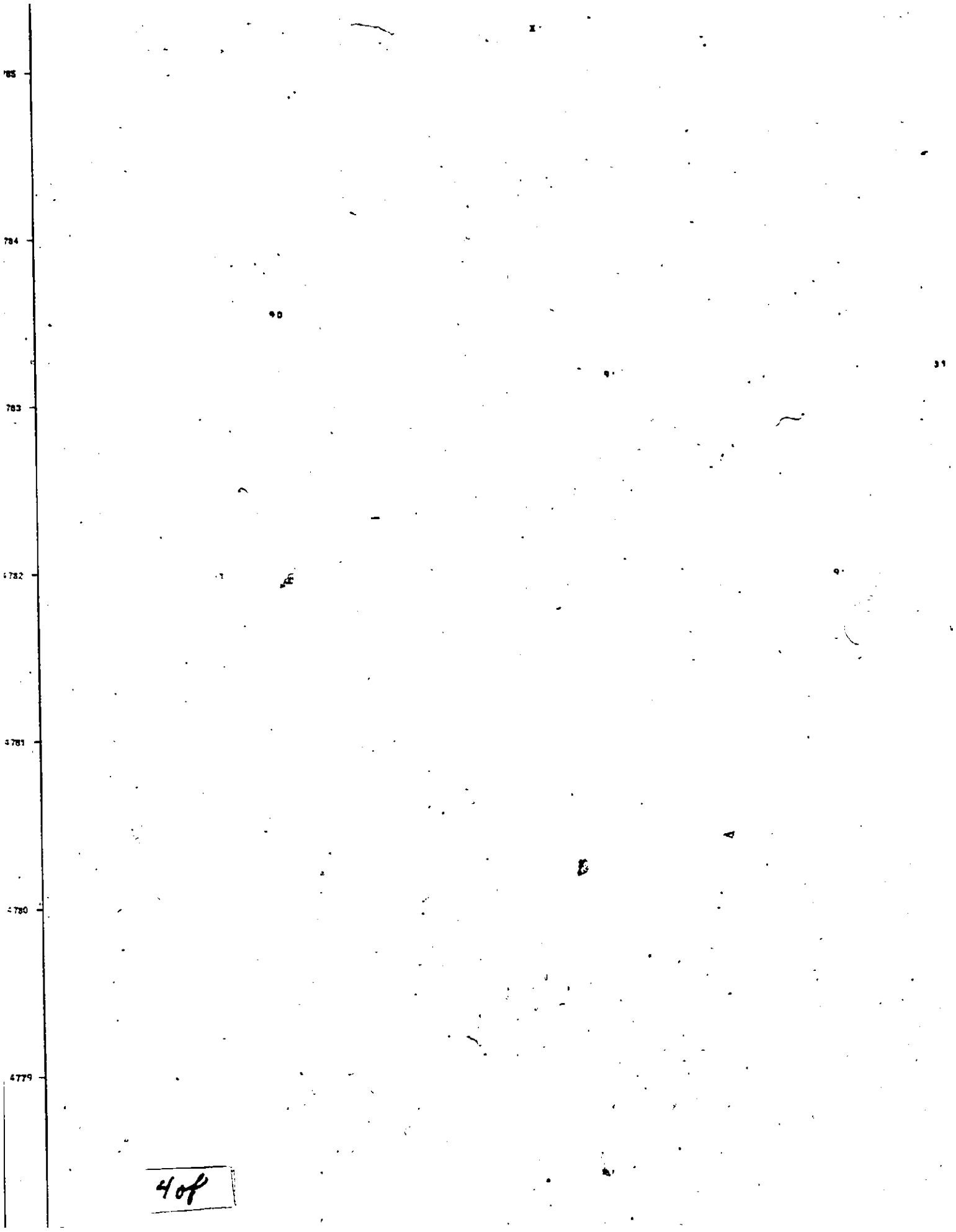
0 1 MILLES

SCALE 1= 25000 ECHELLE

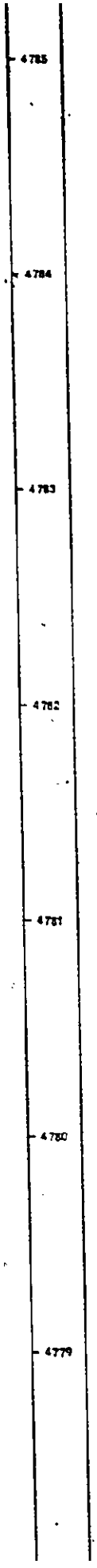
596 597 598 599 600

2 of

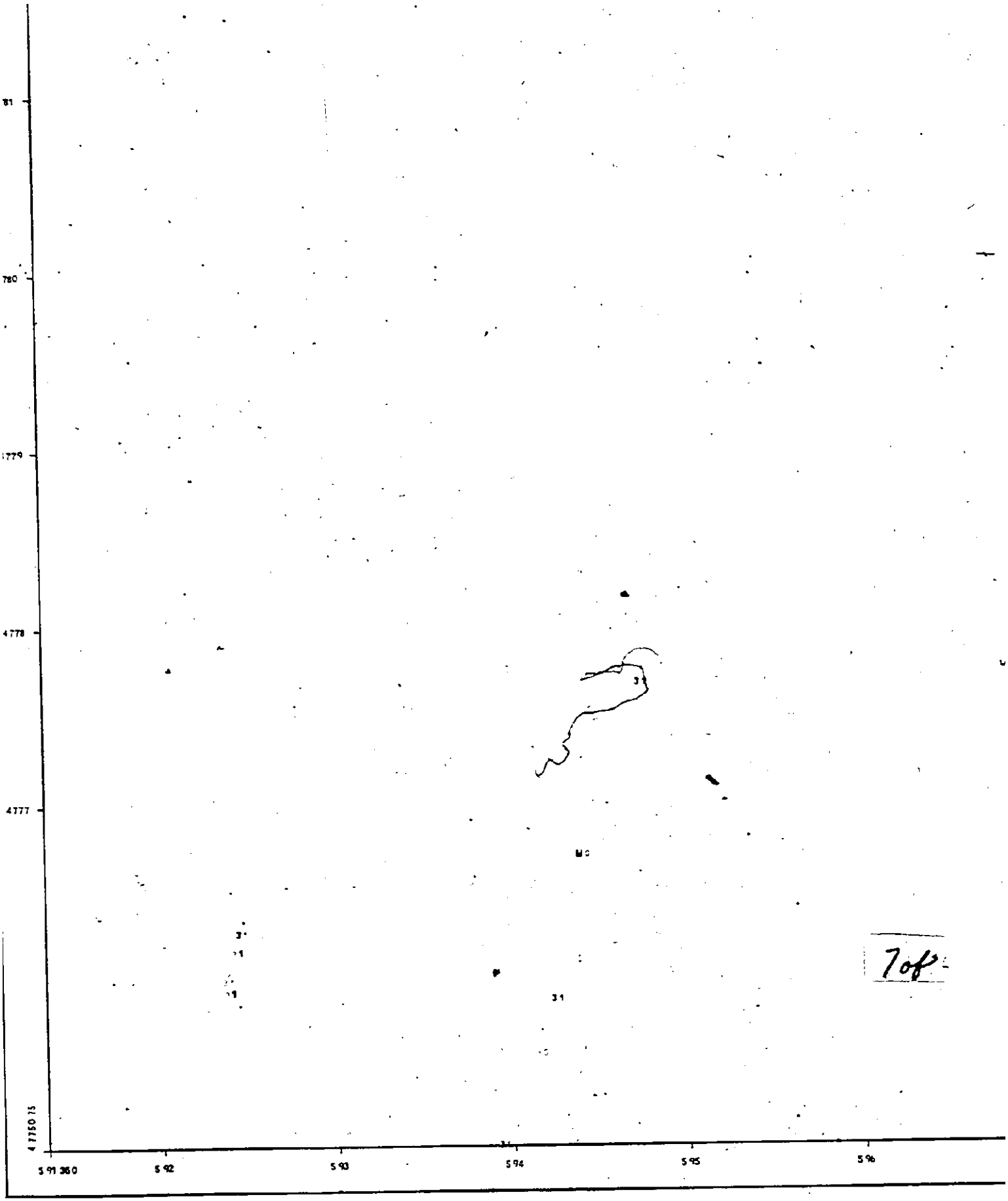

- GEOLOGIE URBAINE
JR DES FORMATIONS
1 MILLES
ELLE
F. J. MORIN
598
599
600
601
4789
4788
4787
4786
4785
4784
3of

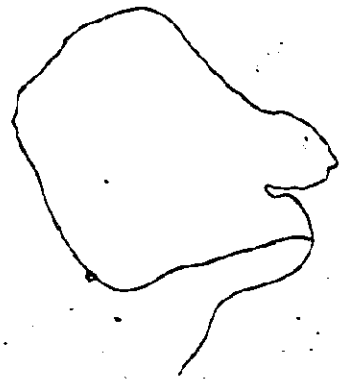


4 of



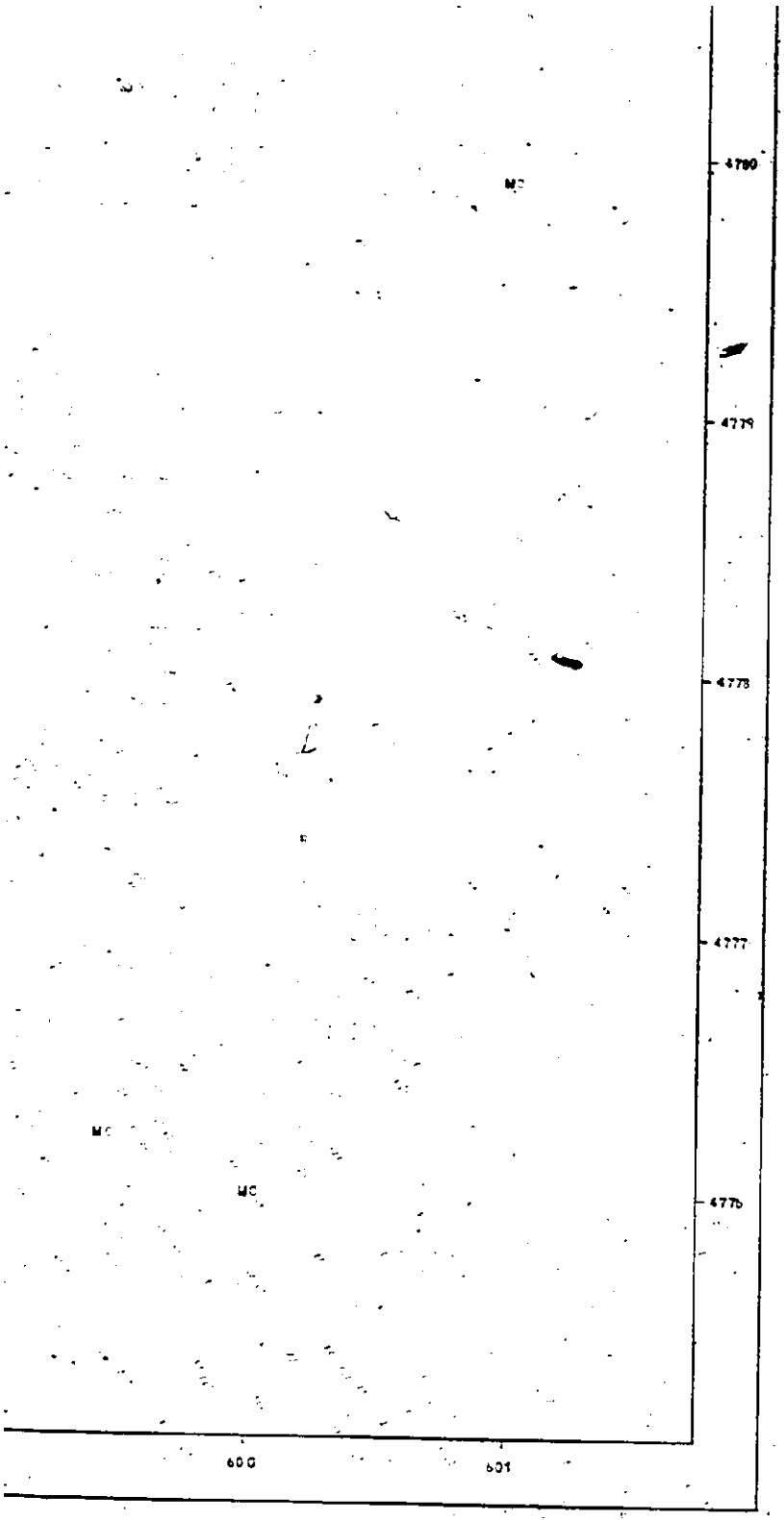
6 of


781
780
4779
4778
4777
4776 75
591 360
592
593
594
595
596
RID=BROWN
RID=BLUE
RID=RED



8 of

595 596 597 598 599 600



9 of 9

283 points

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
Pp. 326-328 - Figures No. 7-20 et 7-21

COLOR=YELLOW 3eM4F

Form 3

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN

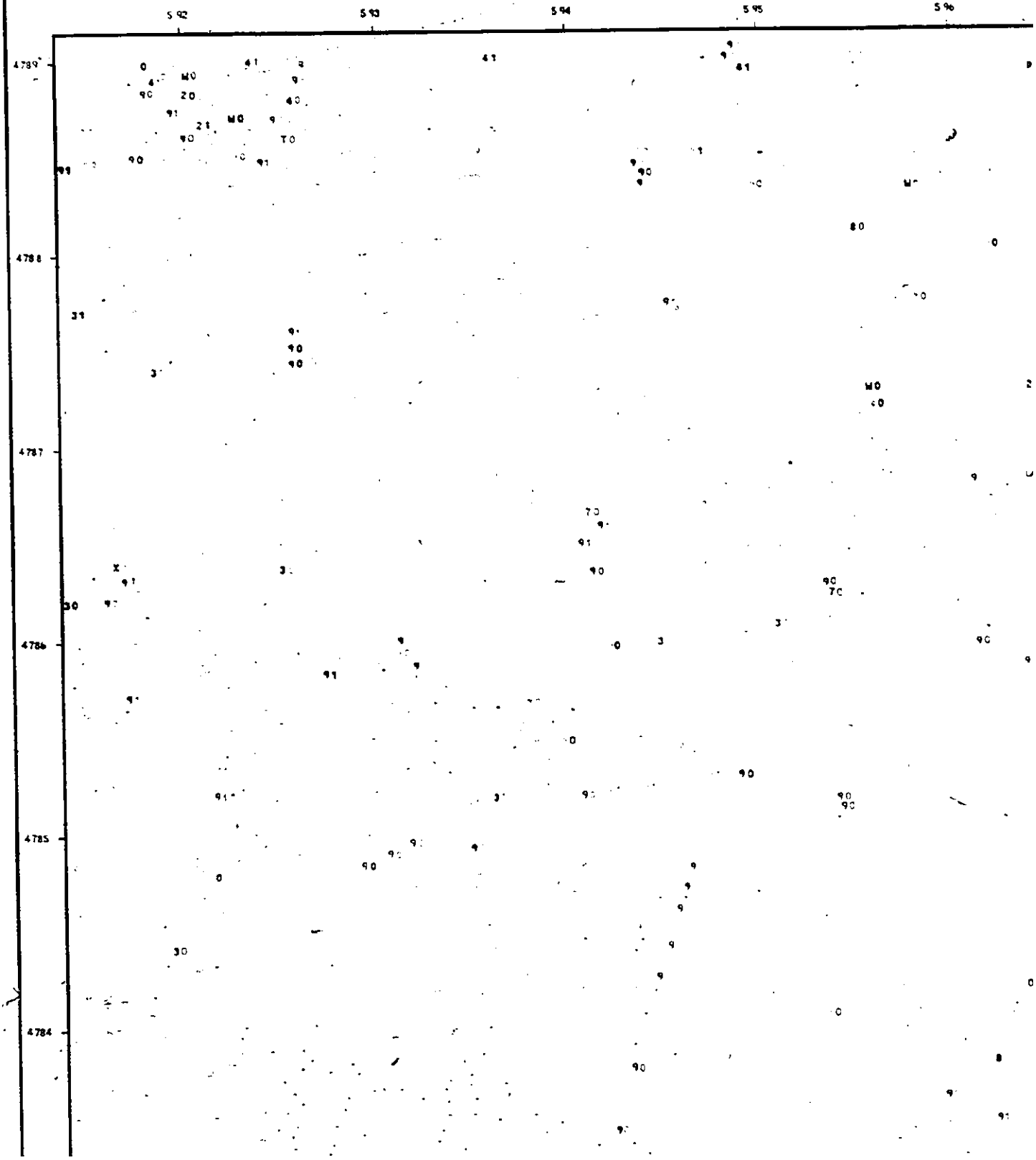
.HICKNESS ØF FØRMATIØNS

1 of

NTS MAP/CARTE

MILES 1

SCALE



EØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

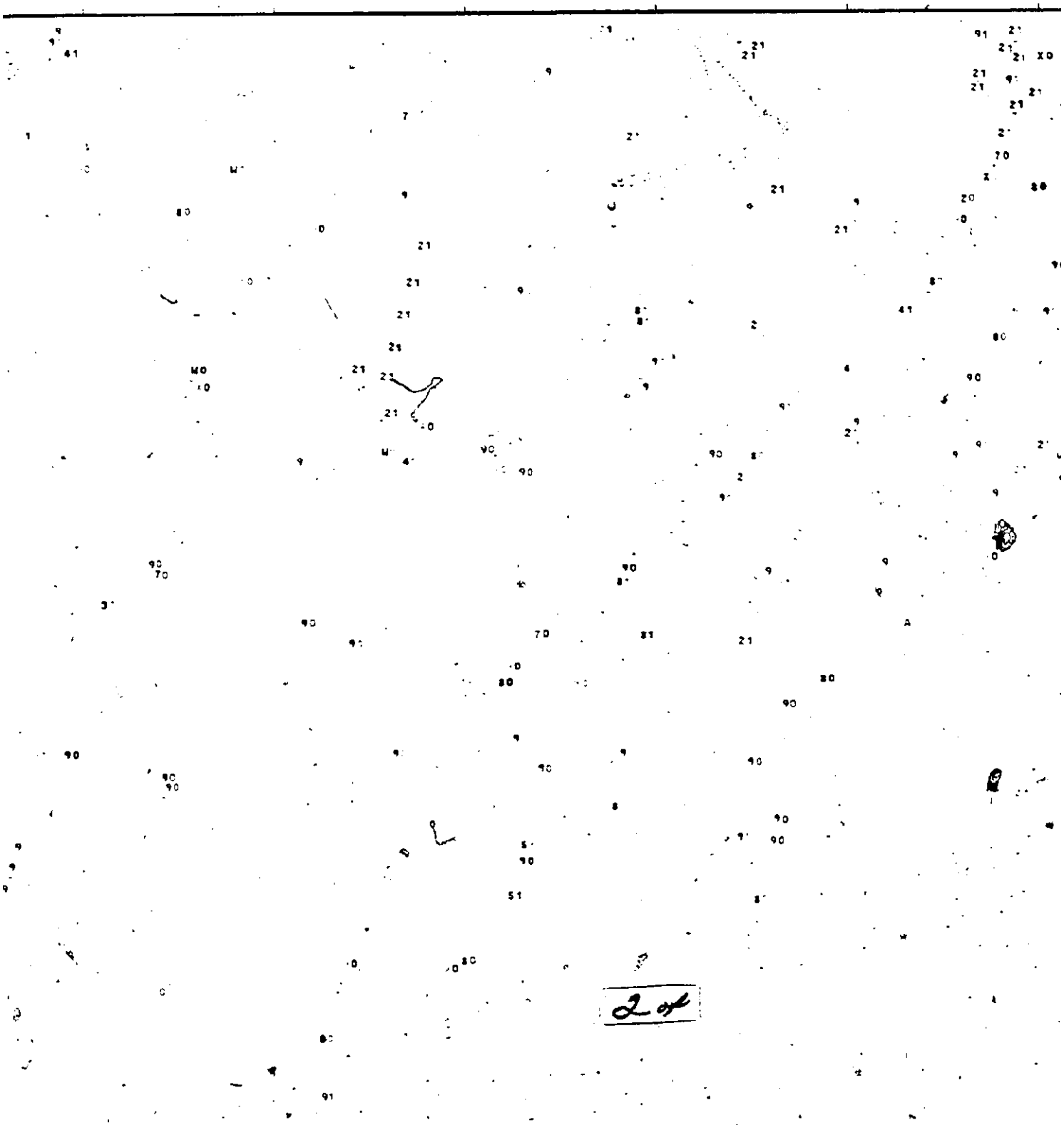
THICKNESS OF FORMATIONS—EPAISSEUR DES FORMATIONS

NTS MAP/CARTE NO 30M4F -- FORMATION NO 02

MILES 1 0 1 MILLES

SCALE 1= 25000 ECHELLE

595 596 597 598 599 600



2 of

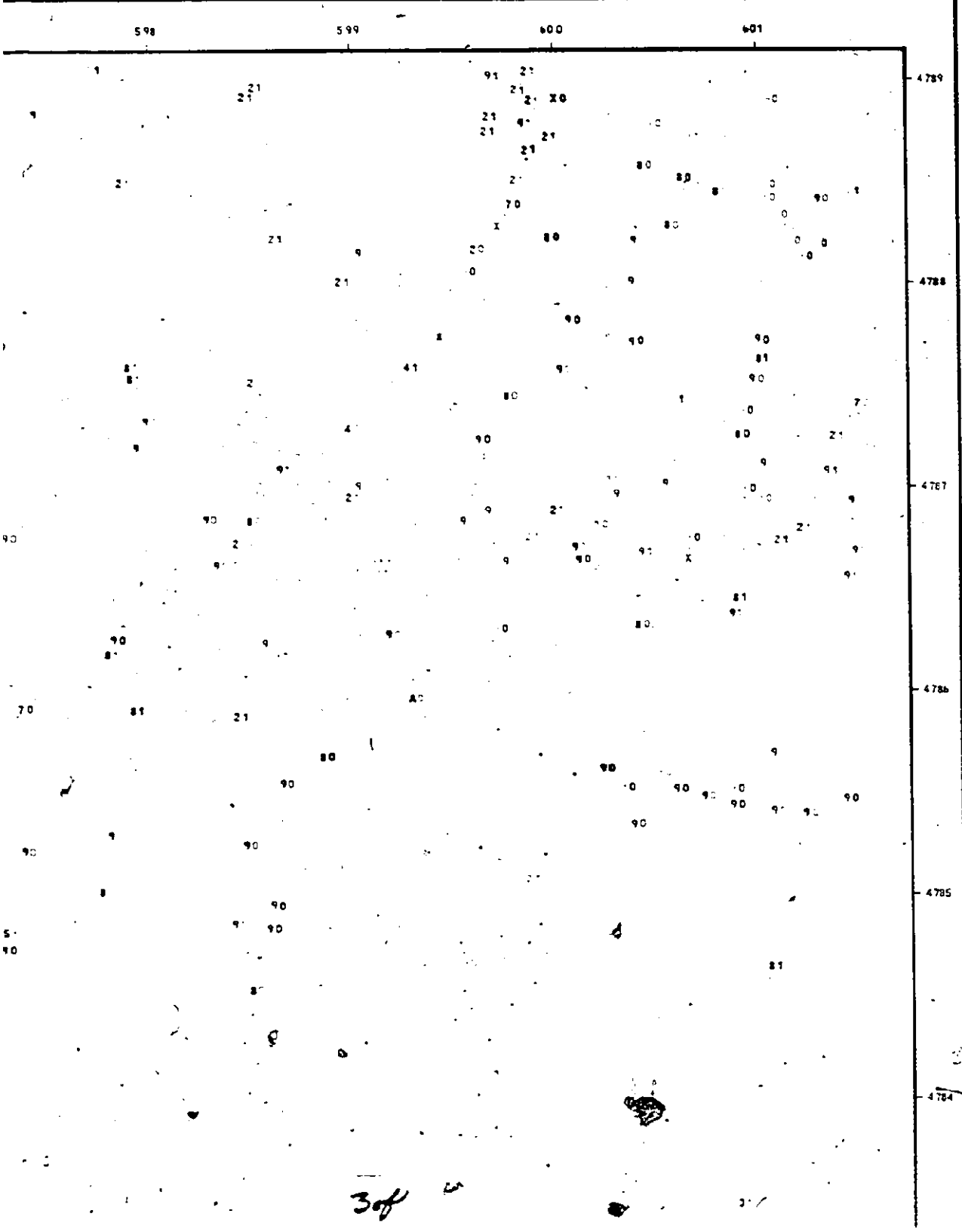
GEØLØGIE URBAINE

ES FORMATIONS

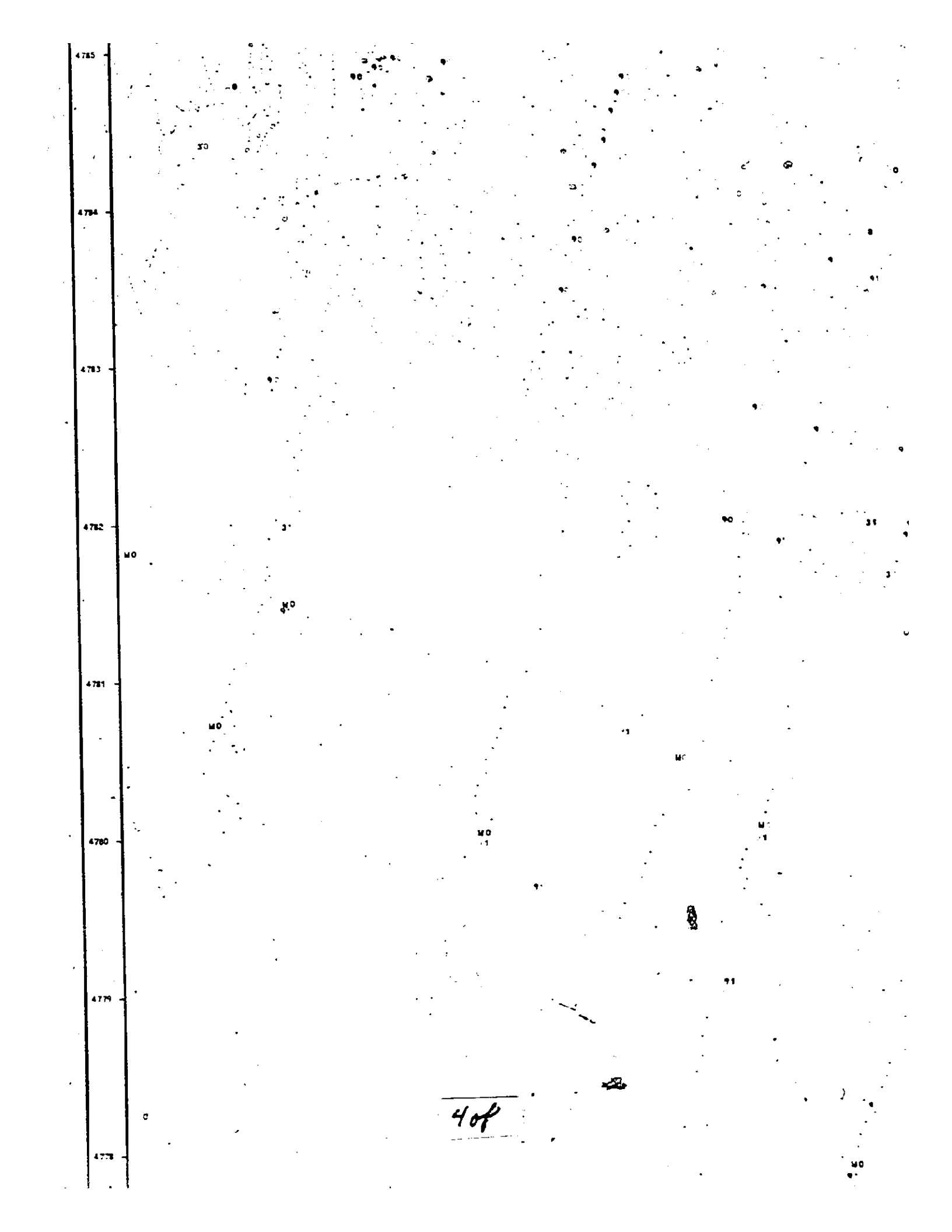
32

1 MILLES

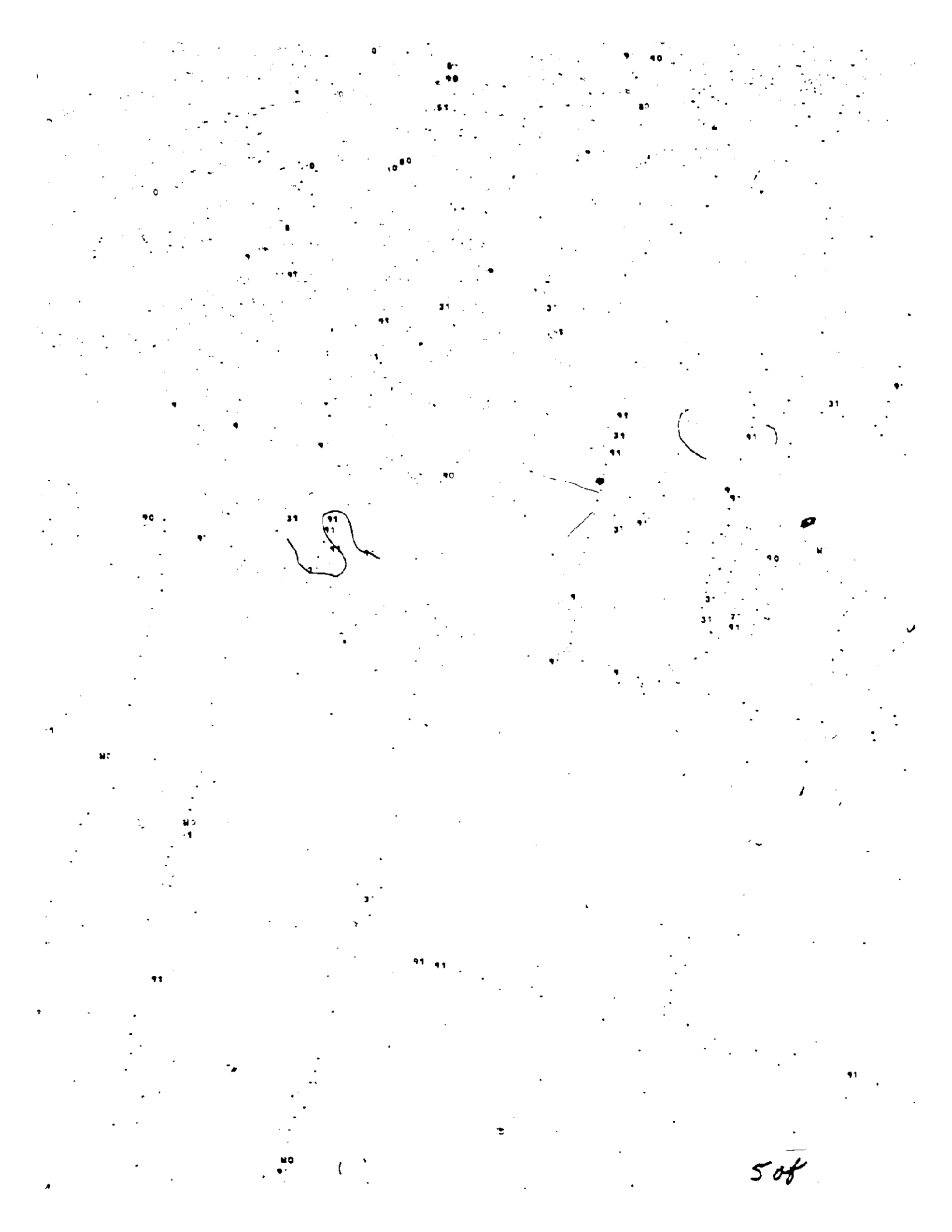
F. J. MORIN

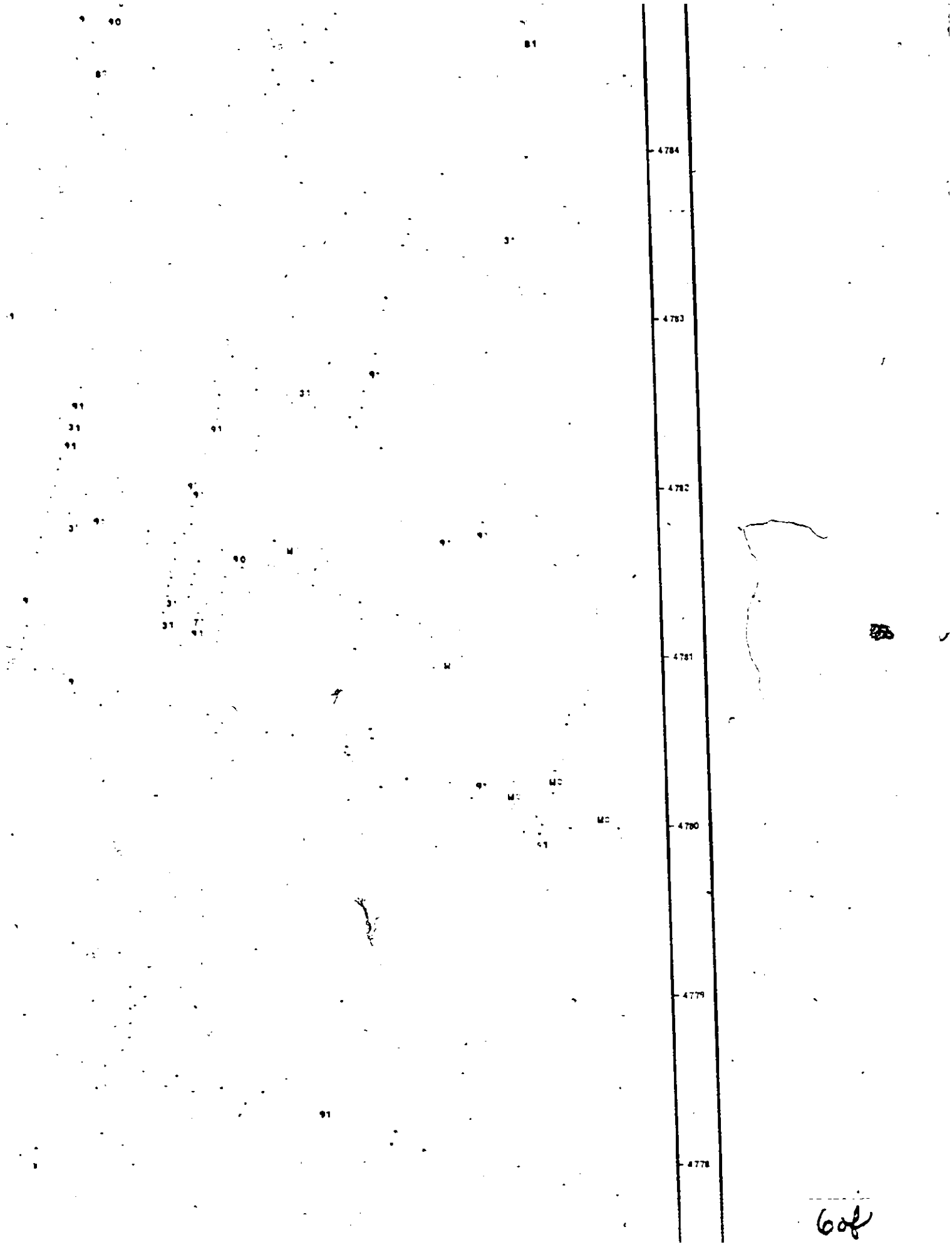


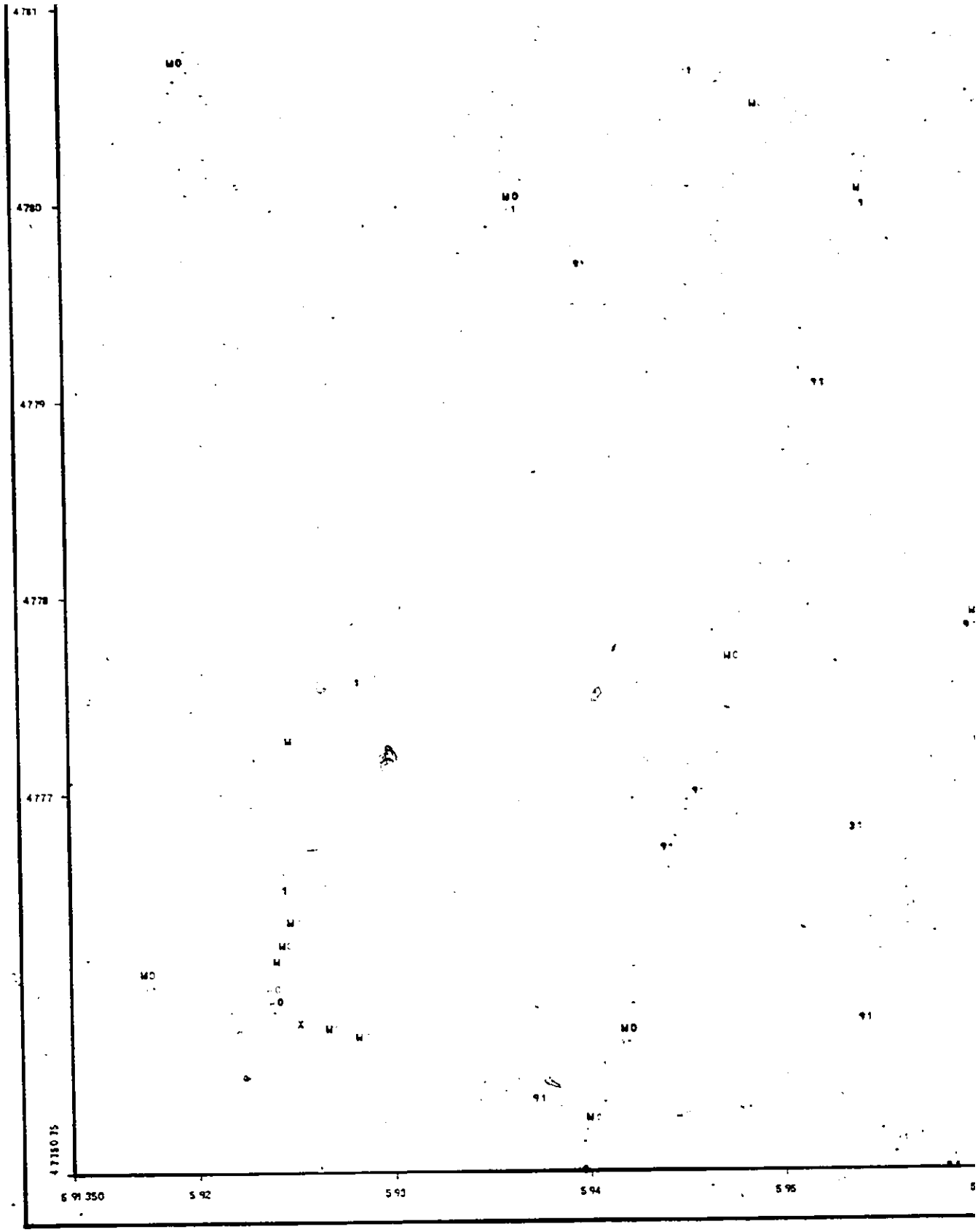
3 of



4 of




4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778

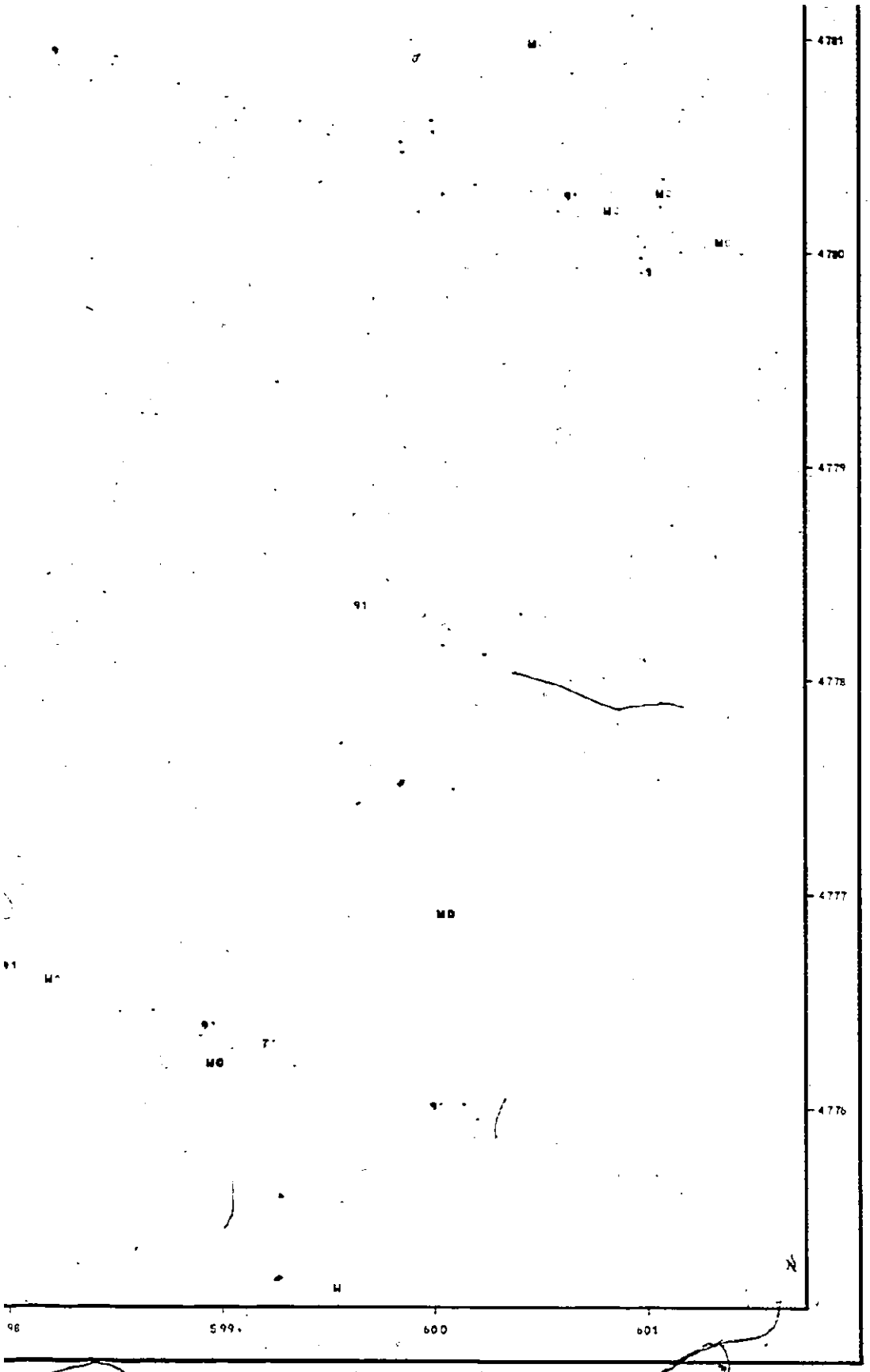


RIB=RED MB RIB=GREEN RIB=BLUE RIB=RED

PLOT NO. 1, JOB NO=144, 1, JOB NO=144,

7 of

5.95
5.96
5.97
5.98
5.99



9 of 9

1177 points
30 m HF.
Form 05

1

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
Pp. 322 - 334 - Figures No: 7-18 & 7-19

0.0,0.0 POS,4=00,COLOR=BLACK

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN

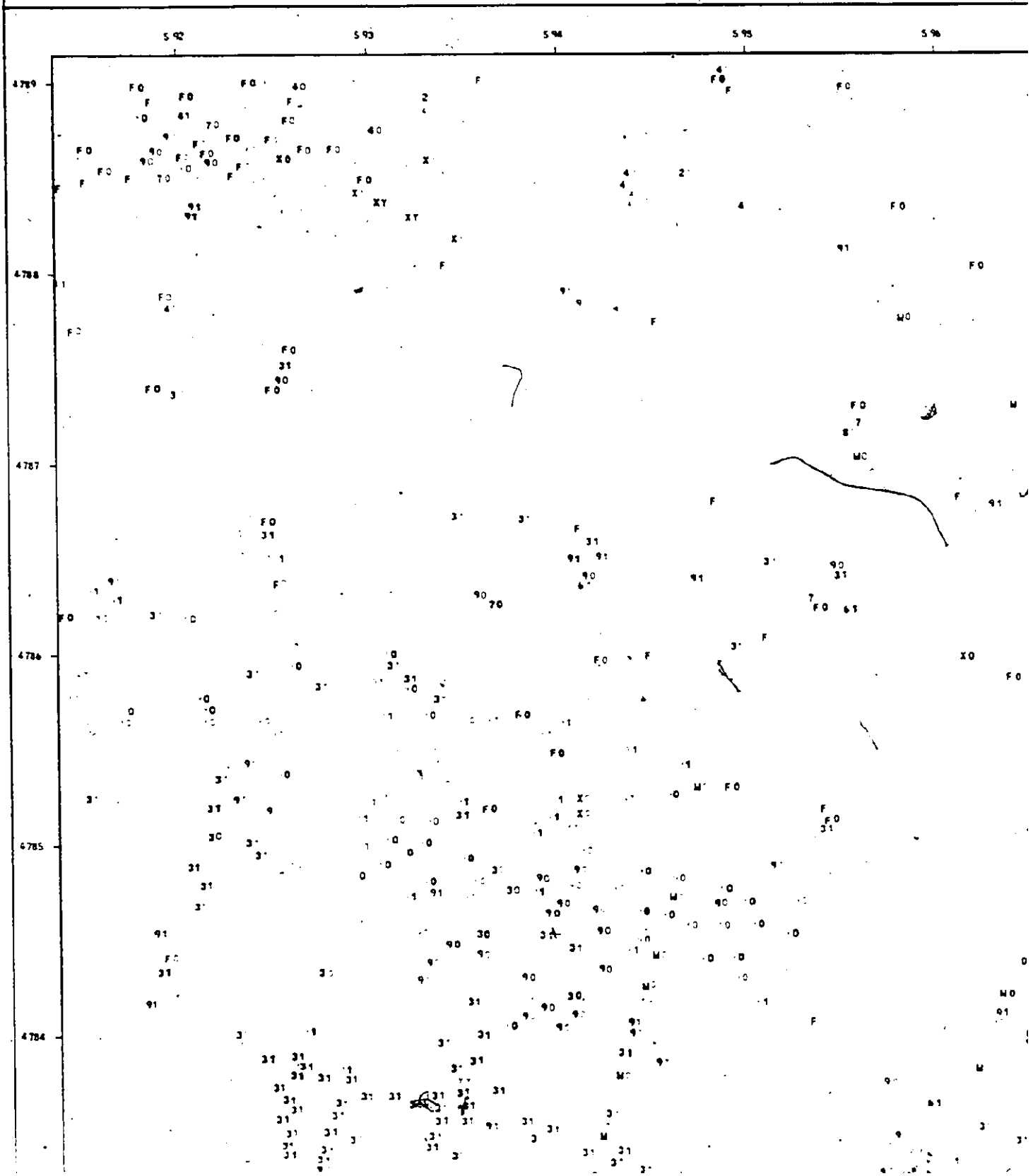
THICKNESS ØF FØRMATIØNS-

NTS MAP/CARTE NO 30H

1 of 1

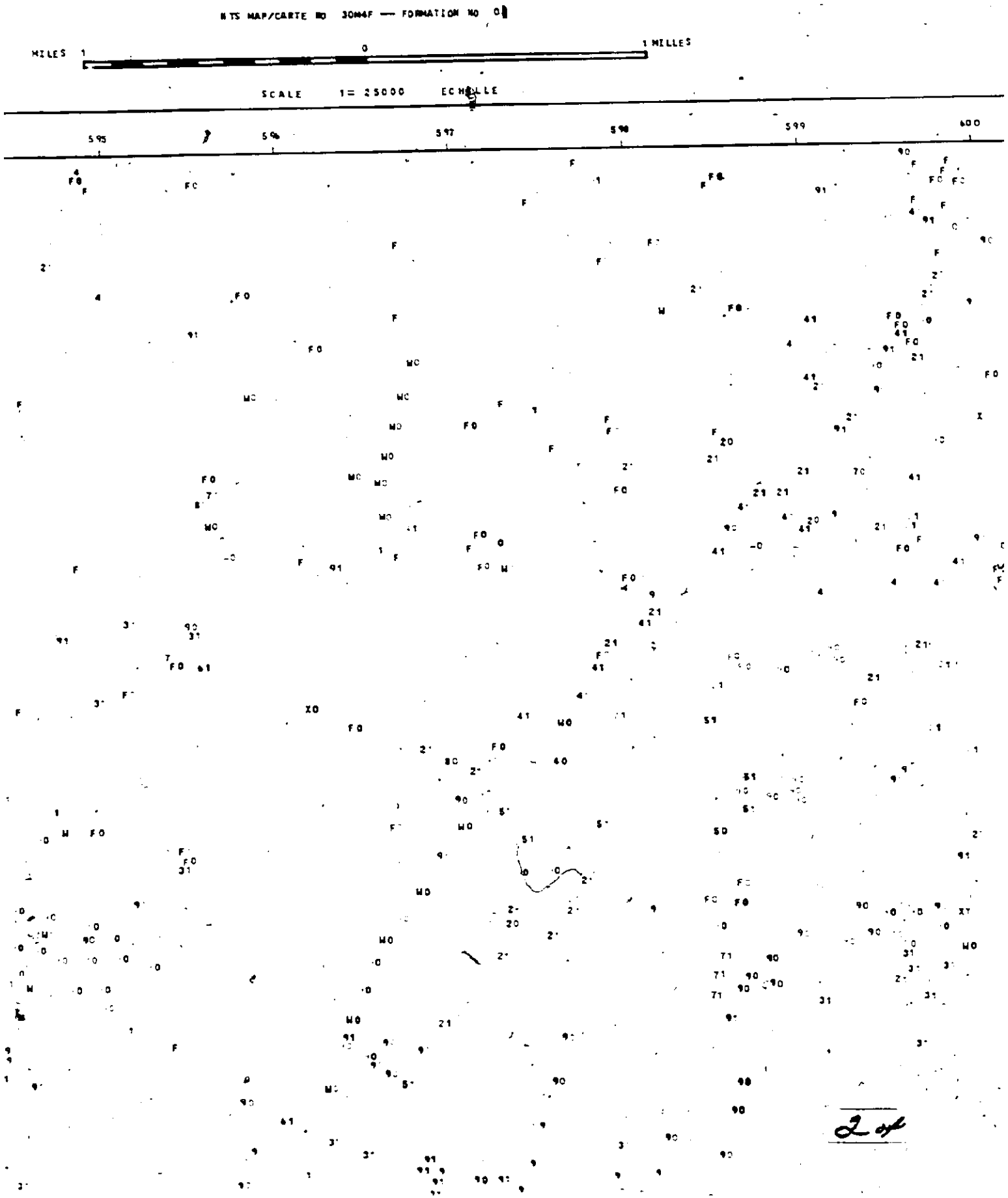
MILES 1

SCALE 1=



GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

THICKNESS ØF FØRMATIØNS--EPAISSEUR DES FØRMATIØNS



2 of

T. - GEØLØGIE URBAINE

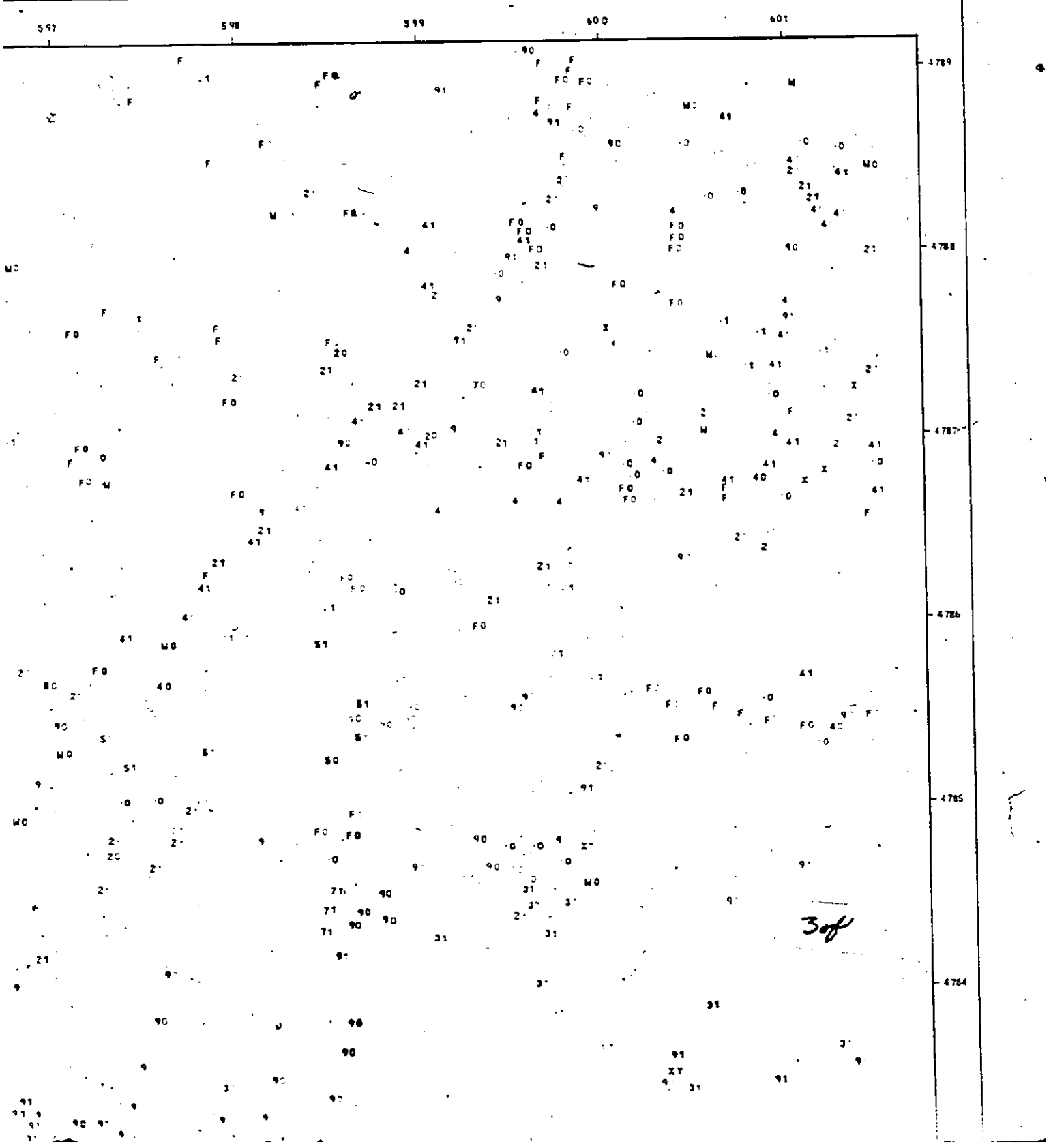
RISSEUR DES FØRMATIØNS

FORMATION NO 0

1 MILLES

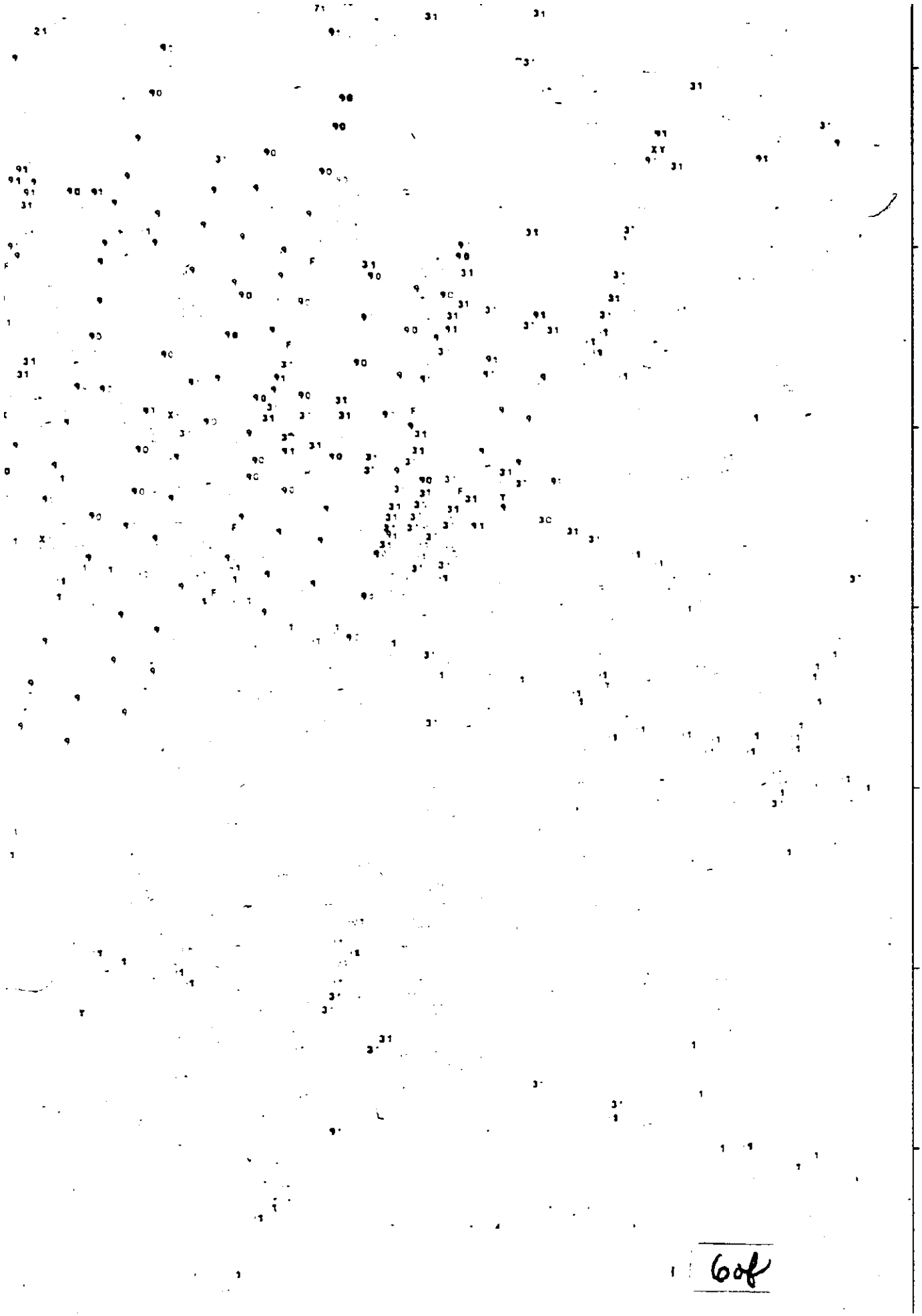
ECHELLE

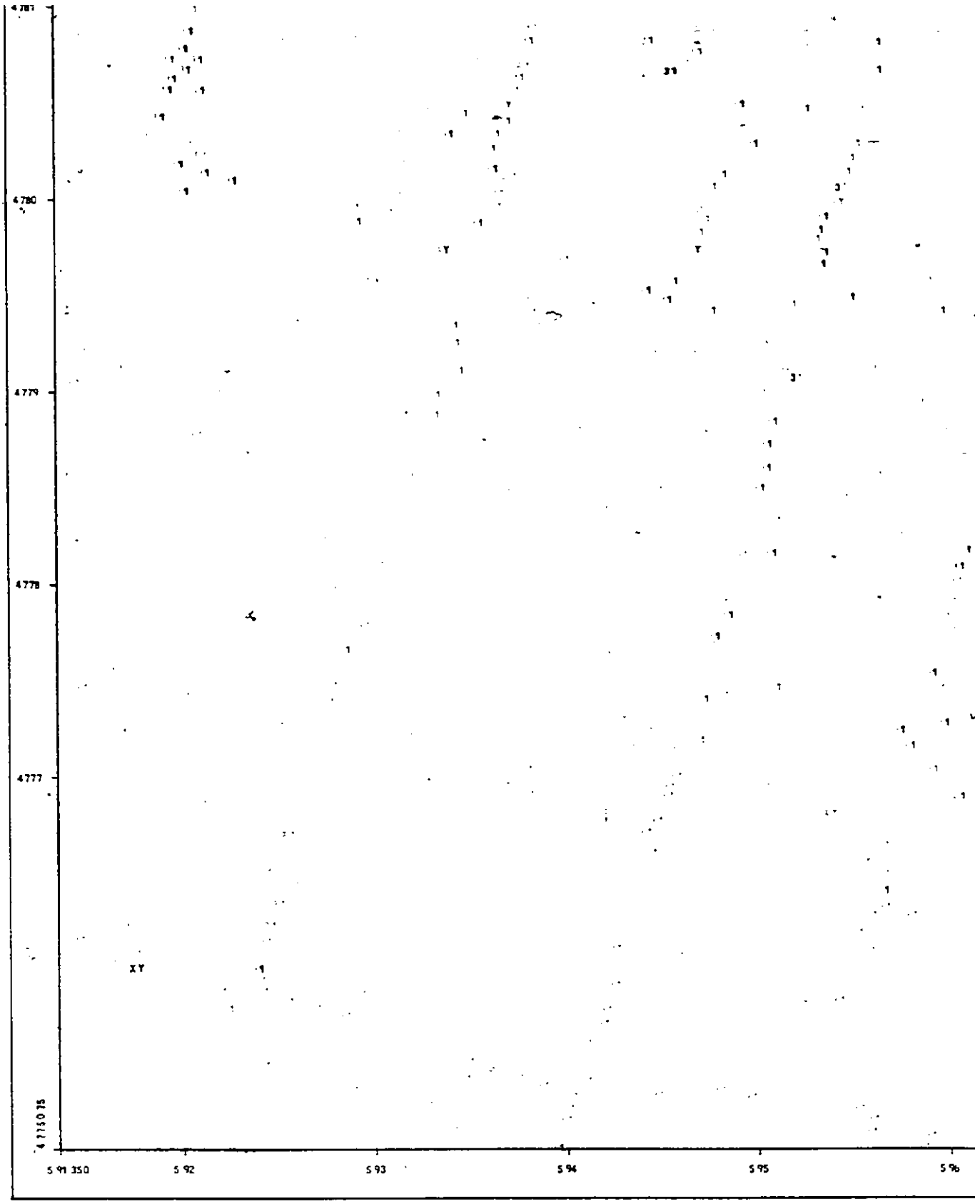
F. J. MORIN



3of

4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778

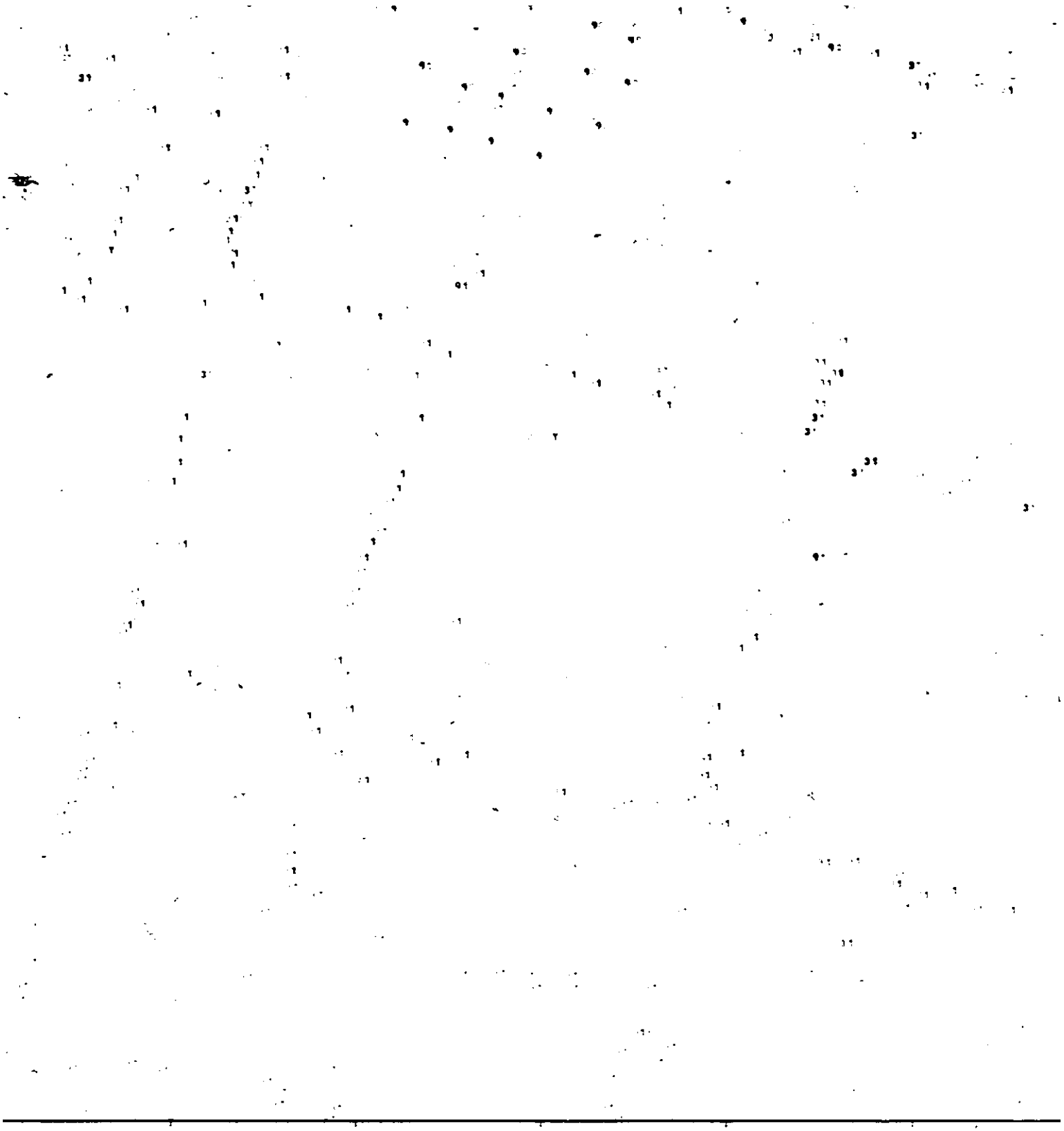

4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778

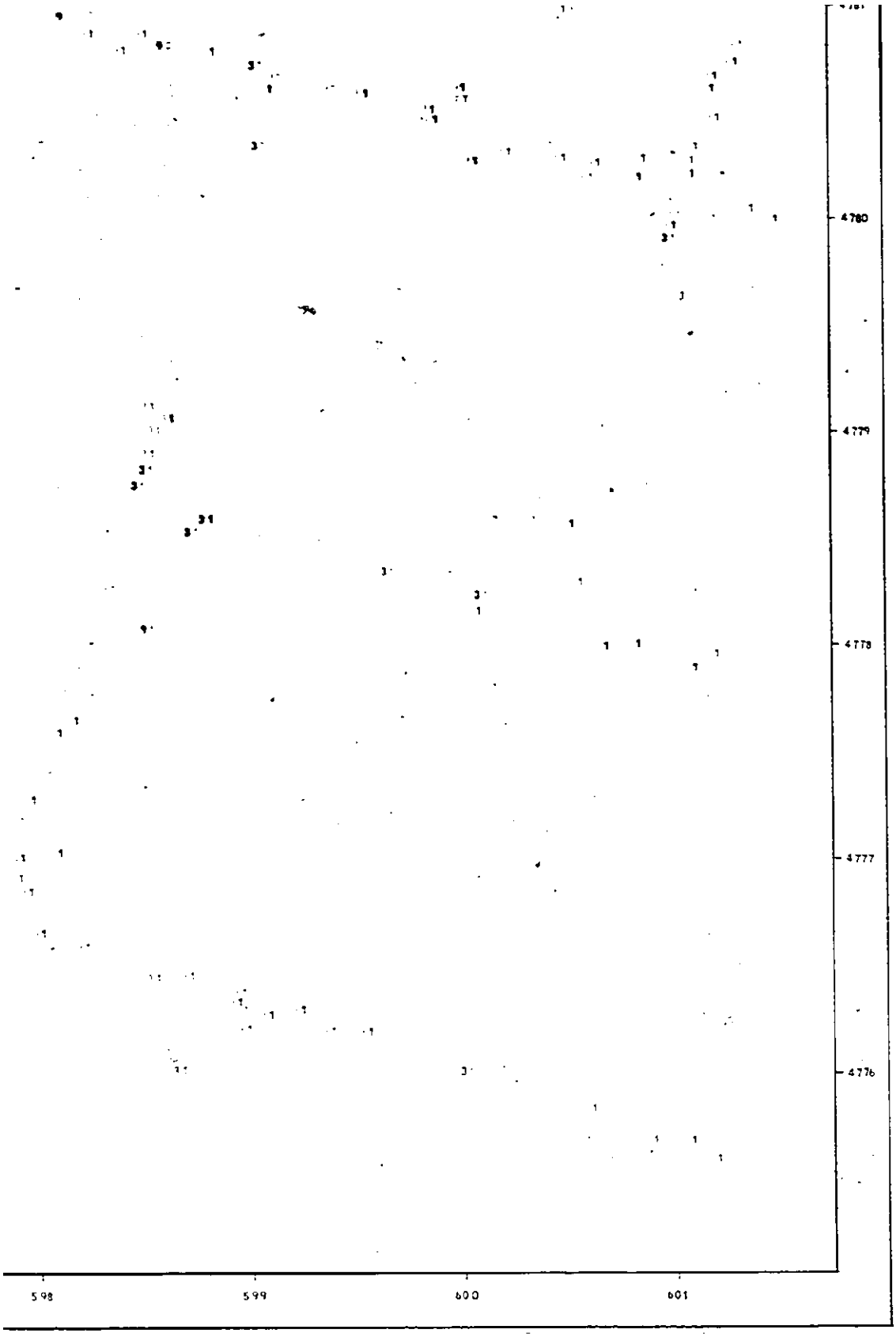


RIB=BROWN RIB=GREEN RIB=BLUE RIB=RED

PLOT NO. 1, JOB

7 of


595
596
597
598
599



1419 points

30M4F

(1)

formation (1)

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
P.p. 318-320 - Figures No: 7-16 et 7-17
Voir légende p. 317.

J.COLOR=BLACK

9 of 9

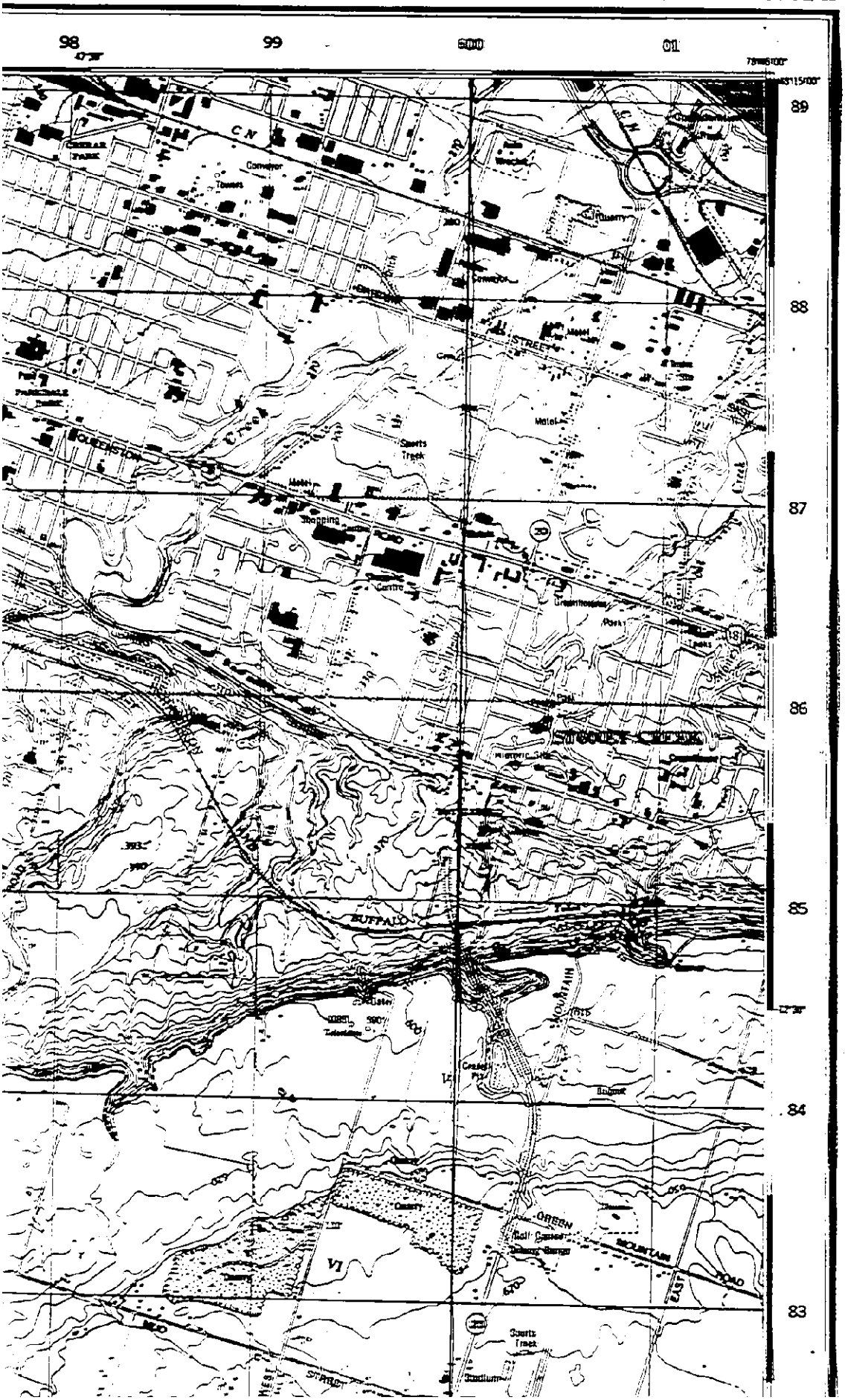
92
93
94
95
96
88
87
86
85
84
83
HAMILTON
MOUNTAIN
Redhill
ROAD
UPPER
Hospital
Community Centre
Dundurn Castle
Cemetery
Creek
Pond
Tennis Crt
Yellow Falls

94
95
96
97
98
99
HAMILTON
MOUNTAIN
85
84
83
STREET

EDITION 3

- 30 M/4f

Refer to this map as:	30 M/4f EDITION 3 MCE SERIES A 851

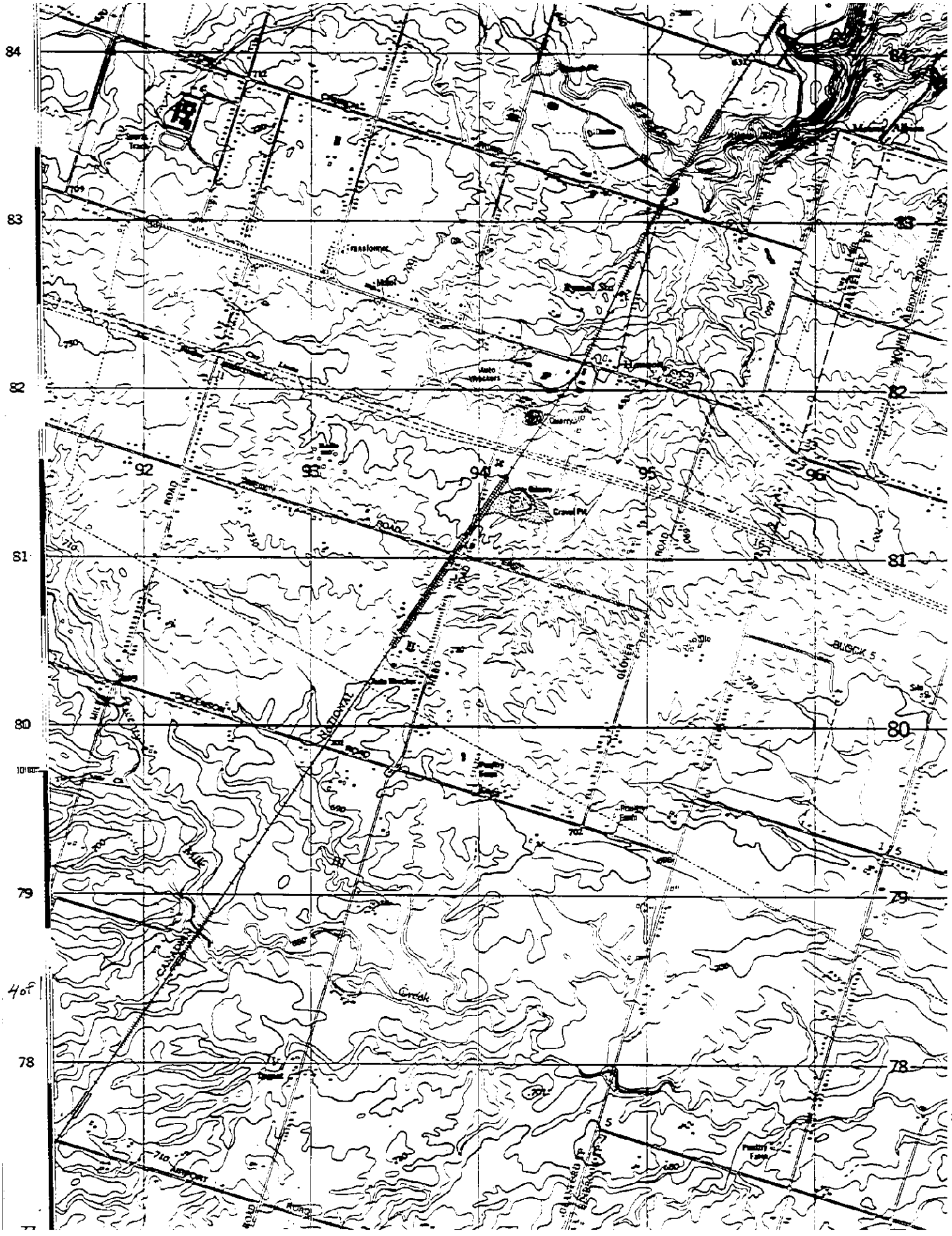


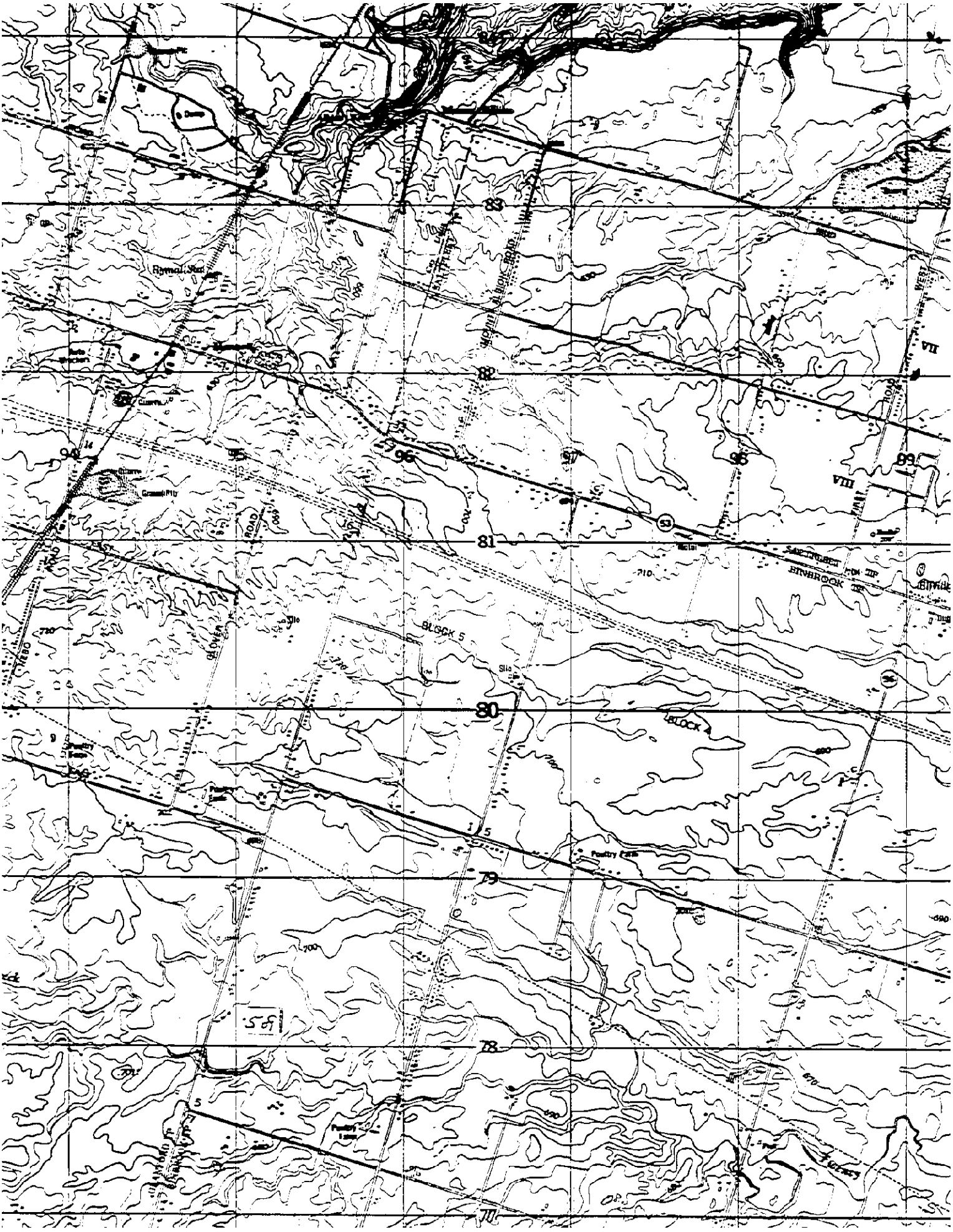
3 of

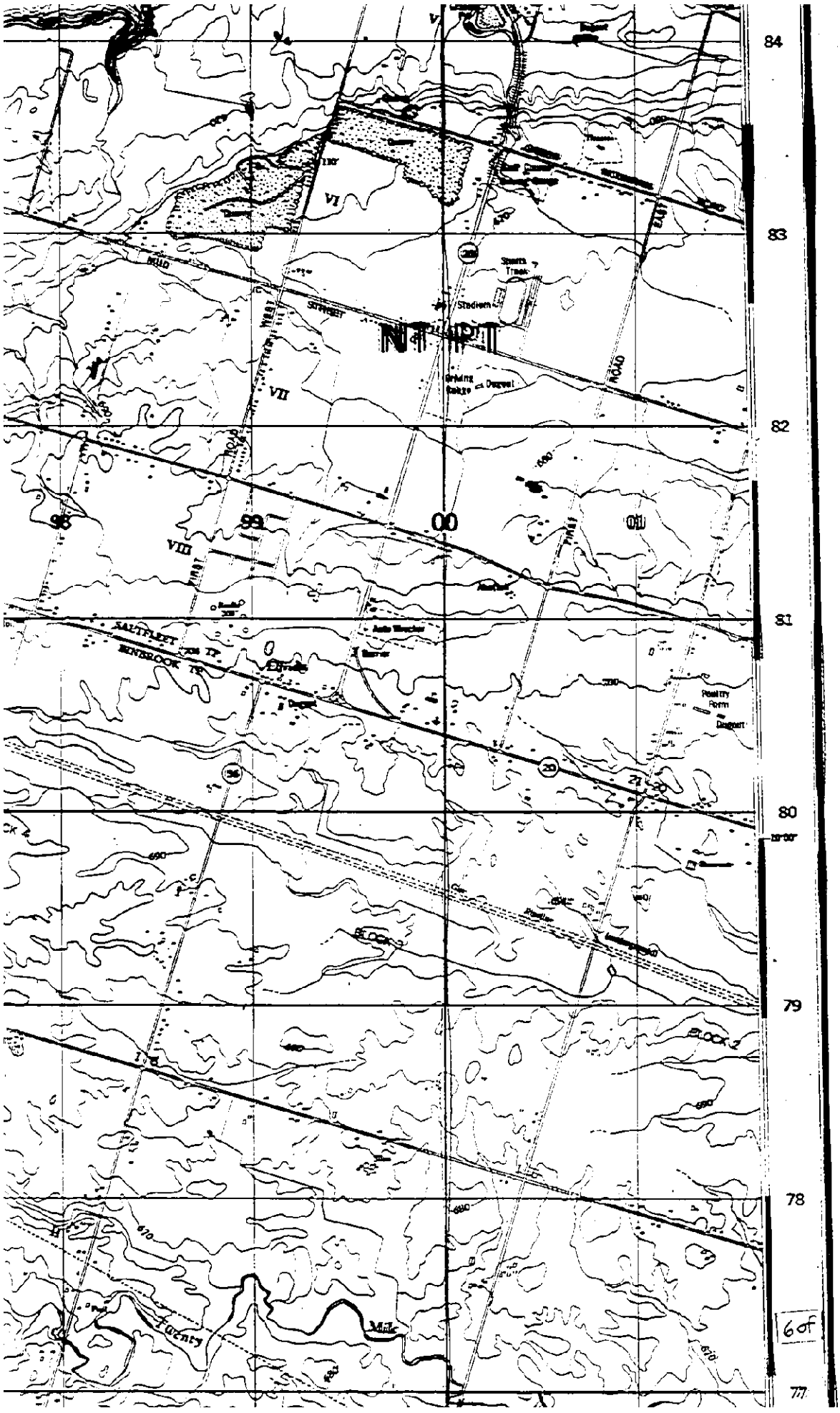
CONVERSION SCALE FOR ELEVATIONS

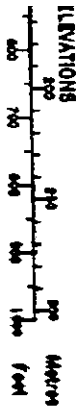
Metres

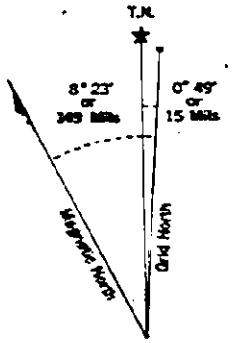
Feet


84
83
82
81
80
79
78
92
93
94
95
96
ROAD
Creek
BUSICK 5
4 of


83
82
96
81
80
79
78
77
BLOCK 5
BLOCK 4
BINBROOK
Poultry Farm
Poultry Farm
Orchard
Orchard
Orchard





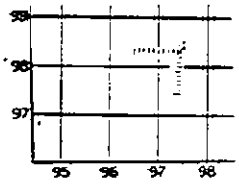


Annual change decreasing 1.5'

ONE THOUSAND METRE
UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR
ZONE 17

GRID ZONE DESIGNATION	100,000 M. SQUARE IDENTIFICA
17T	

EXAMPLE OF METHOD USED
TO GIVE A REFERENCE TO NEAREST 100 METRE

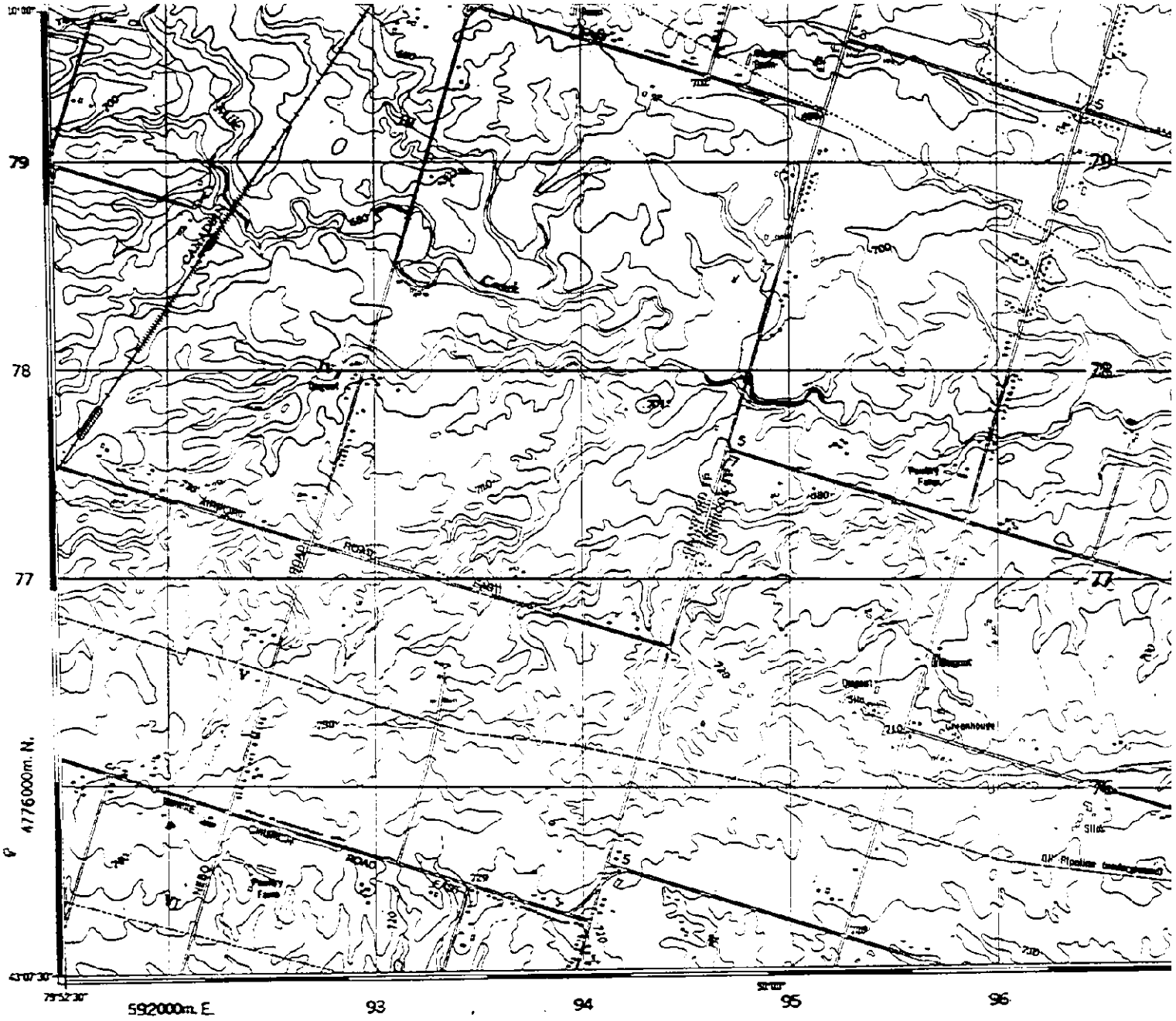


REFERENCE POINT	CHURCH (as above)
EASTING: Read number on grid line immediately to left of point	97
Estimate tenths of a square from this line eastward to point	97
NORTHING: Read number on grid line immediately below point	98
Estimate tenths of a square from this line northward to point	98

EXAMPLE MILITARY GRID REFERENCE: 97598

Nearest similar grid reference 100,000 metres (about 63

6 of



oduced by the SURVEYS AND MAPPING BRANCH,
EPARTMENT OF ENERGY, MINES AND RESOURCES.
formation depicted current as of 1968. Printed 1973

ions may be obtained from the Canada Map Office,
partment of Energy, Mines and Resources, Ottawa,
your nearest map dealer.

© Canada Copyright Reserved 1973

7 of

MOUNT A

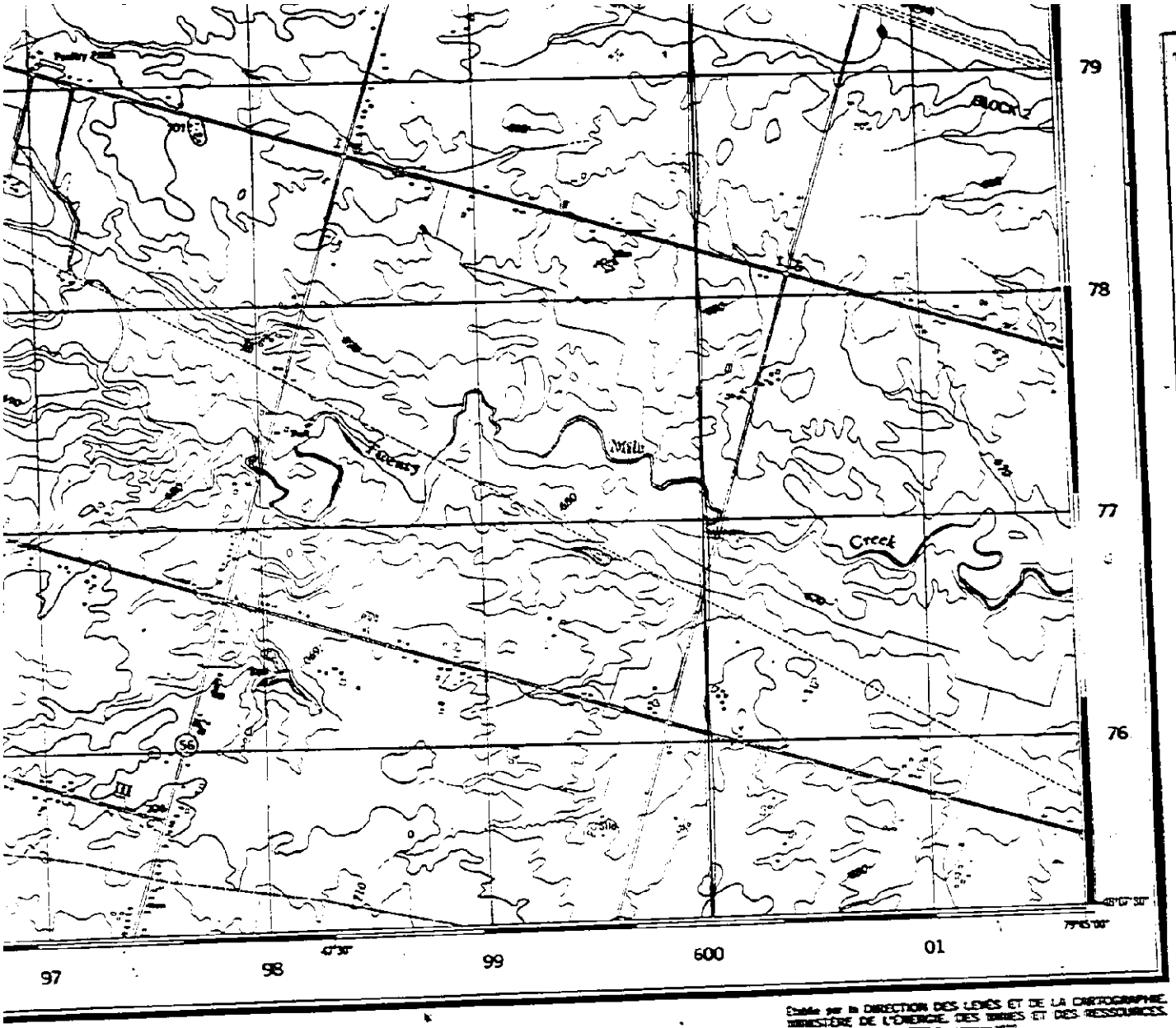
WESTMORLE CO

ONTARI

Scale 1:25,000 É

Roads:	Routes:	dual highway: 2 chaussées séparées	more than 2 lanes: plus de 2 voies
hard surface, all weather	pavée, toute saison	2 lanes: 2 voies	less than 2 lanes: moins de 2 voies
hard surface, all weather	pavée, toute saison	2 lanes or more: 2 voies ou plus	less than 2 lanes: moins de 2 voies
loose or stabilized surface, all weather	gravier aggloméré, toute saison		
loose surface, dry weather	de gravier, période sèche		
cart track	de terre		
trail or portage	sentier ou portage		
Railway, normal gauge, single track	Chemin de fer, voie unique (écartement normal)	yards: cours	wire: fils aériens	wireless: sans fil
Horizontal control point, with elevation	Point géodésique, avec cote			454 △
Bench mark, with elevation	Repère de nivellement, avec cote			BM 157 →
Spot elevation, precise	Point coté: précis			450
Mine or open cut	Mine ou fosse à ciel ouvert			

CANADA MODEL 20 REET
Datum: North American Datum 1927
Transverse Mercator Projection



LBION

10

Échelle

1000 Mètres

1000 Verges

Buildings ..... Bâtiment .....
School ..... École .....
Cemetery ..... Cimetière .....
Rock; bare or awash ..... Roche, nues ou à fleur d'eau .....
Power transmission line ..... Ligne de transport d'énergie .....
River with bridge ..... Rivière avec pont .....
Rapids, Falls; large, small ..... Rapides, Chutes, grands, petits .....
Lake intermittent; indefinite ..... Lac intermittent, mal emplacé .....
Marsh or Swamp ..... Marais ou marécage .....
Depression contours ..... Courbes de cuvette .....
Trees ..... Arbres .....
Woods ..... Bois .....
Vineyard; Orchard ..... Vignoble, Verger .....

Church ..... Église .....
Post Office ..... Bureau de poste .....
Navigation Light ..... Feu de navigation .....

Établie par la DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE, MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES.

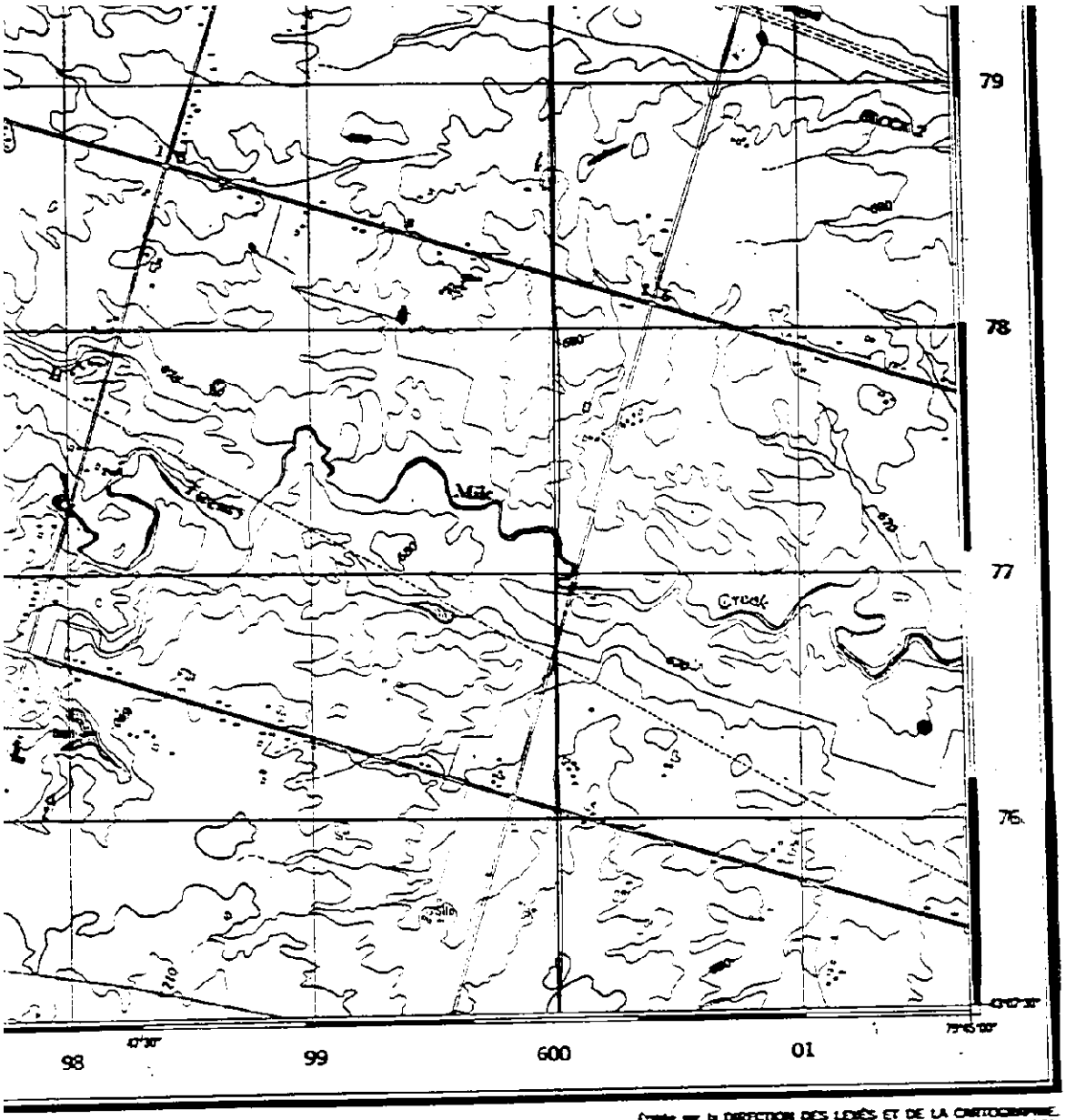
Ces cartes sont en vente au Bureau des Cartes du Canada, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, ou chez le marchand le plus près.

© Canada 1973. Tous droits réservés

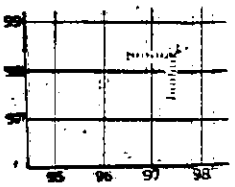
8of

Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

Fond de Carte 30 M/4 f.



EXAMPLE OF METHOD USED TO GIVE A REFERENCE TO HIGHEST 100 METRES



REFERENCE POINT CHURCH (as above)

EASTING: Read westerly on grid line immediately to left of point 97
Estimate tenths of a square from this line eastward to point 5
975

NORTHING: Read northerly on grid line immediately below point 96
Estimate tenths of a square from this line northward to point 4
984

EXAMPLE MILITARY GRID REFERENCE 975984

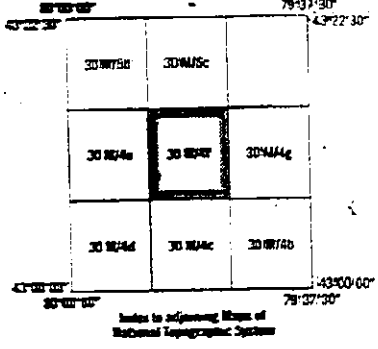
Nearest smaller grid reference = 100 000 metres (about 63 miles)

Publié par la DIRECTION DES LEVÉS ET DE LA CARTOGRAPHIE, MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE, DES MINES ET DES RESSOURCES. Renseignements à jour en 1968. Impression 1973

Ces cartes sont en vente au Bureau des Cartes du Canada, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa, ou chez le vendeur le plus près.

© Canada 1973, tous droits réservés

Tableau d'assemblage de Spécifications de référence cartographique



Index to adjoining Maps of National Topographic System

Building	Bâtiment	Church	Église
School	École	Post Office	Bureau de poste
Cemetery	Cimetière	Navigation Light	Feu de navigation
Rock: bare or awash	Roche: nue ou à fleur d'eau		
Power transmission line	Ligne de transport d'énergie		
Ford with bridge	Ravière avec pont		
Rapids, Falls: large, small	Rapides, Chutes: grands, petits		
Lake: intermittent, indefinite	Lac: intermittent, non-délimité		
Marsh or Swamp	Marais ou marécage		
Depression contours	Courbes de cuvette		
Trees	Arbres		
Woods	Bois		
Vineyard, Orchard	Vignoble, Verger		

Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

9

9 of 9

Fond de Carte 30 M/4D

MOUNT ALBION
30 M/4f
EDITION 3

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN

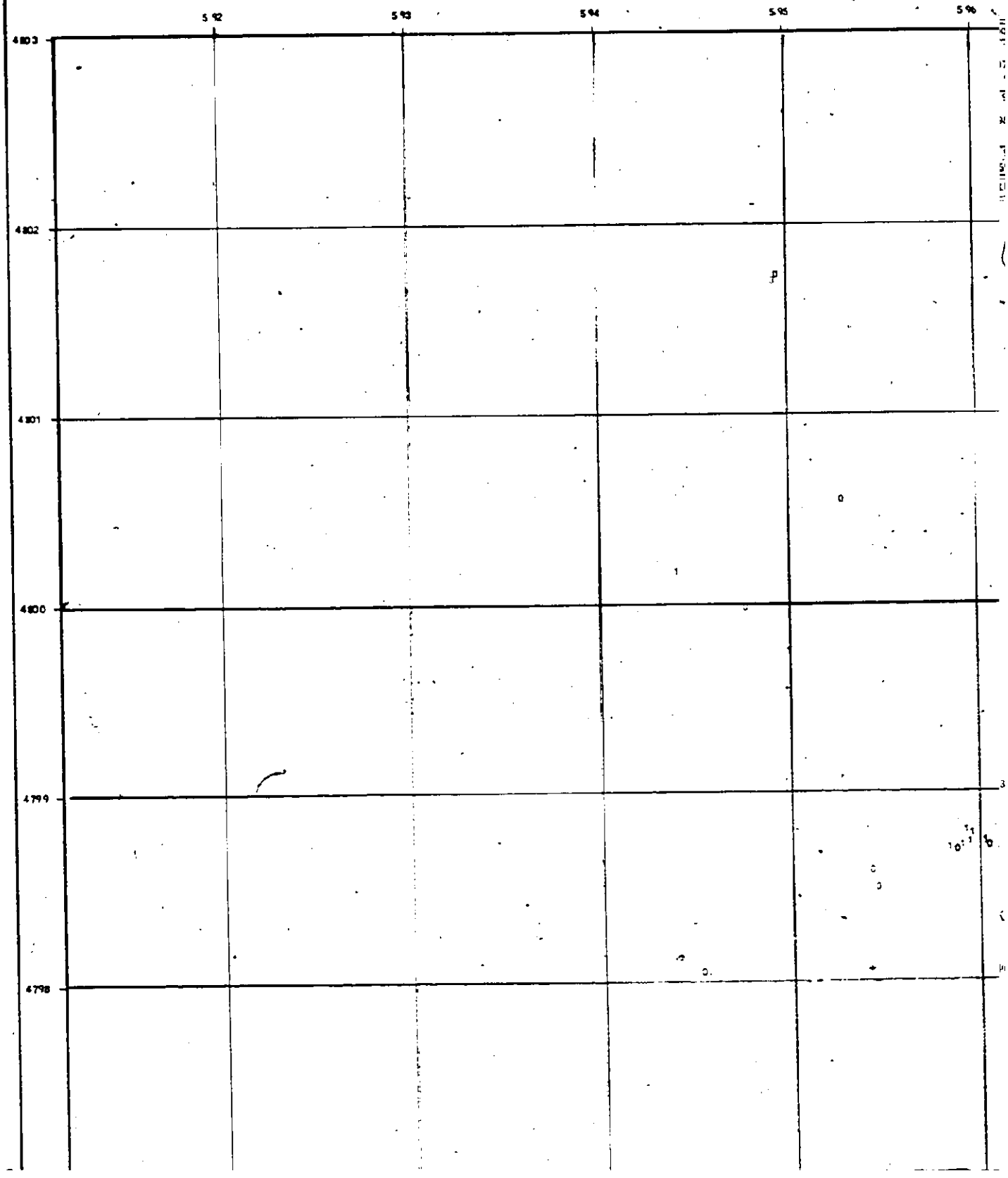
THICKNESS ØF FILL-

1 of 1

MILES 1

SCALE

NTS 30M/5c



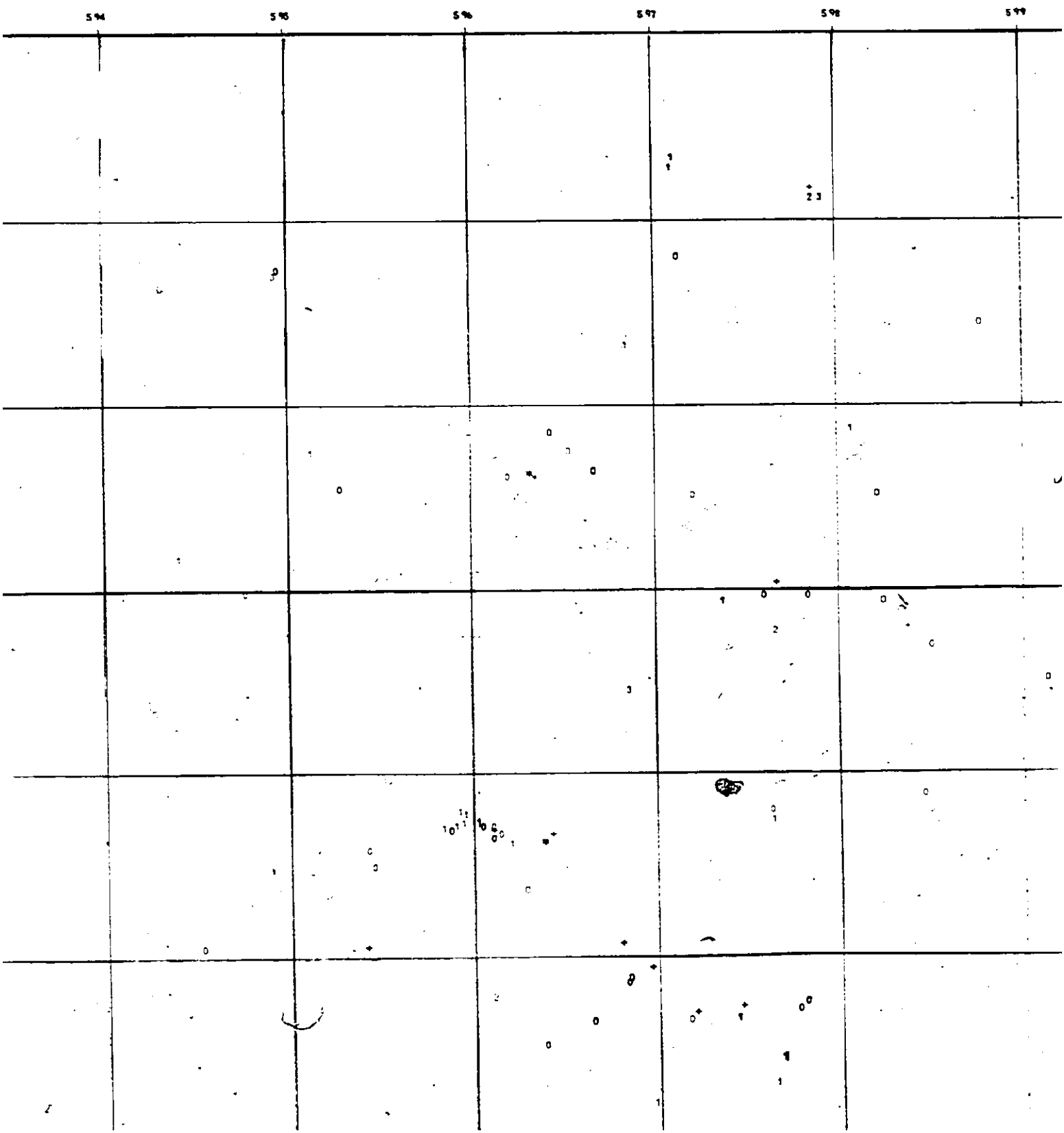
URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

THICKNESS ØF FILL--EPAISSEUR DES REMBLAIS

MILES 1 0 1 MILLES

2 of 2

SCALE 1= 25000 ECHELLE



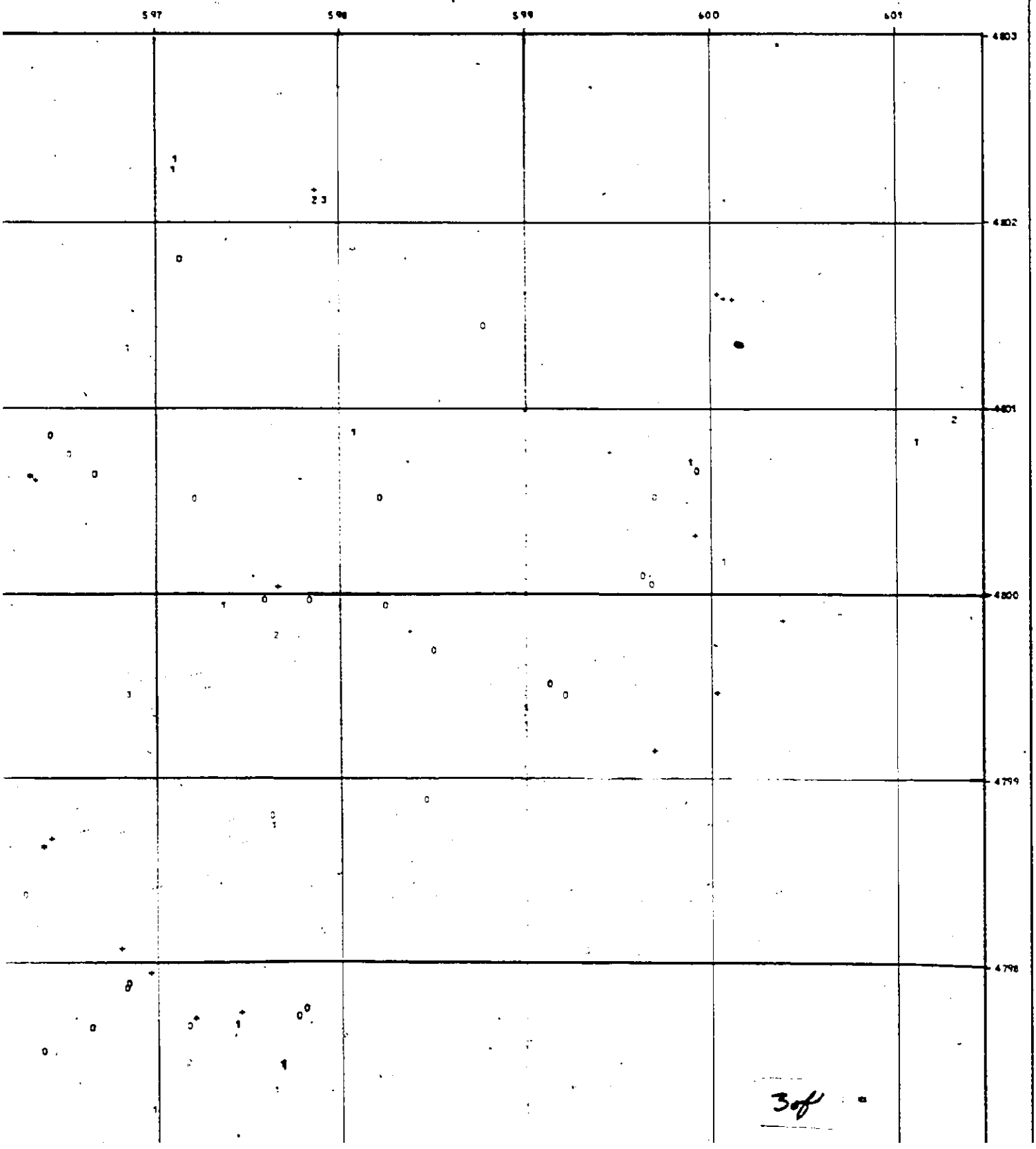
ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

-EPAISSEUR DES REMBLAIS

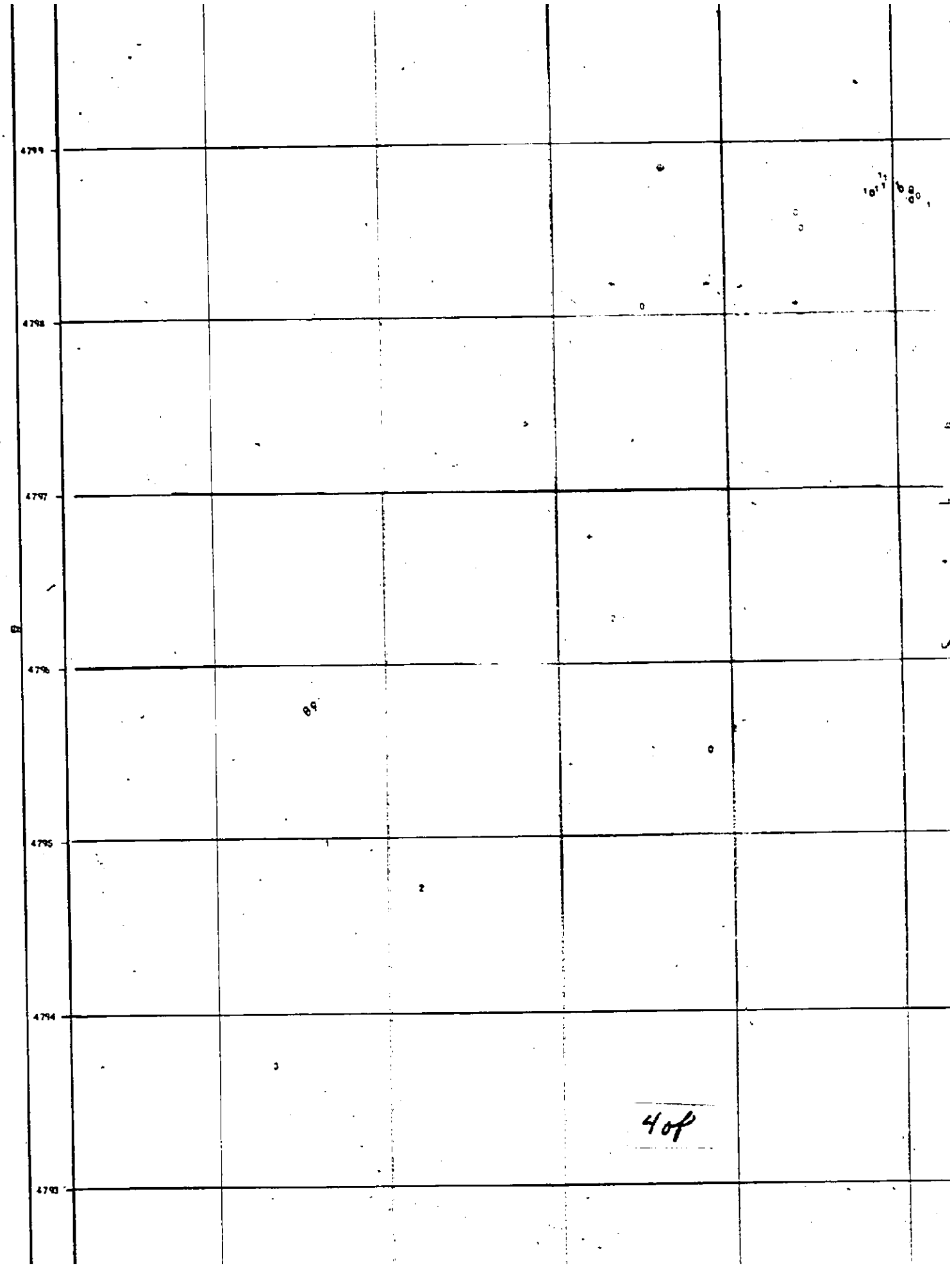
0 1 MILLES

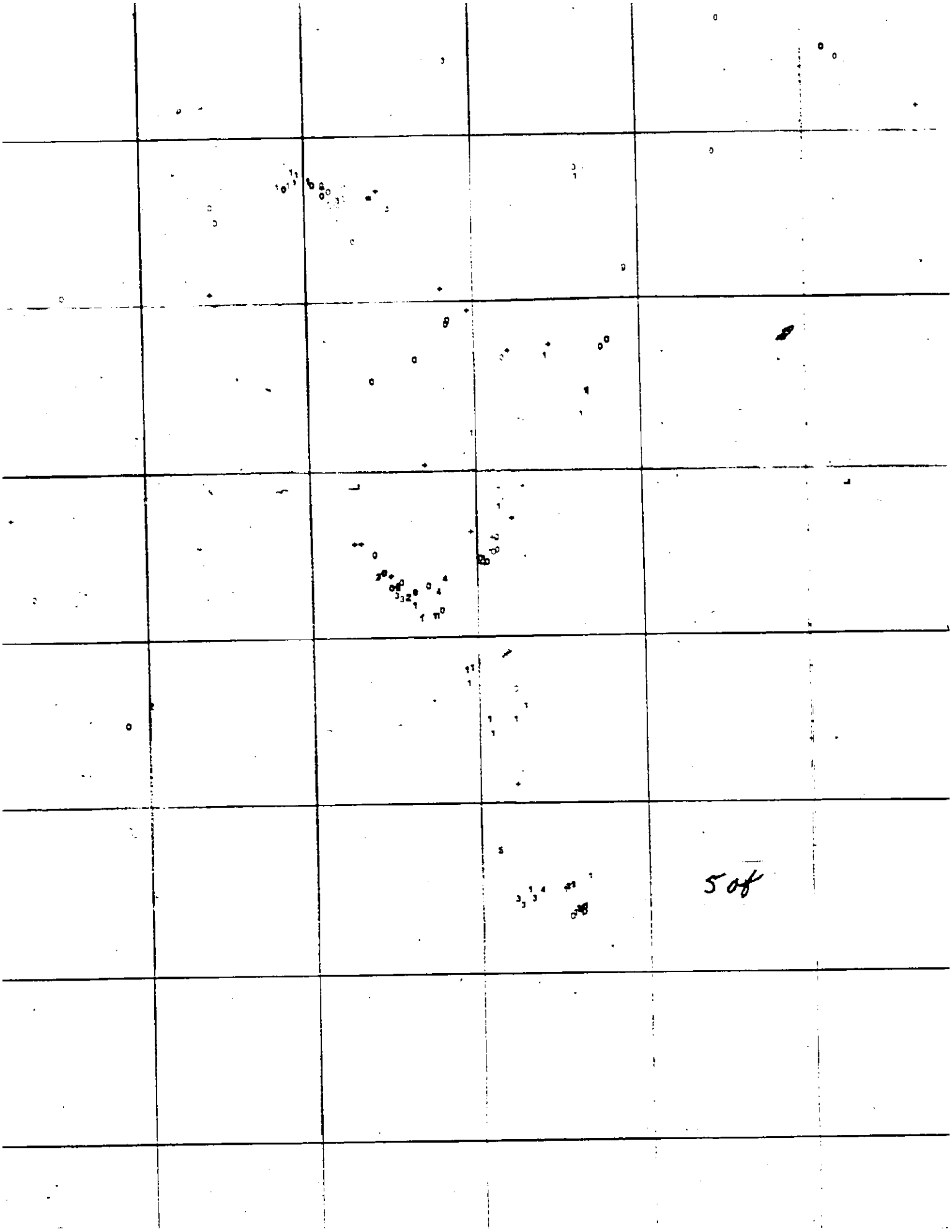
= 25000 ECHELLE

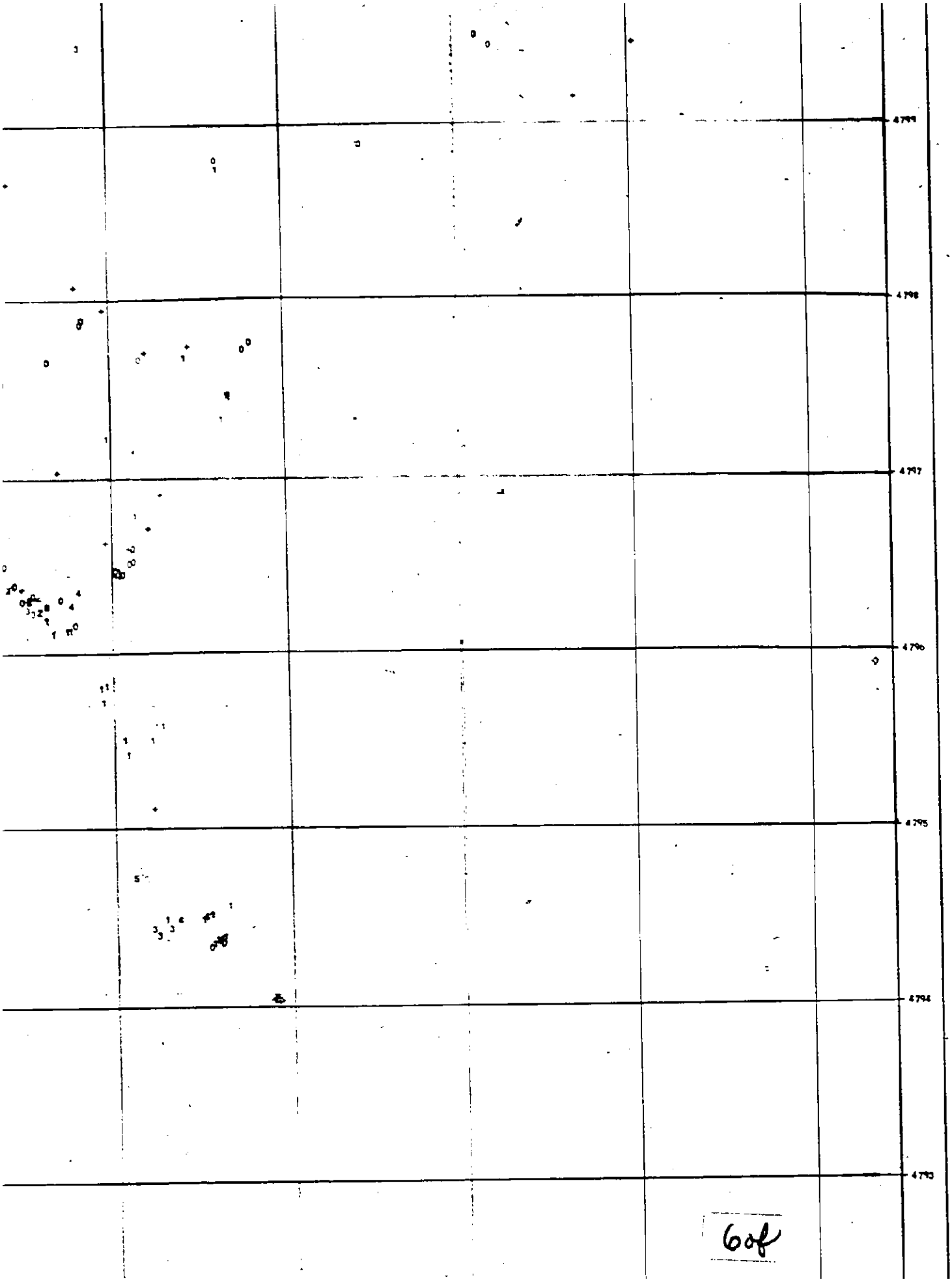
F. J. MORIN



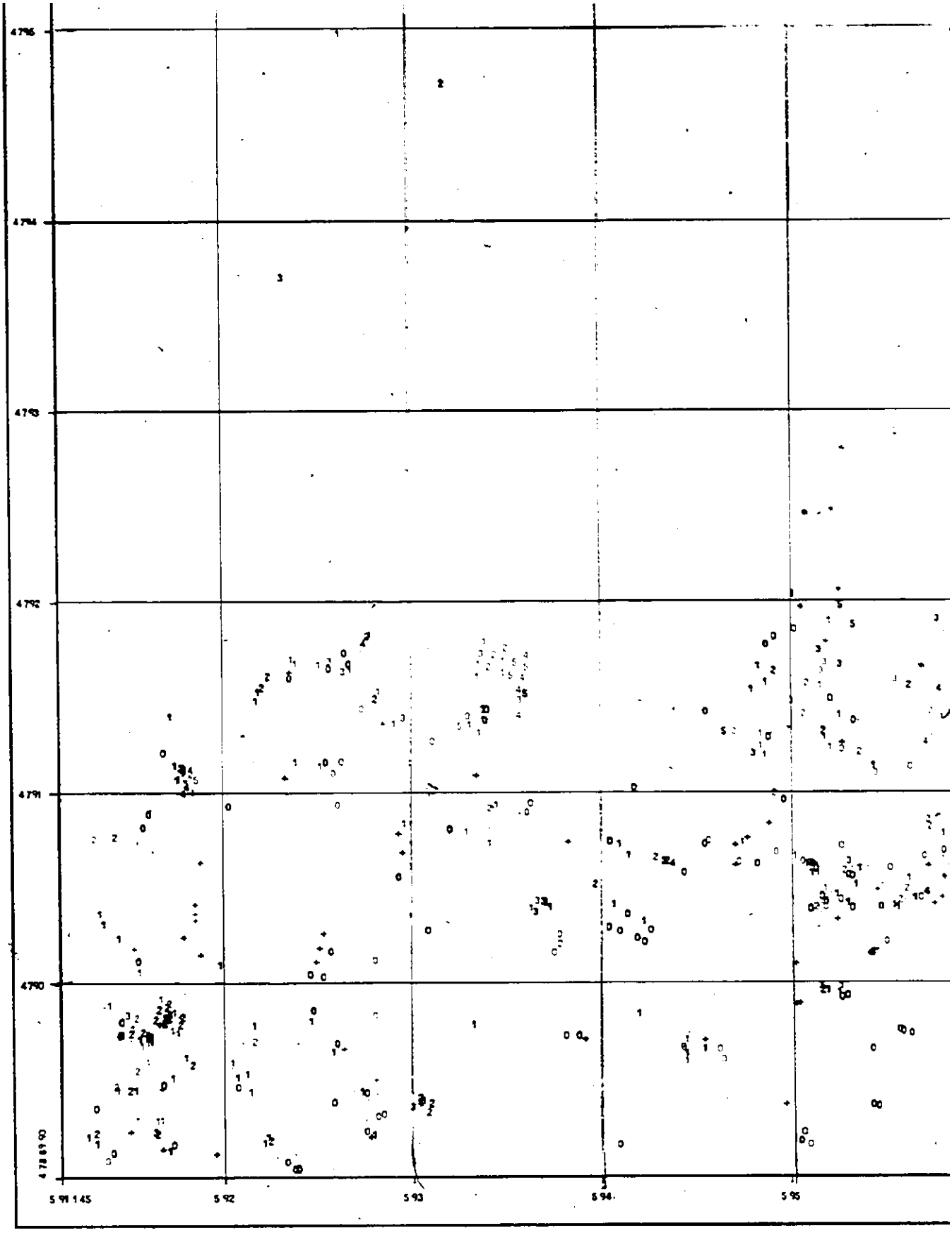
3 of


4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4 of

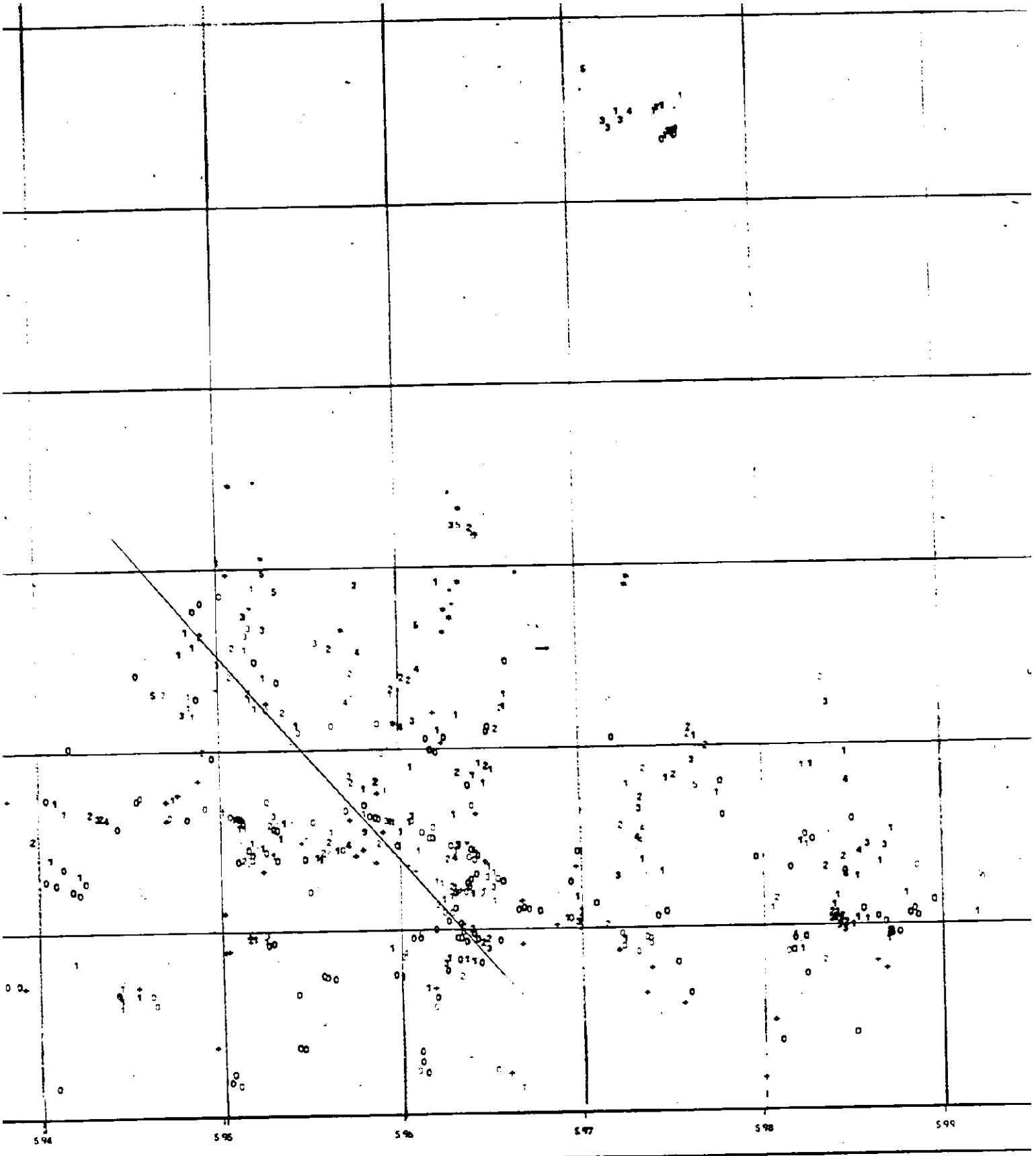

5 of



6of

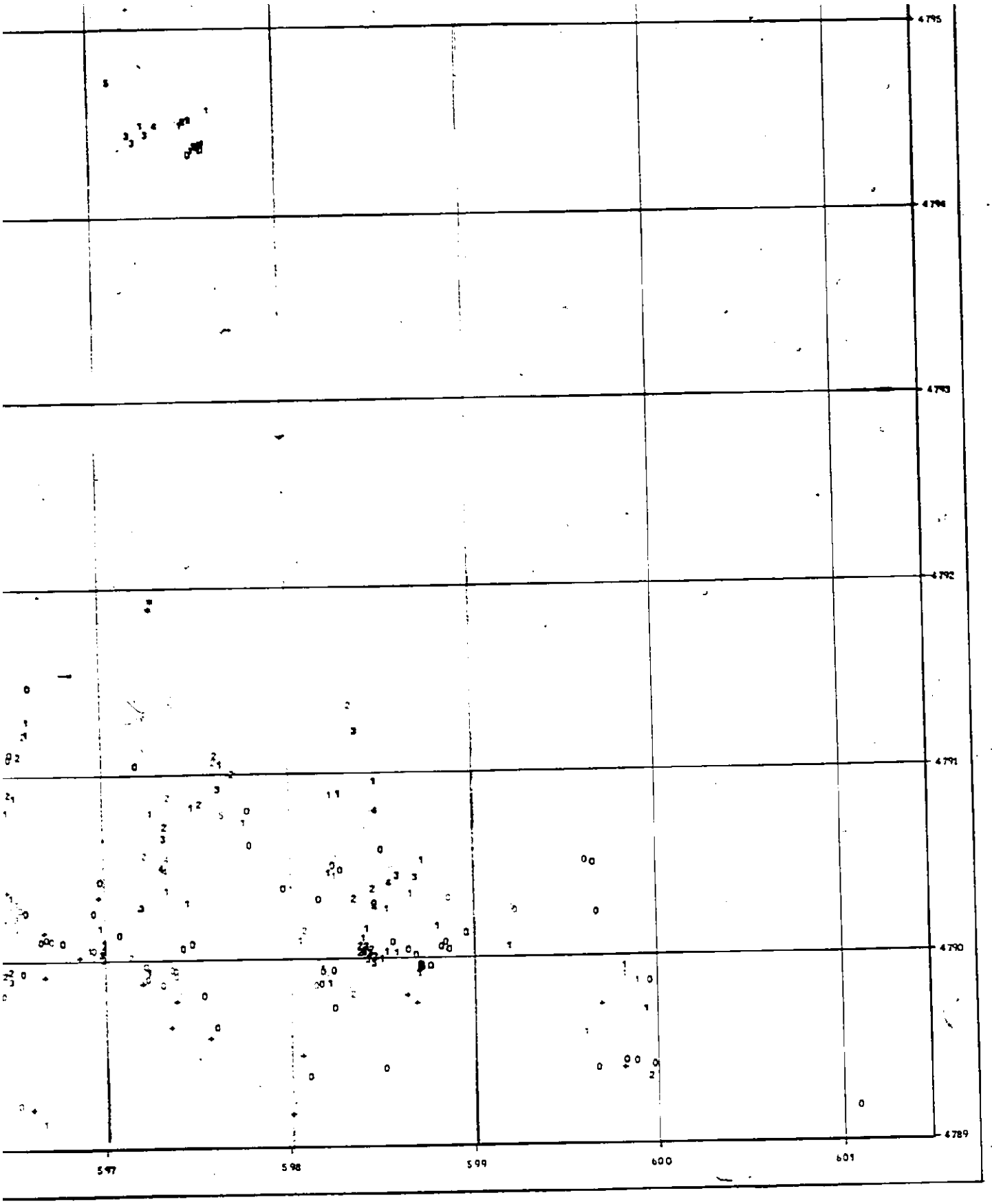


PLOT NO. 1, JOB JXJ173, 1, JOB JXJ173,



8 of

Bonne mais
avec surimpressions



Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

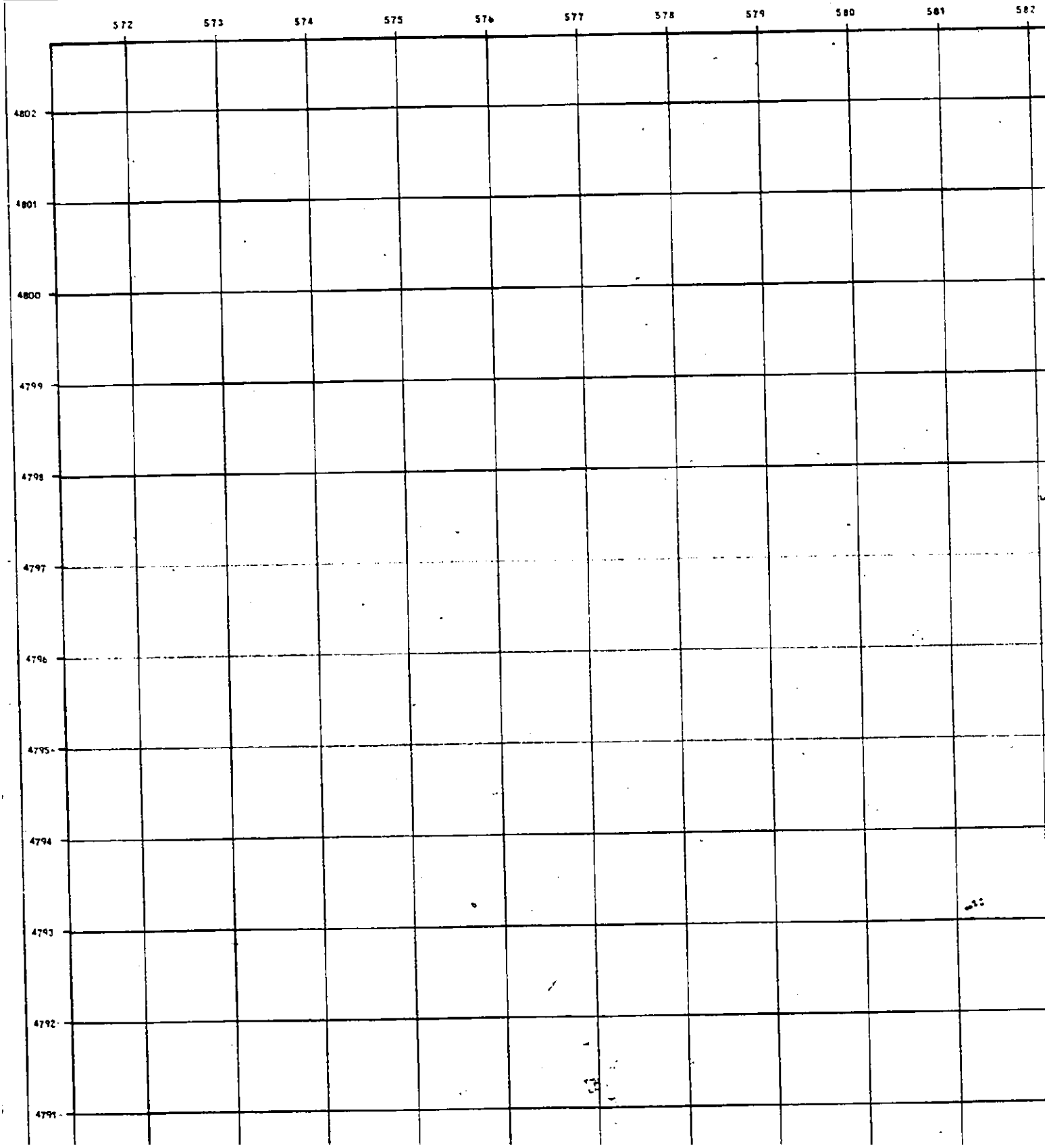
OPERATI

9 of 9

Pp. 305-307. Figures No: 7-12 & 7-13
Voir Légende p. 304.

Impressions

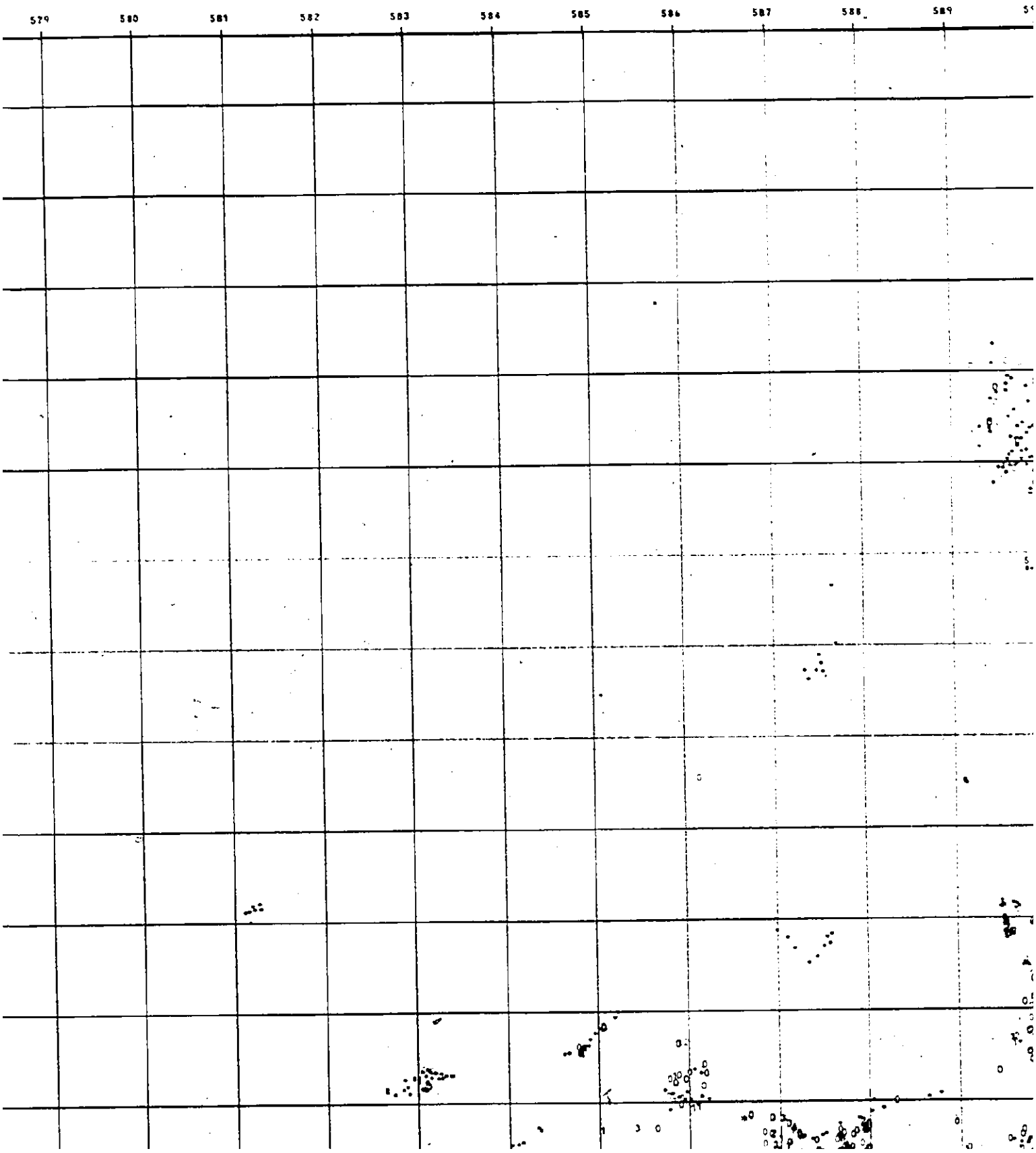
1 of 1


572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791

PENETRATION RE

MILES 1

2 of 2



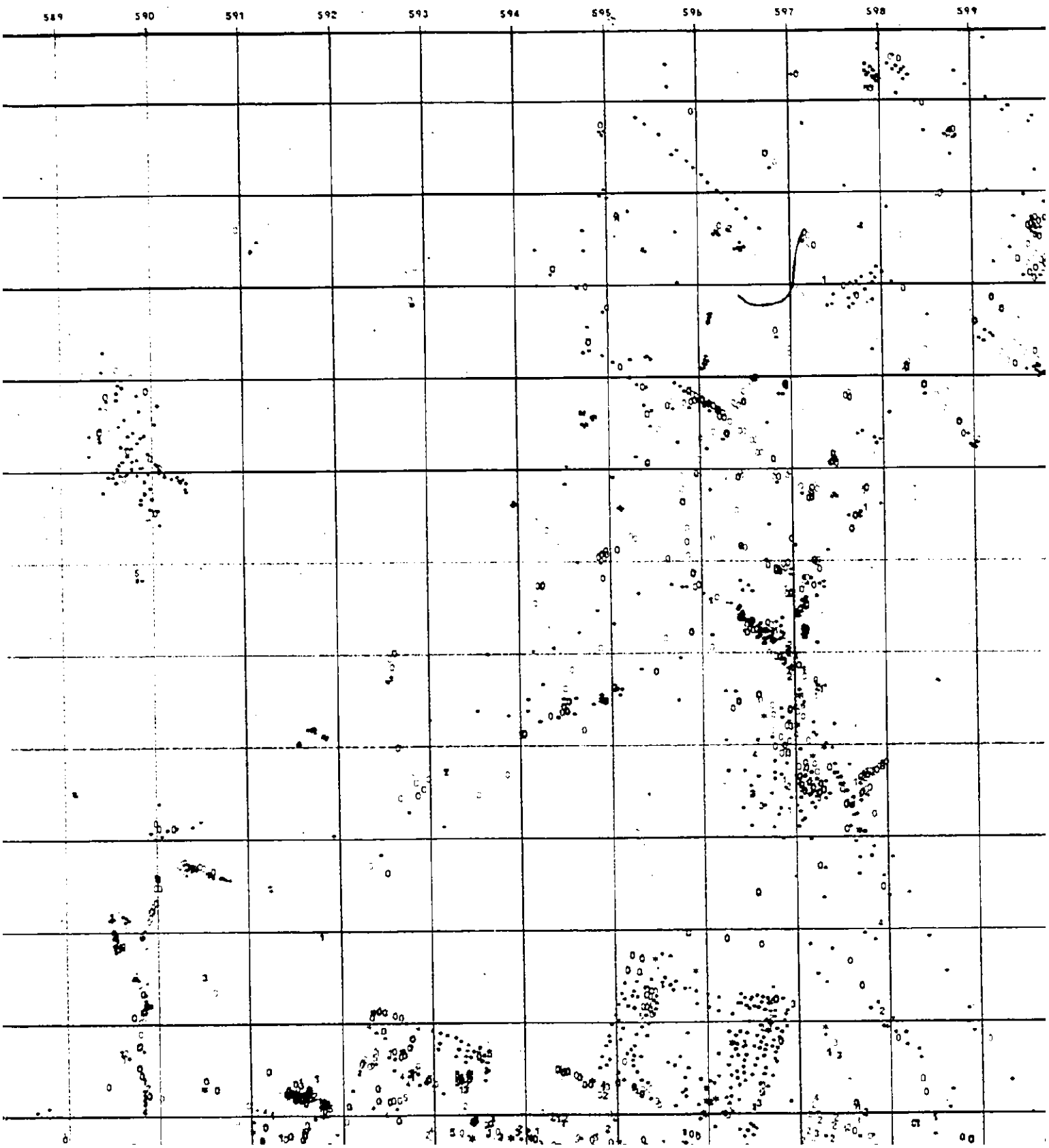
HAMILTØN

NETRATIØN RESISTANCE - RESISTANCE A LA PENETRATIØN

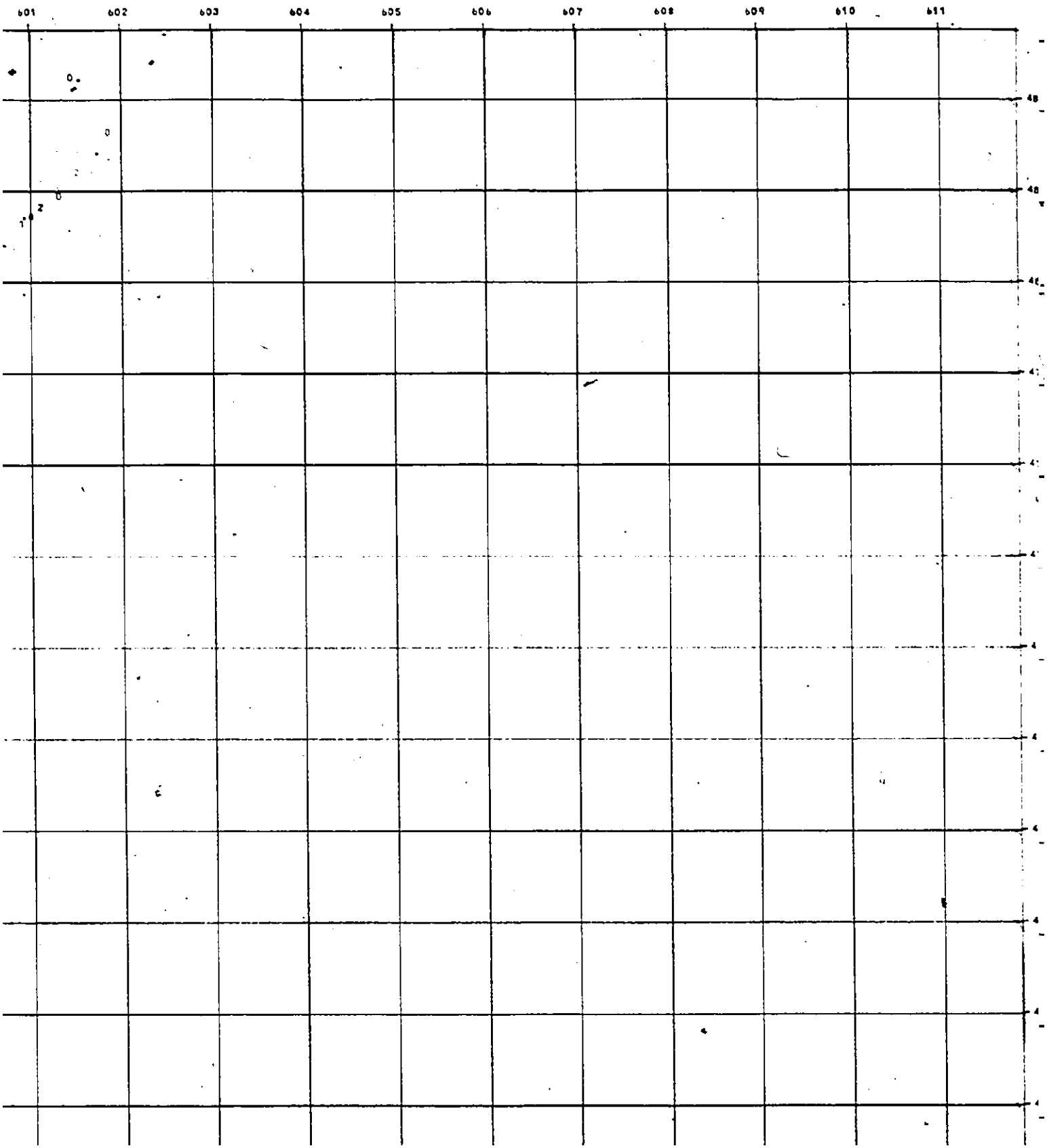
3 of

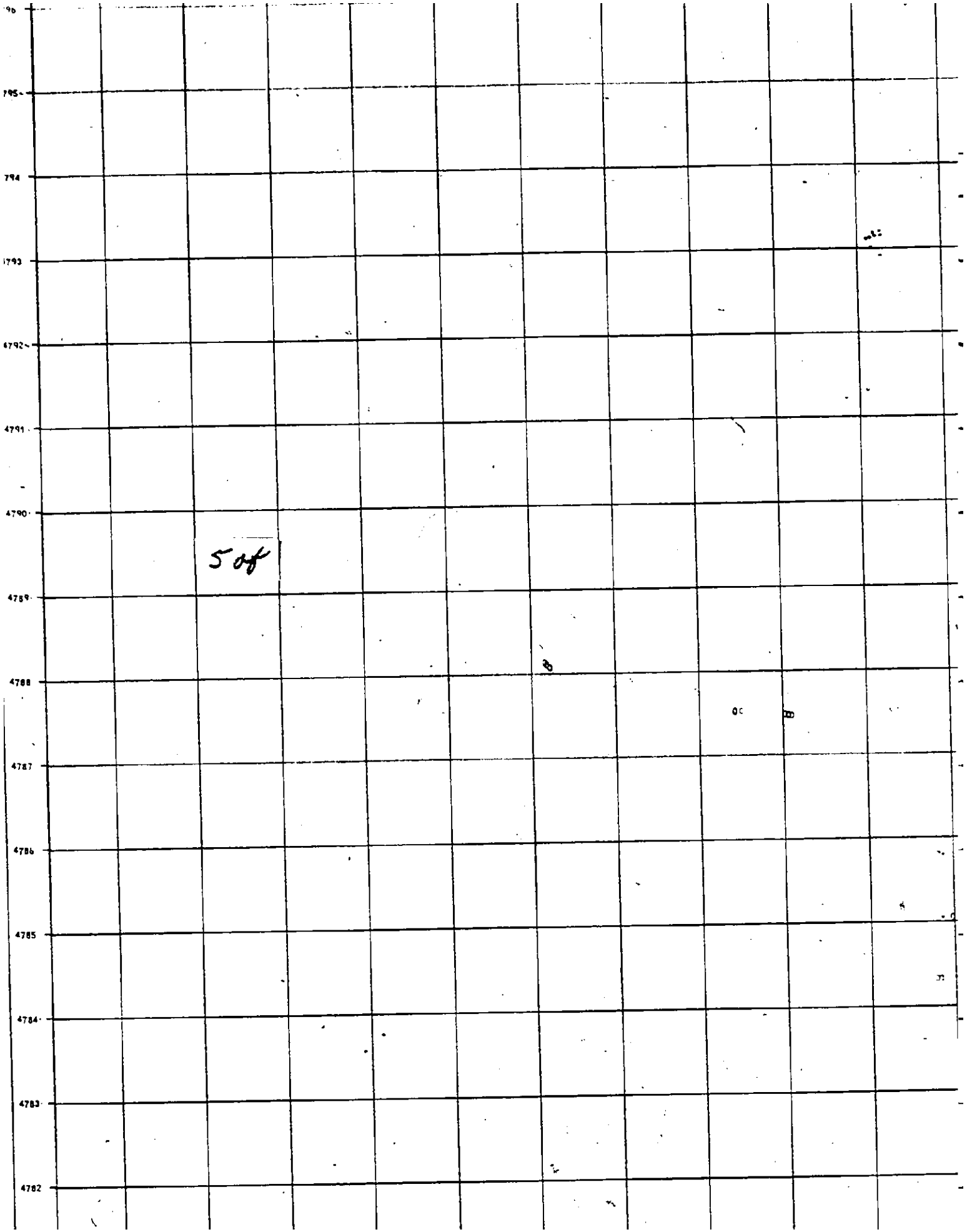
MILES 1 0 1 2 MILLES

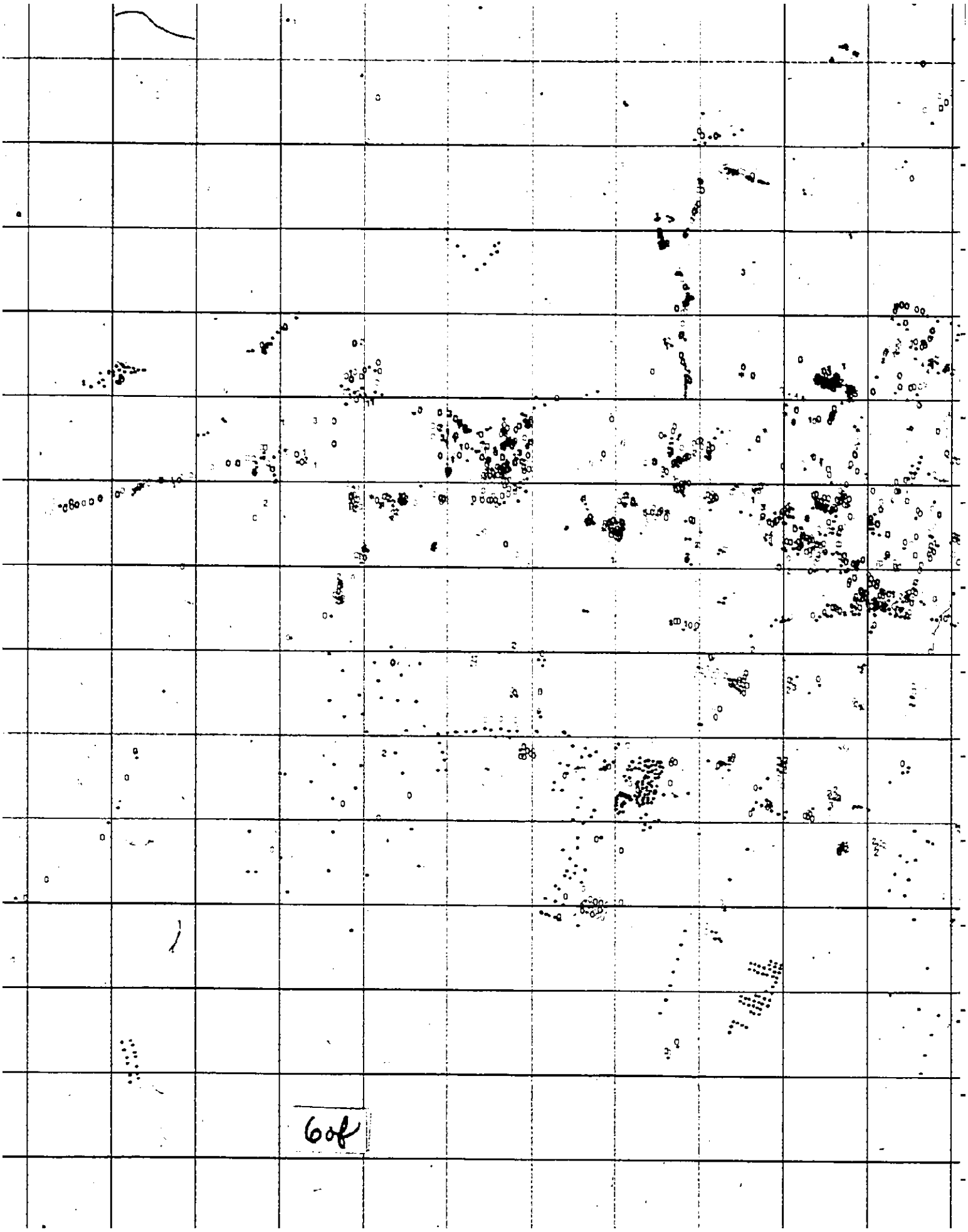
SCALE 1= 50000 ECHELLE

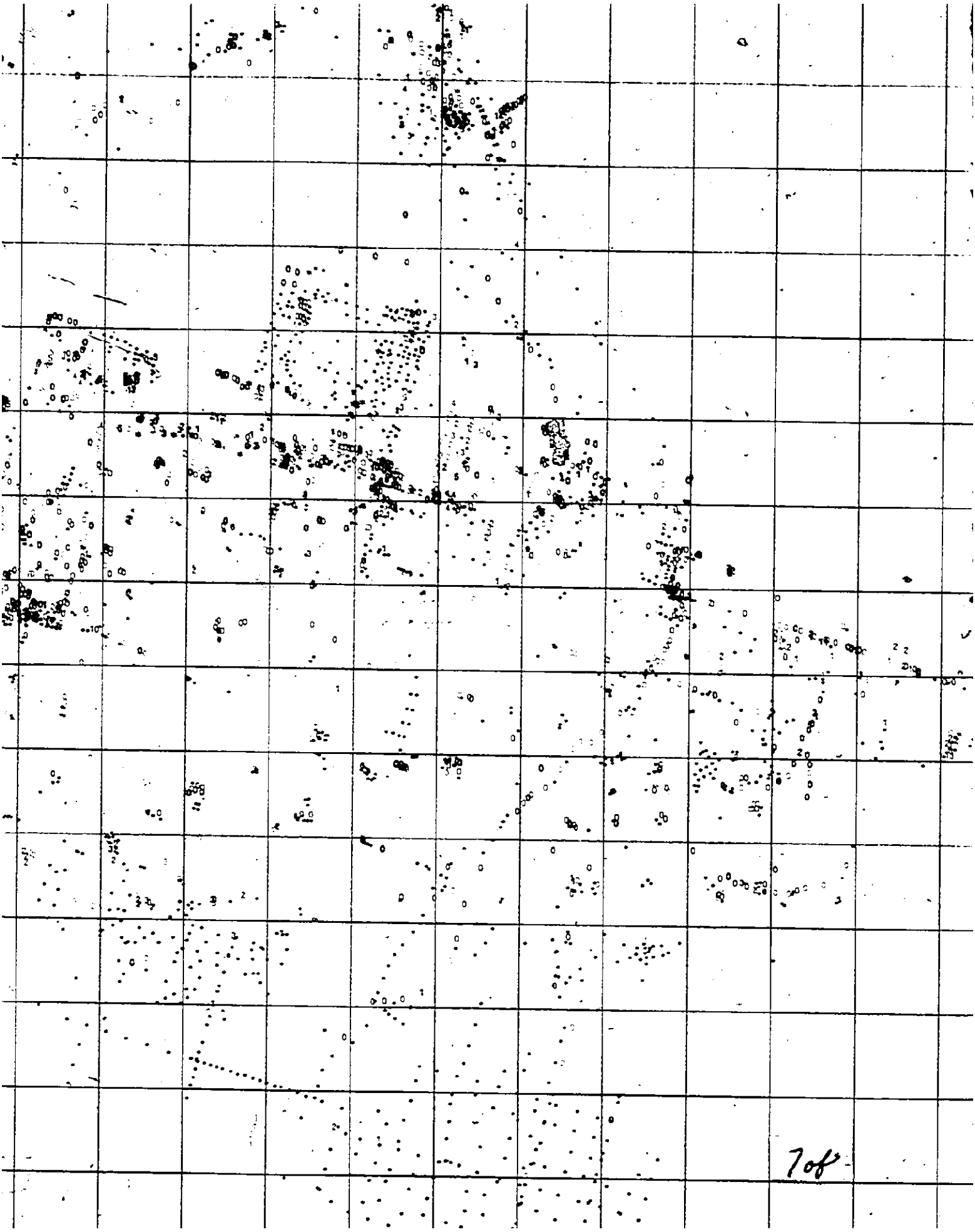


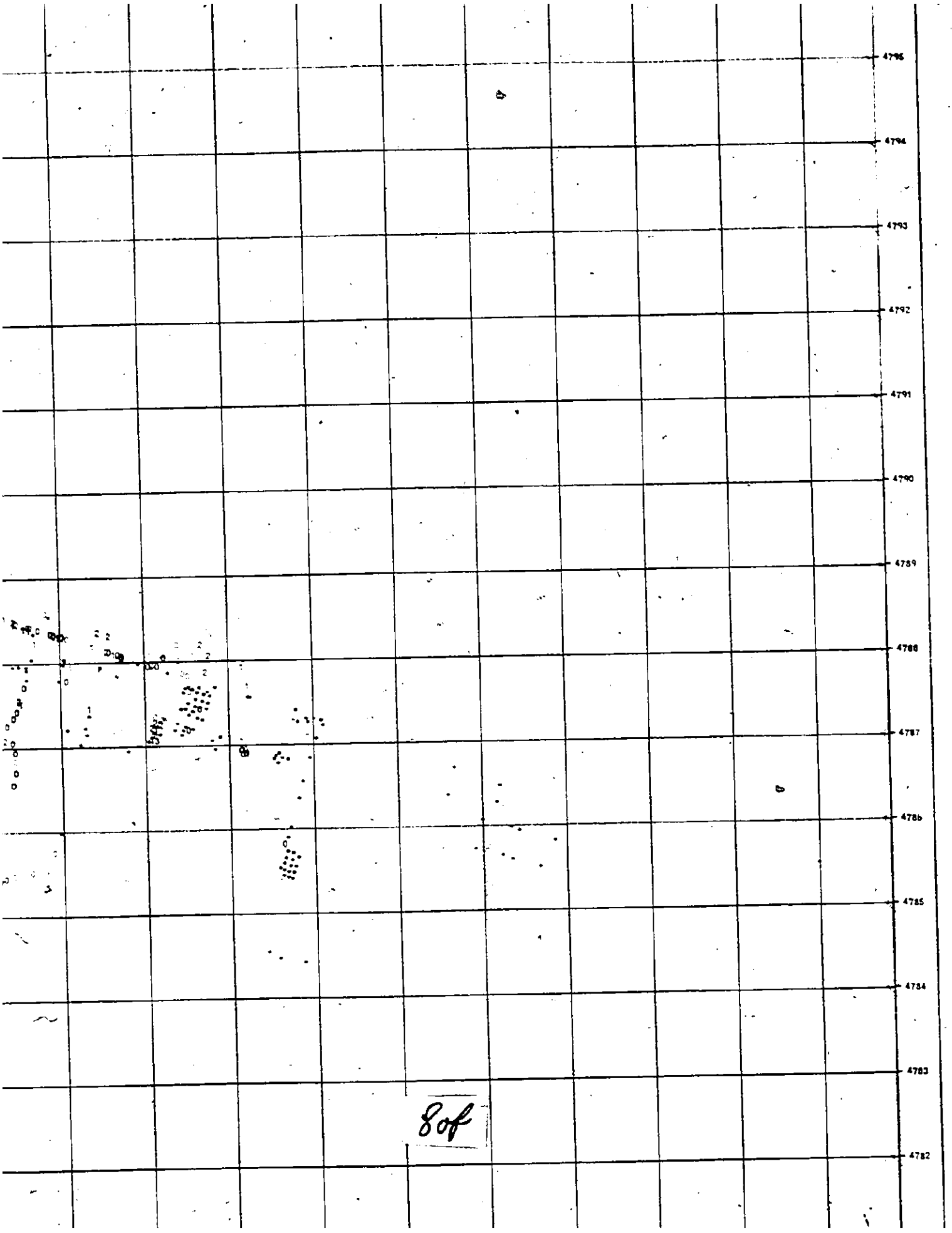
F. Morin



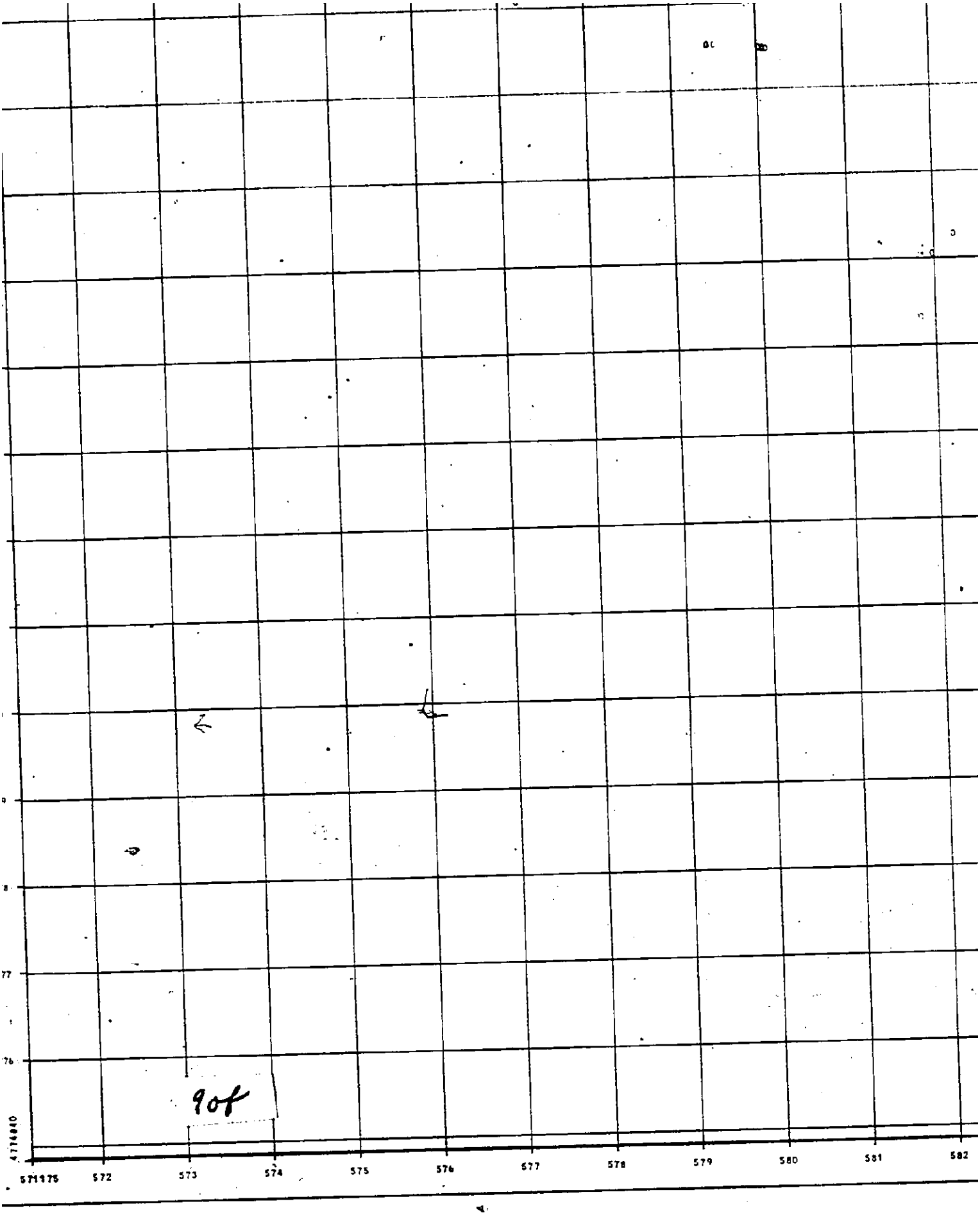

5 of

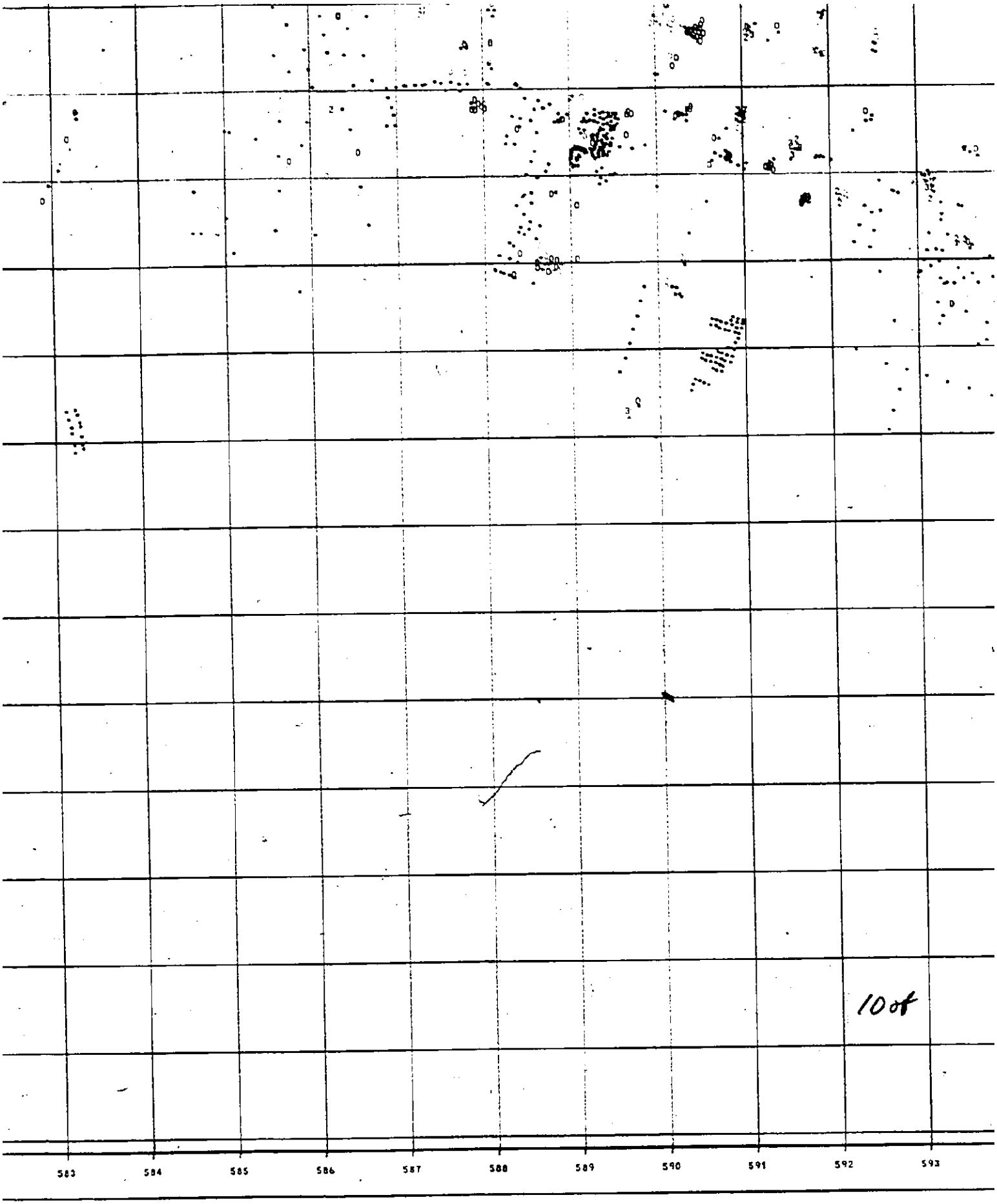

60


7 of


4796
4794
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
4784
4783
4782

8 of

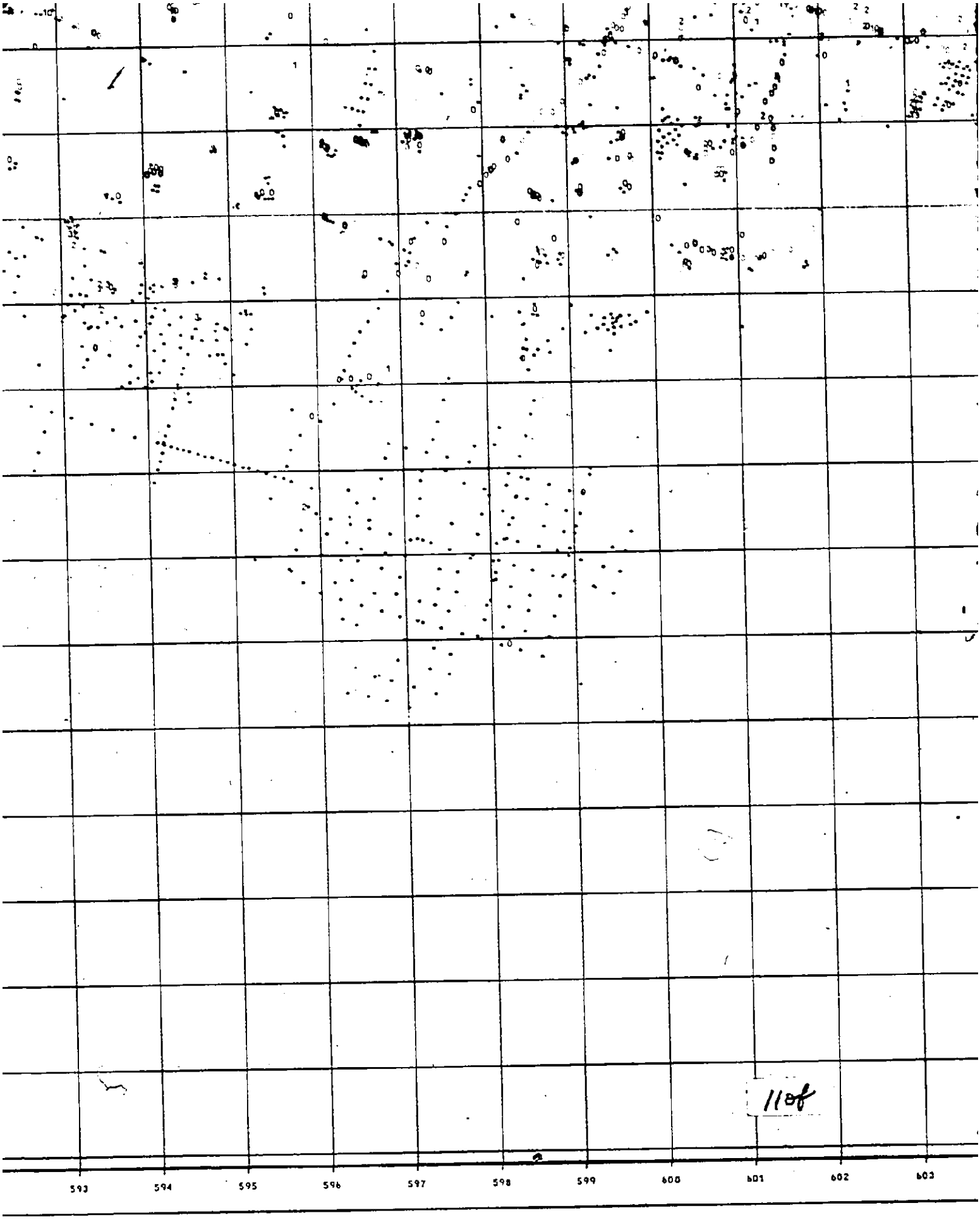

571975
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
4774880
90f



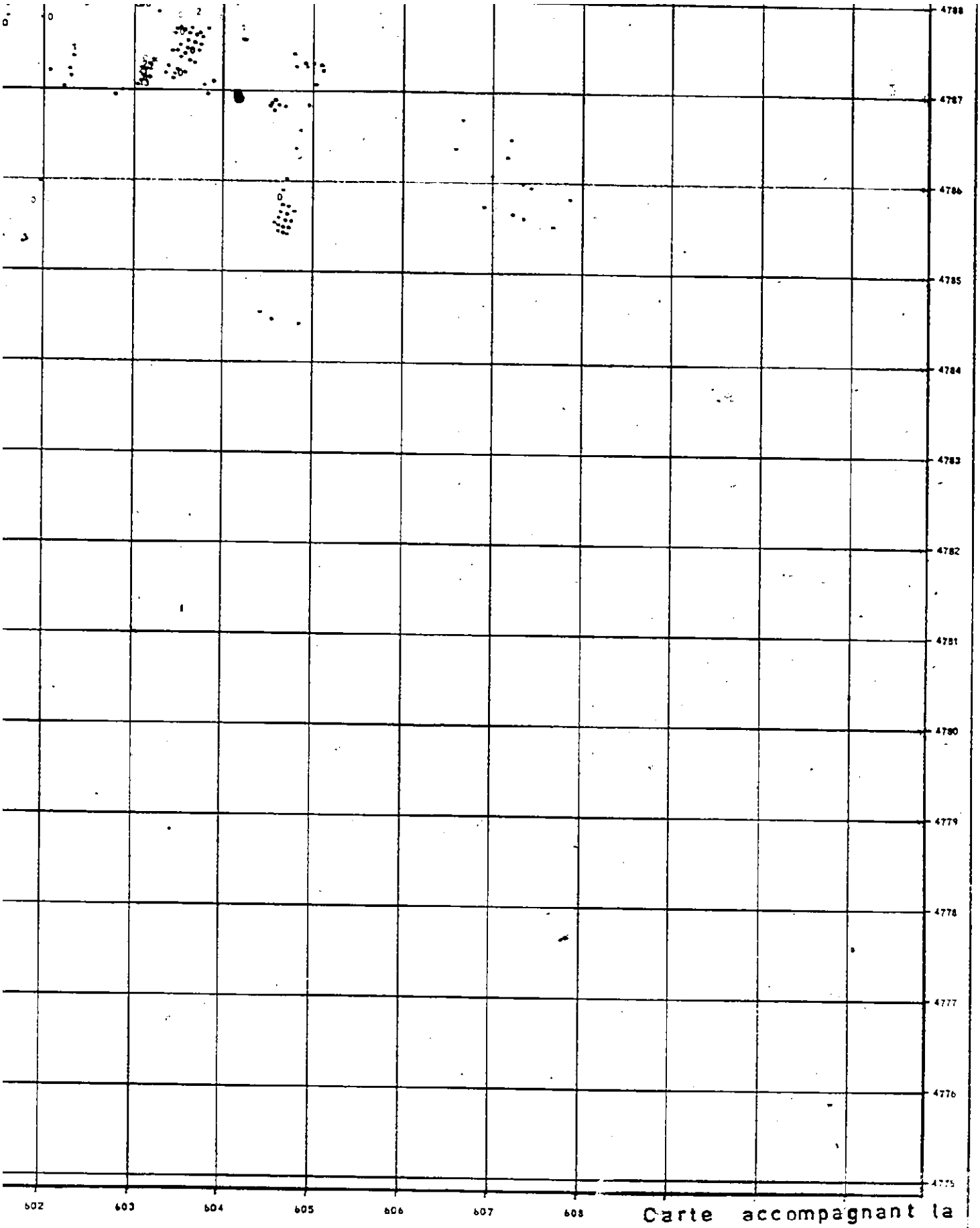
10 of

OPERATOR S INSTRUCTIONS

SIZE OF MAP= 32.0 IN. BY 22.0 IN.
RIBBON = RED, THEN BROWN, THEN GREEN THEN BLAC



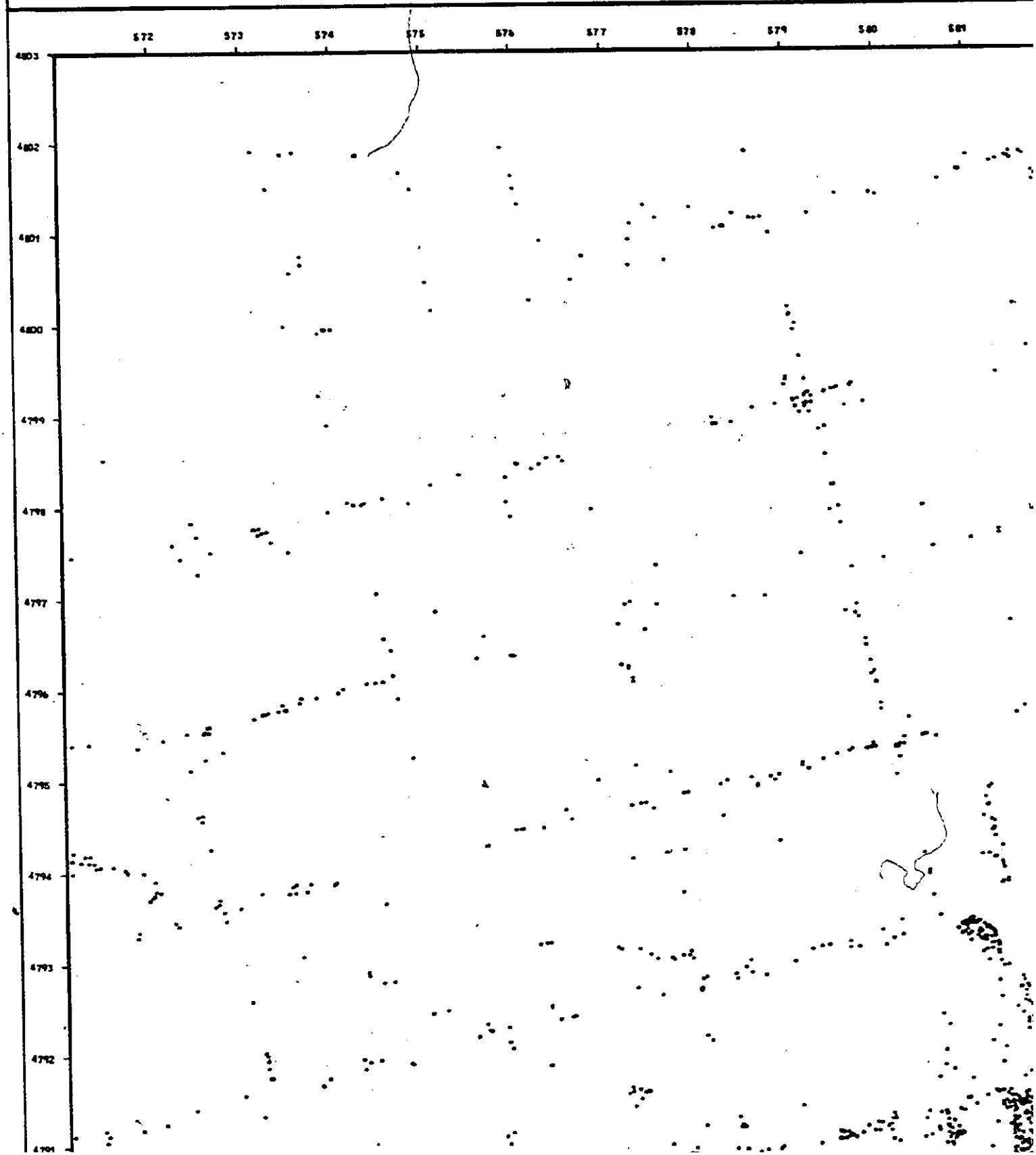
110f



Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
p.p 312-314 Figures No: 7-14 et 7-15
Voir légende p. 310-311

12 of 12

1 of 1


572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
4803
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791

URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT

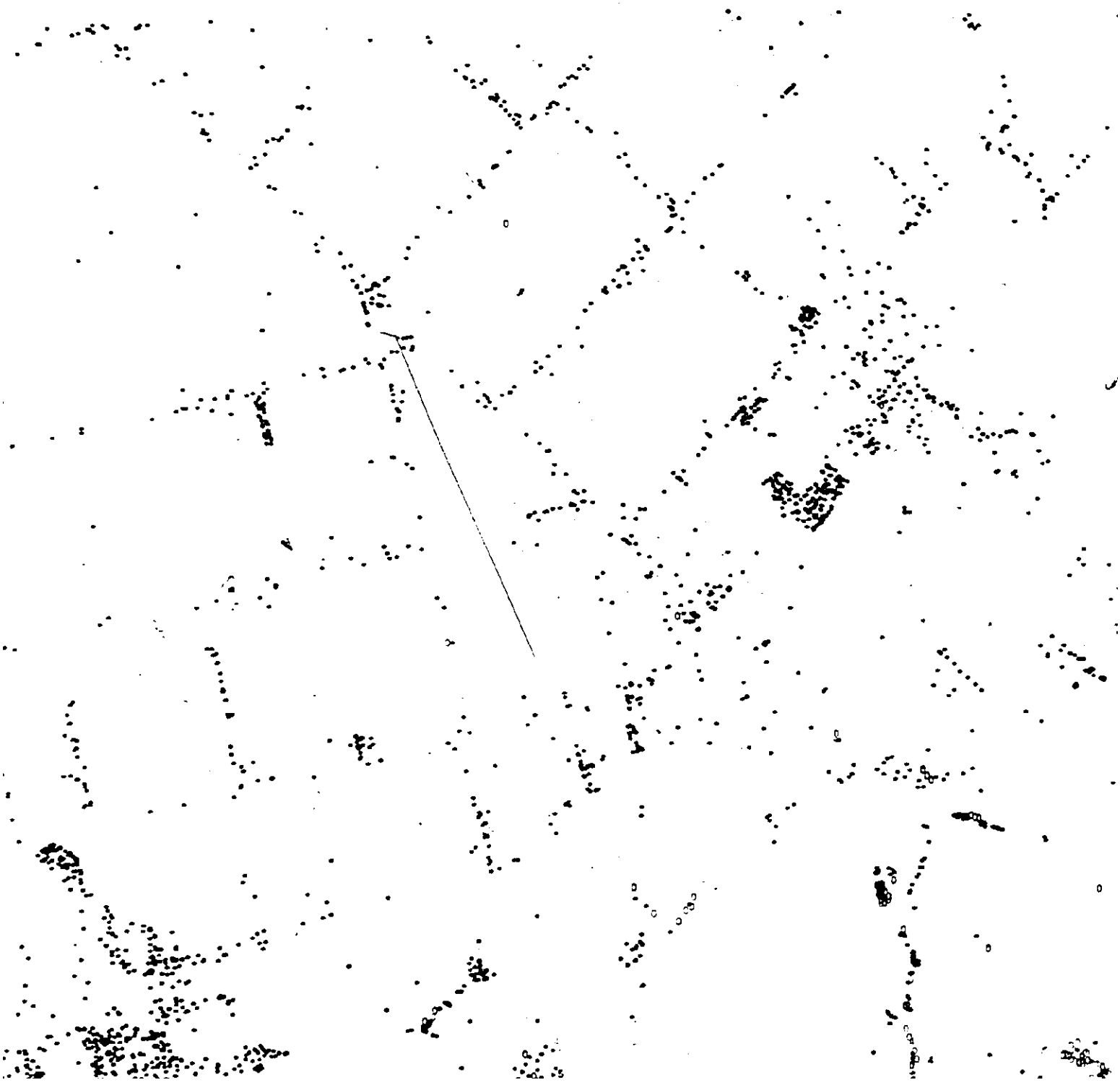
ØRGANIC DEPØSIT

2 of

MILES 1 0

SCALE 1= 50000

581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592



ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

DEPØSITS MAP

1 2 MILLES

= 50000 ECHELLE

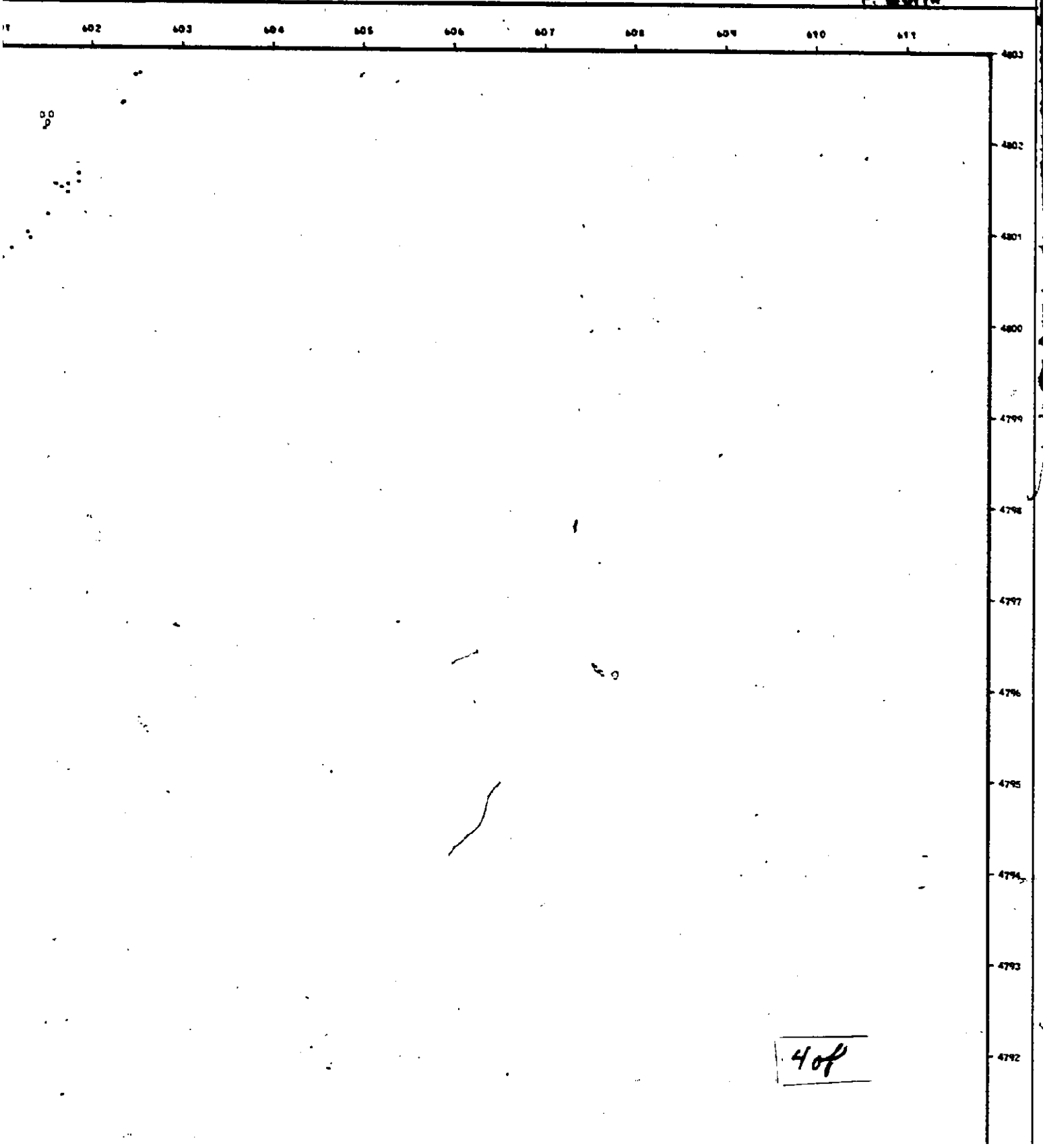
Matières Organiques dans l

592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602

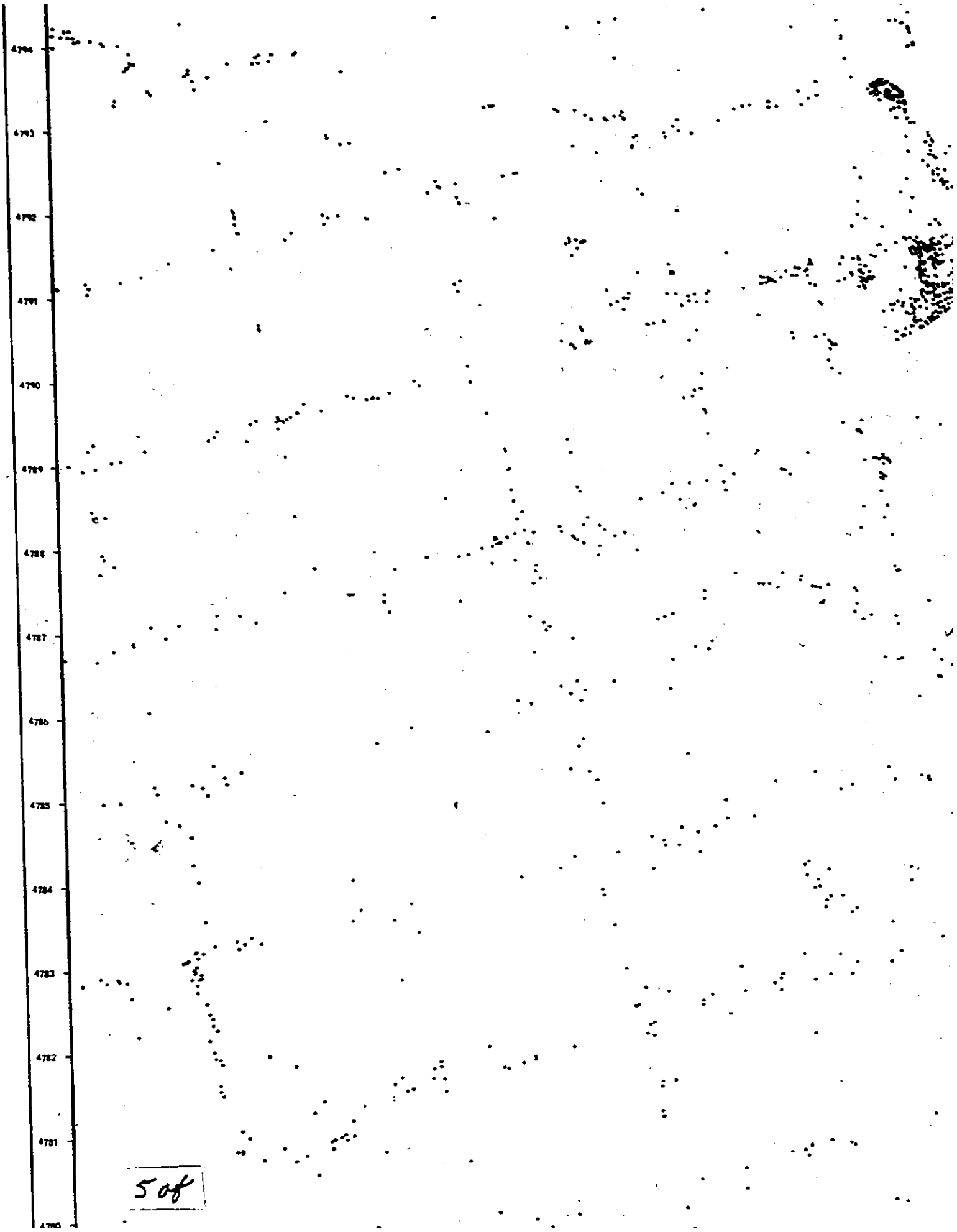
3 of

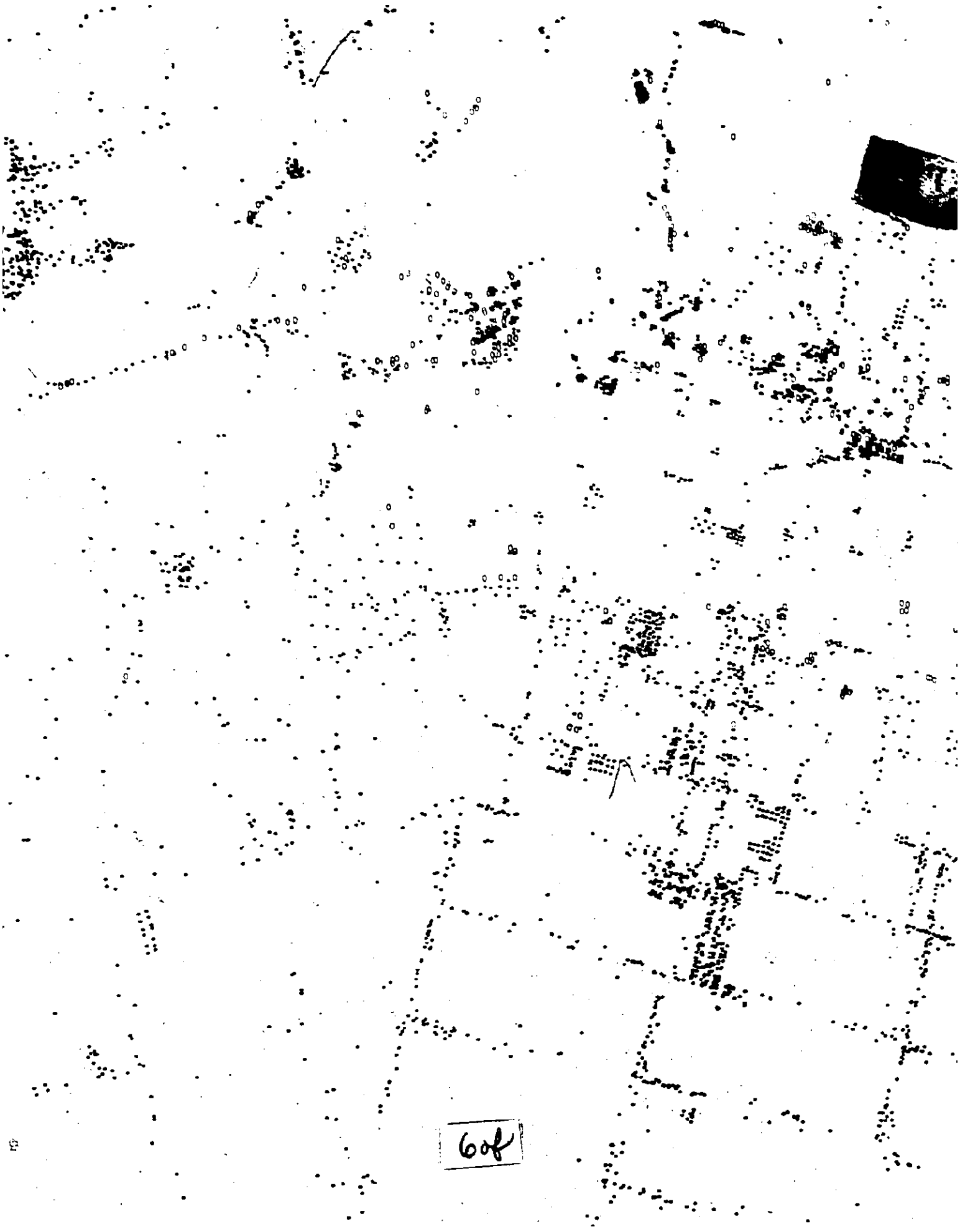
ues dans les Sédiments

F. Maria

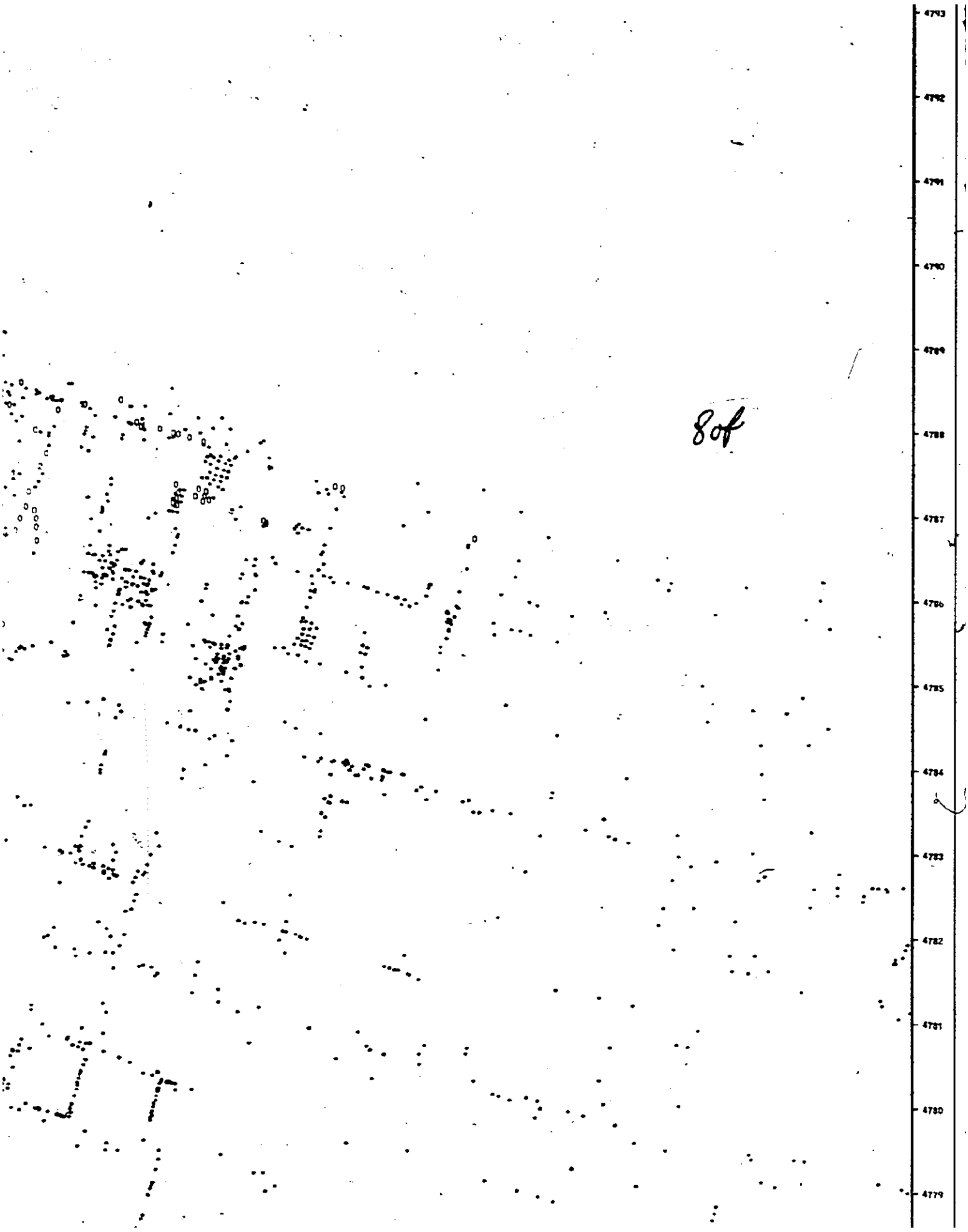


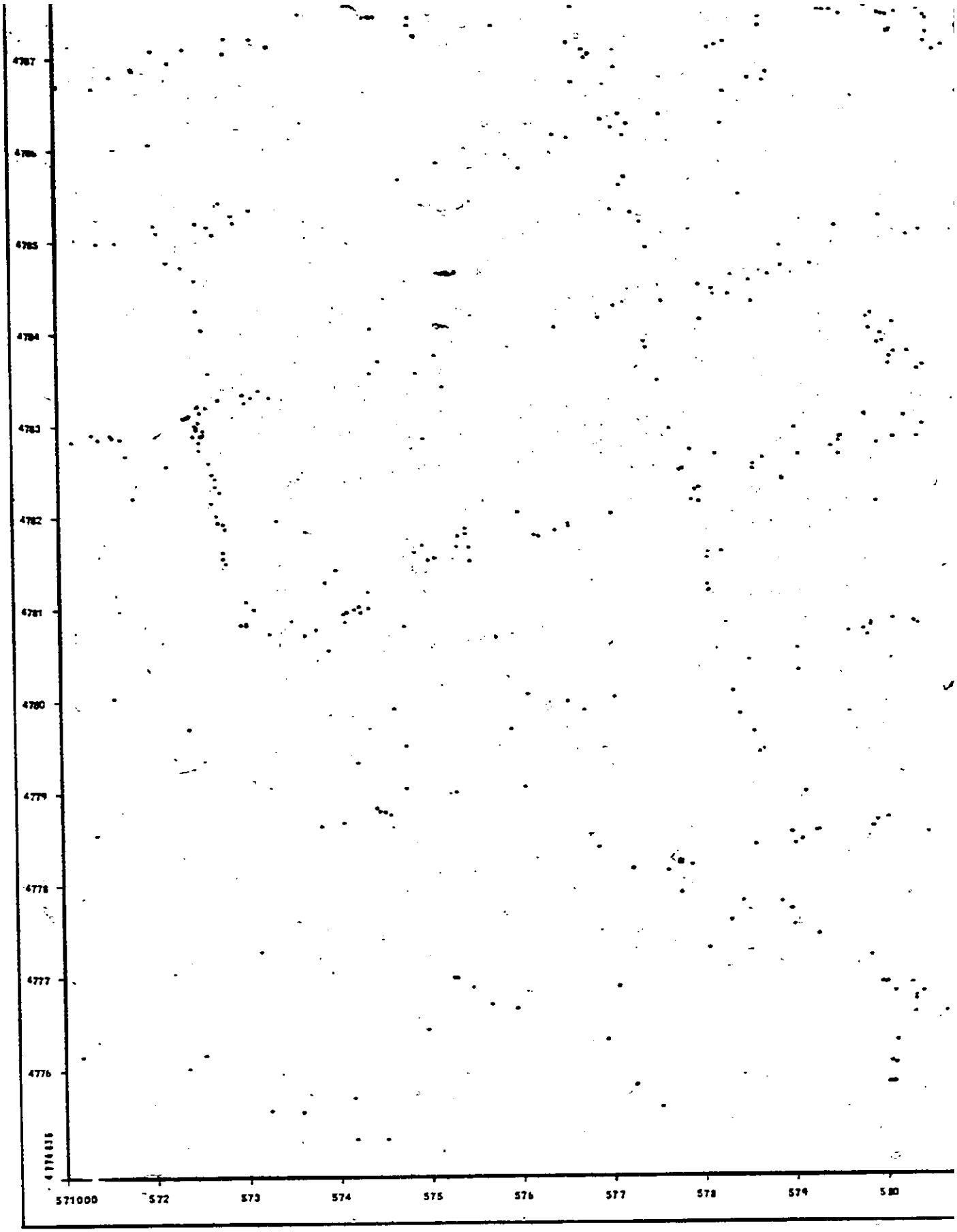
4 of


5 of

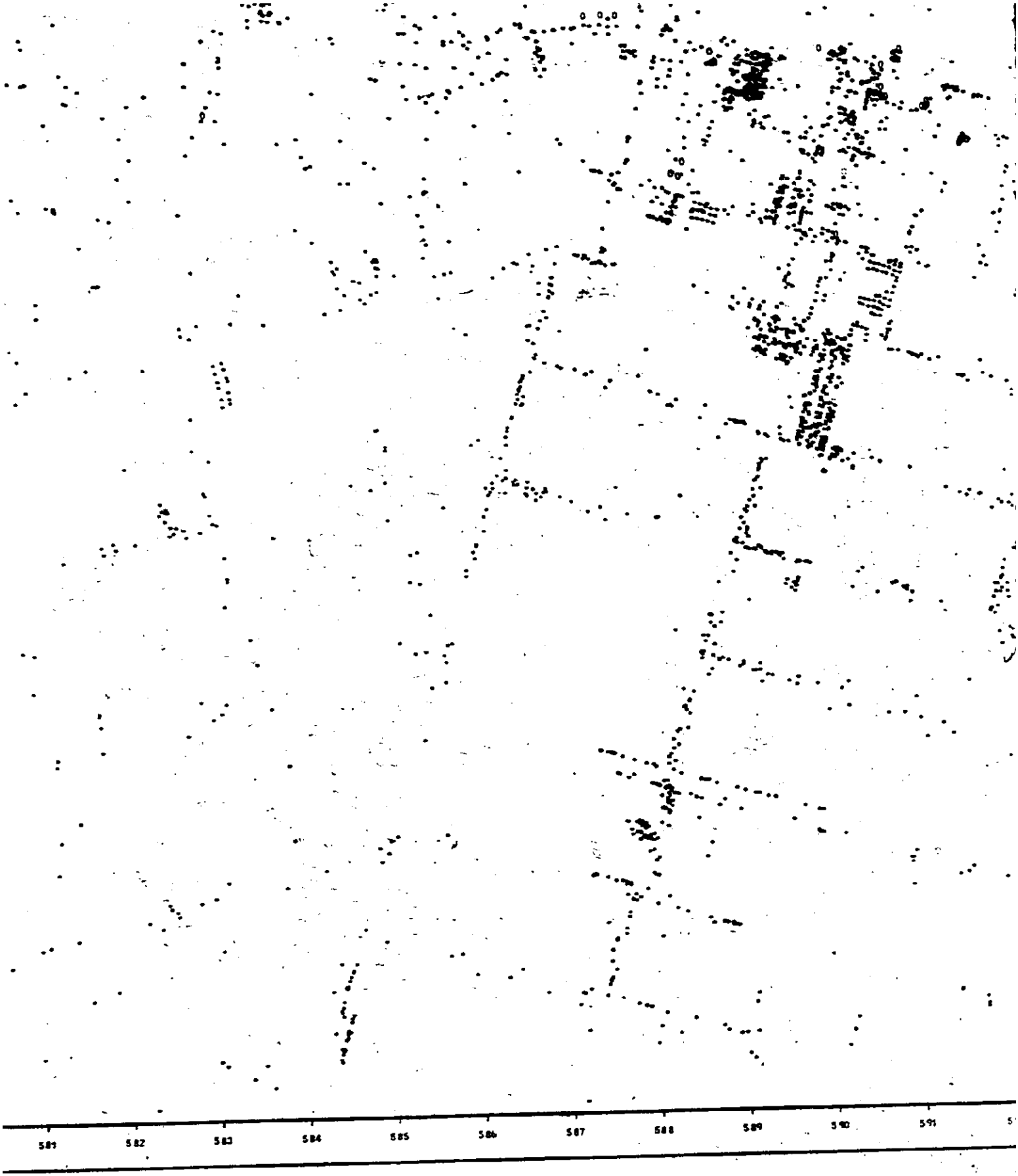


7of


8of
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
4784
4783
4782
4781
4780
4779


4787
4786
4785
4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778
4777
4776
571000
572
573
574
575
576
577
578
579
580

9 of



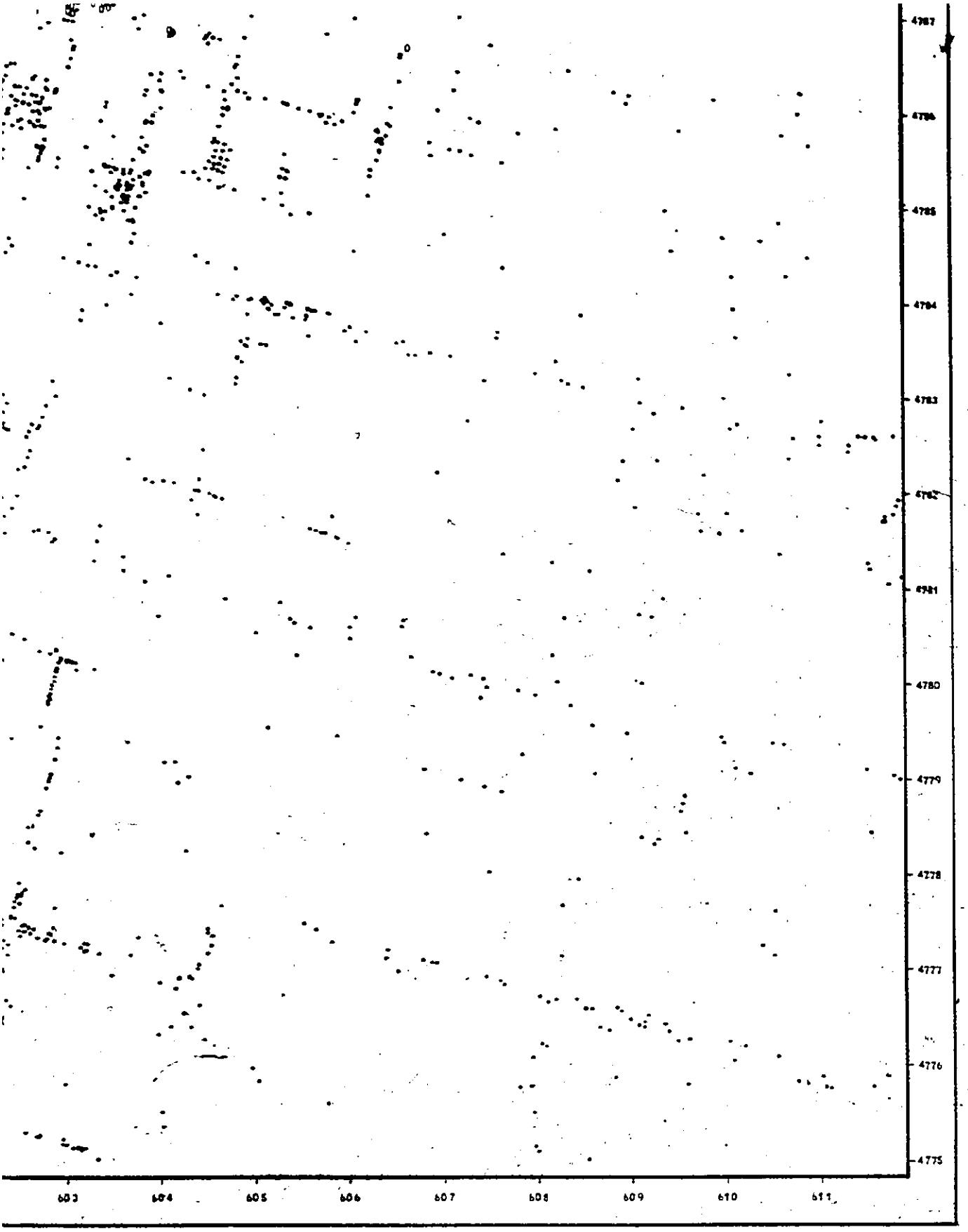
OPERATOR S INSTRUCTIONS

SIZE OF MAP= 32.2 IN. BY
RIBBON = BLACK
PEN SIZE = POS.1..2. POS

100

R. BY 22.2 28.

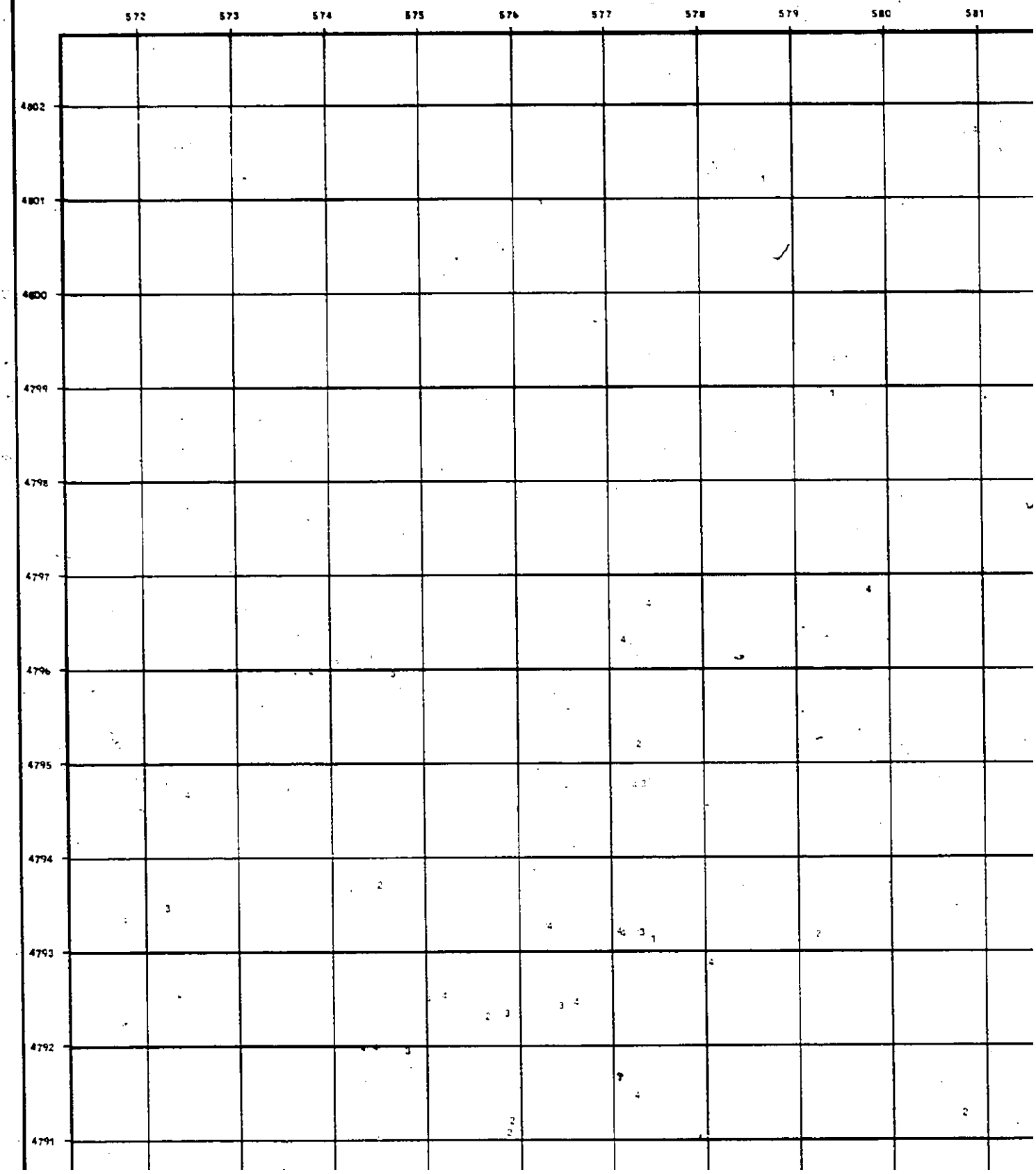
. POS.2..1. POS.3..00



12 of 12

Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
Pp. 298-300 - Figures No. 7-10 et 7-11
Voir légende p. 297

1 of


572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791

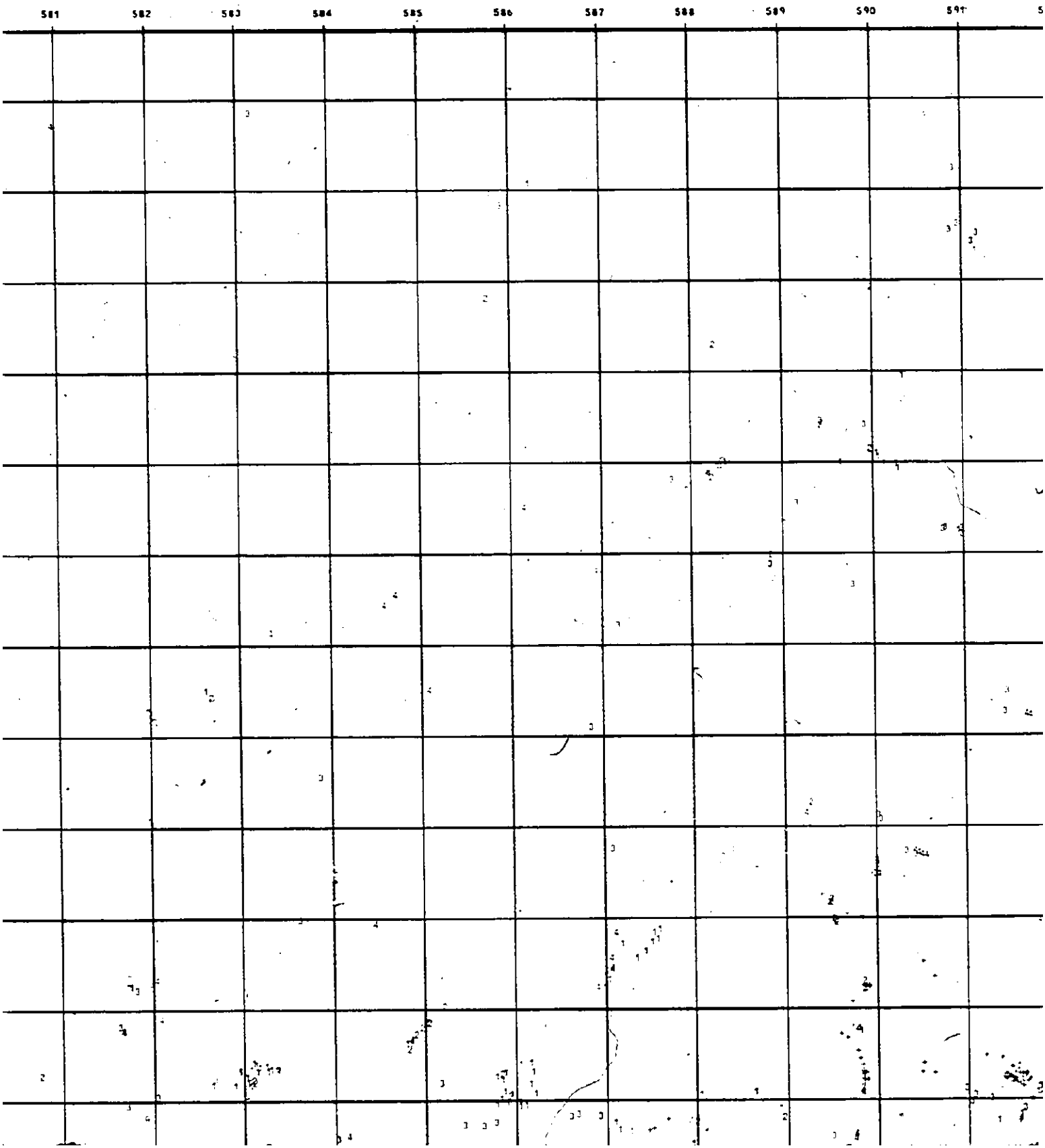
HAMILTI

HIGH WATER TABLE - NAPPI

2 of

MILES 1 0

SCALE 1= 50000



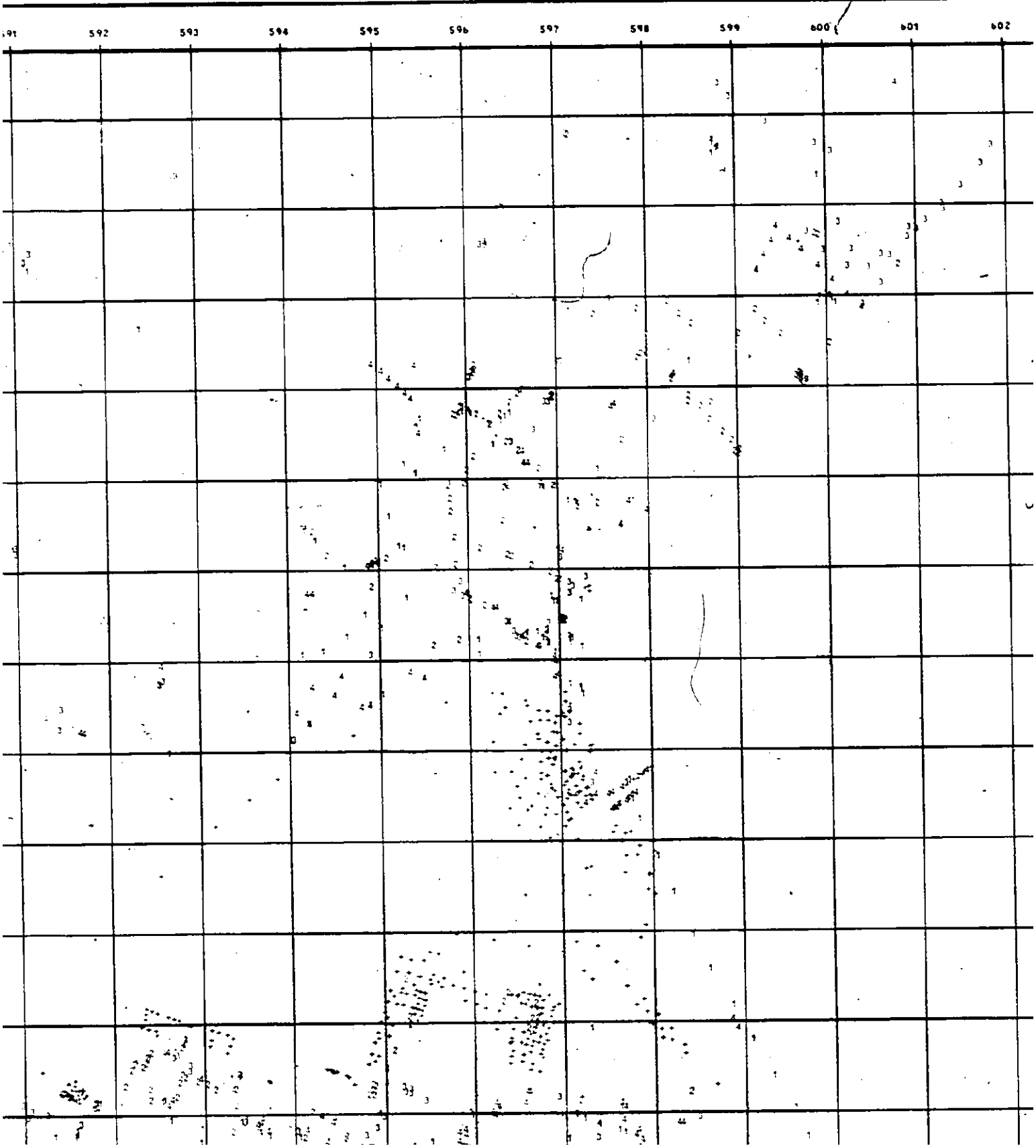
MILTON

E - NAPPE PHREATIQUE HAUTE

3 of 4

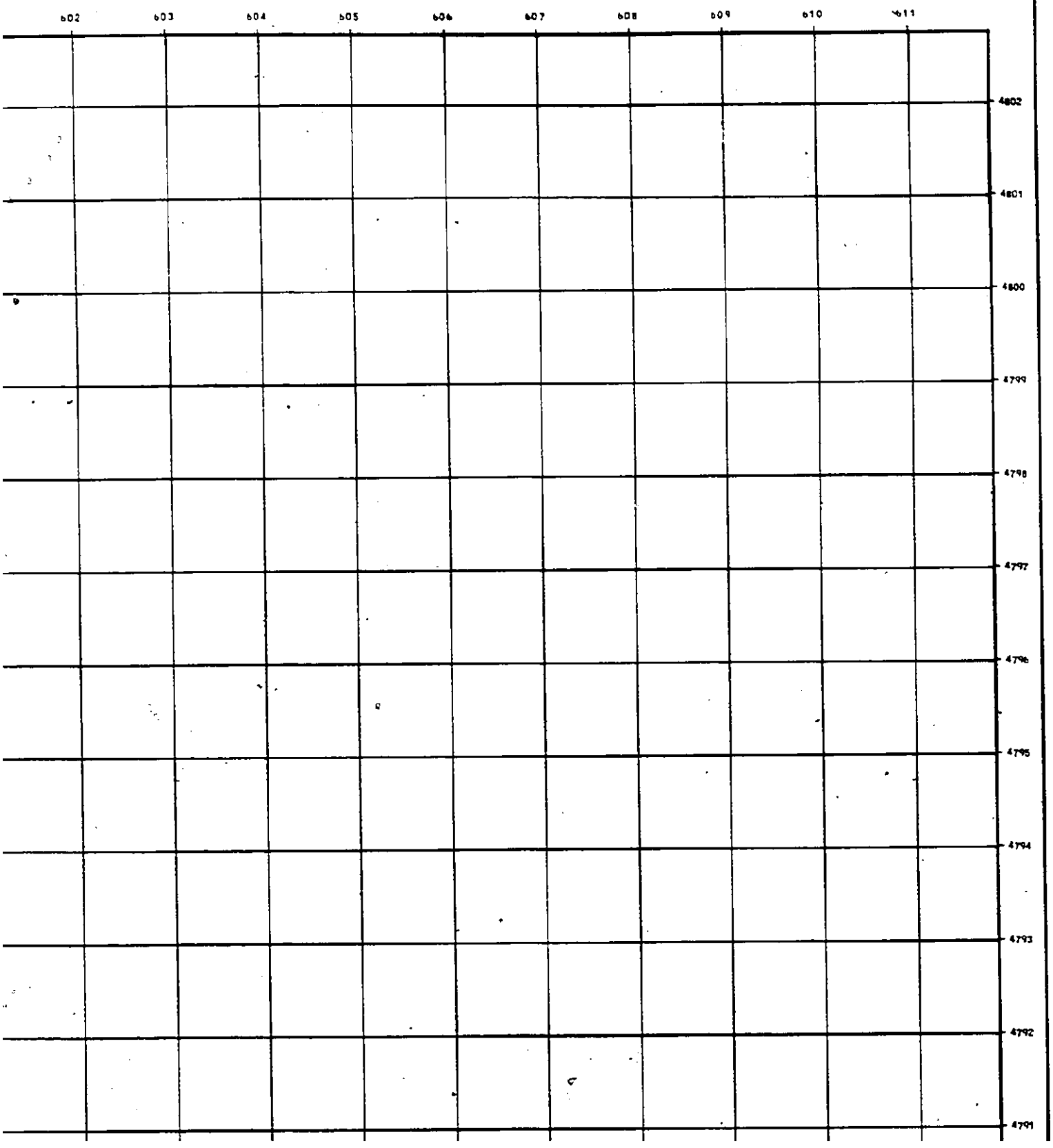
1 2 MILLES

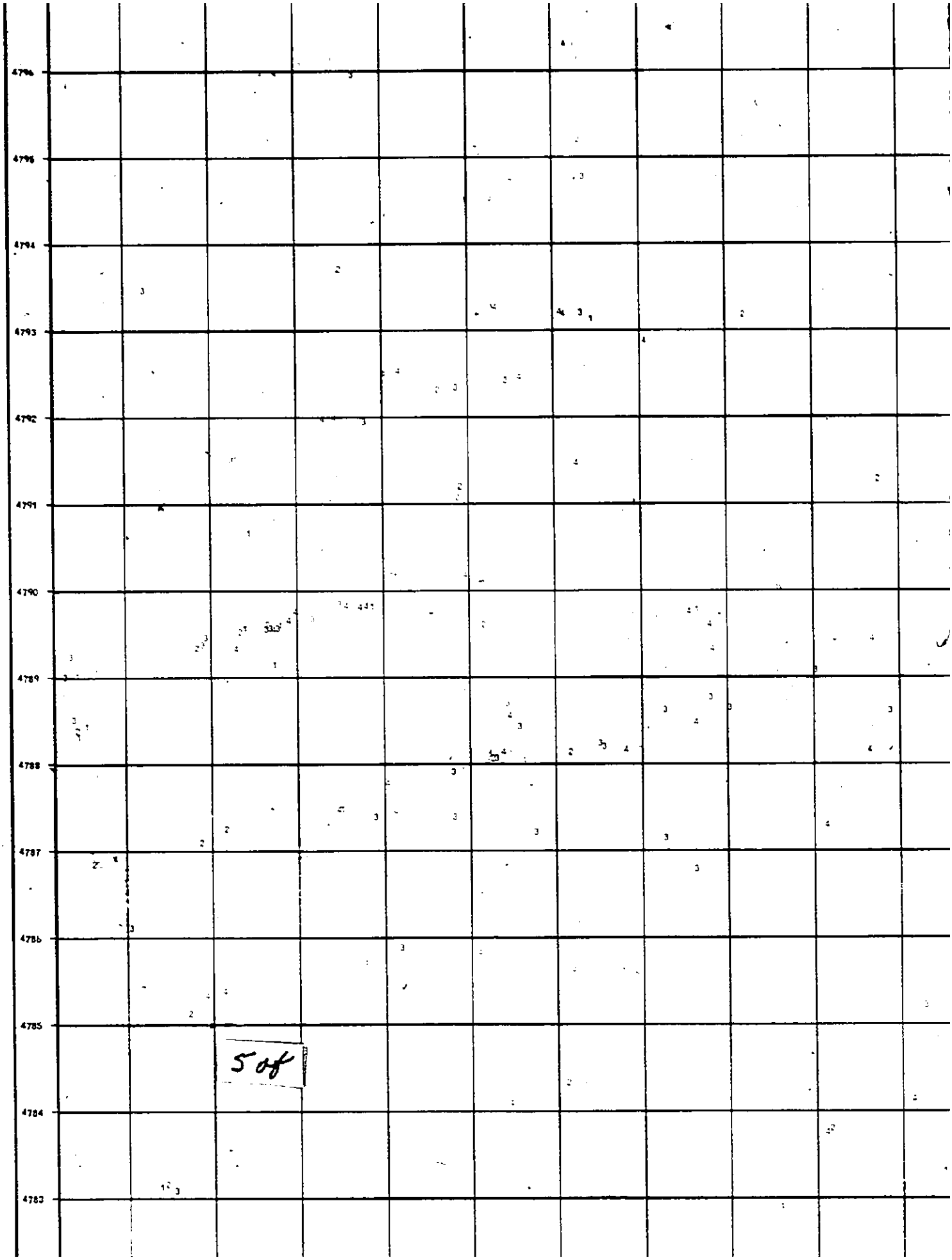
1= 50000 ECHELLE

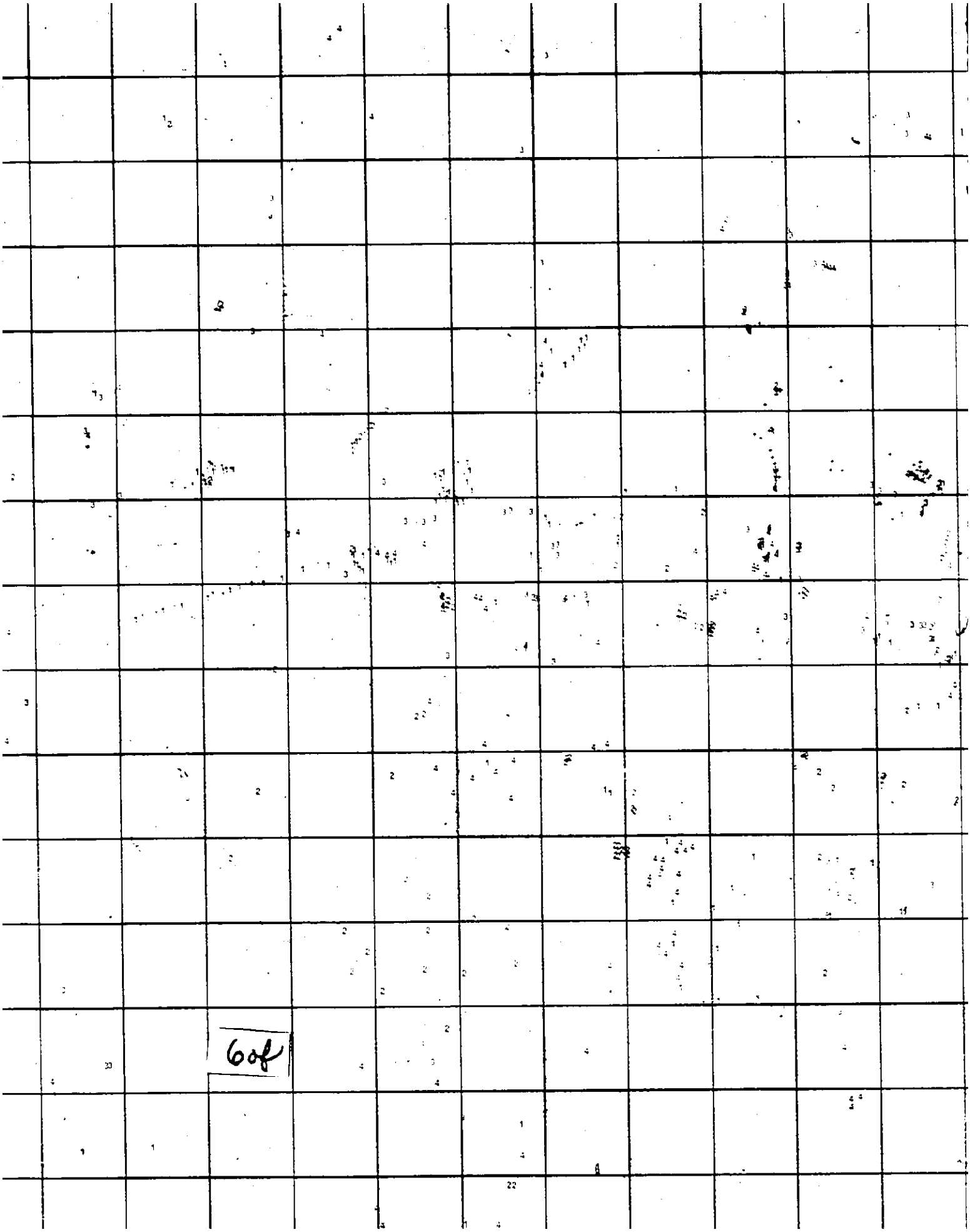


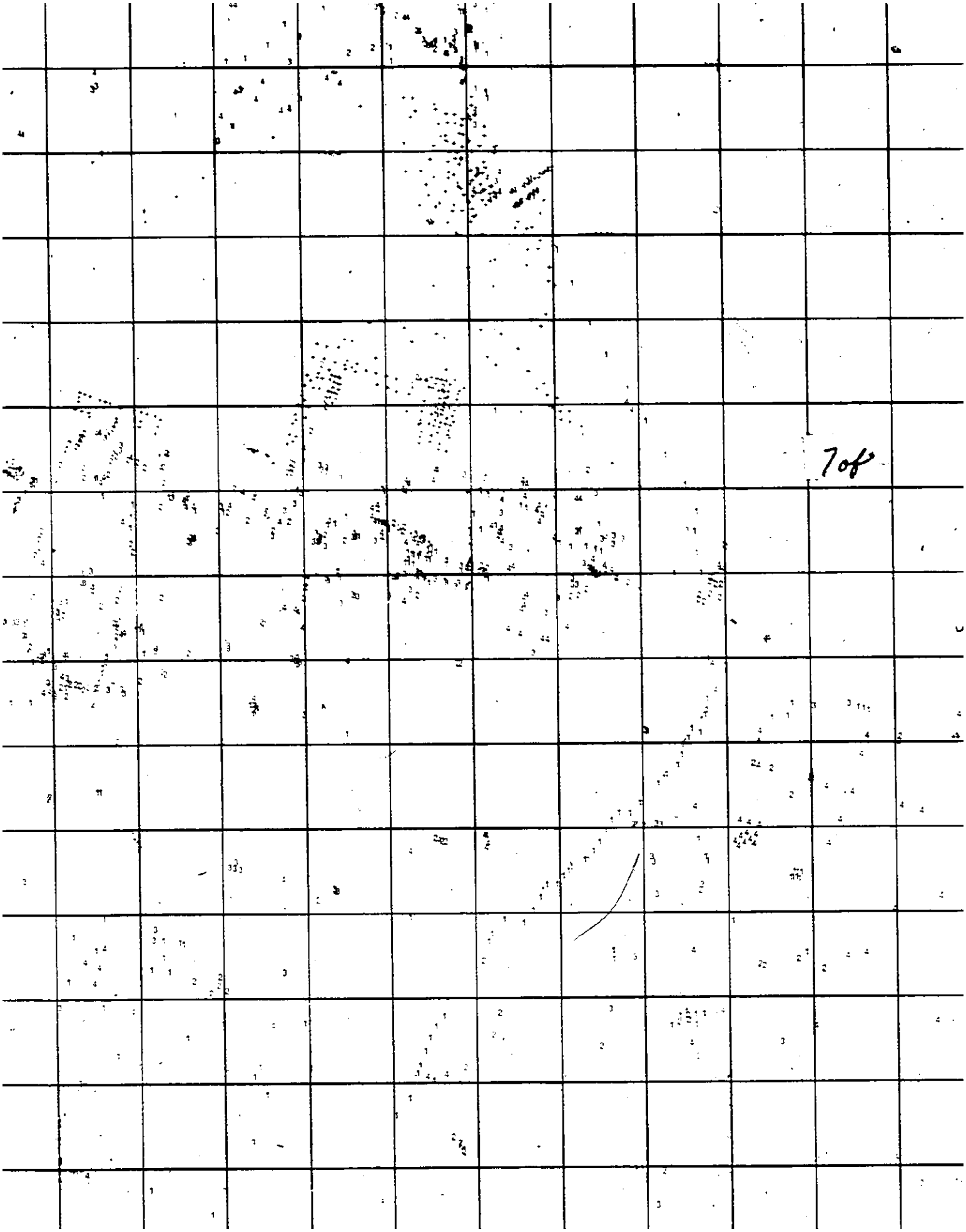
4 of

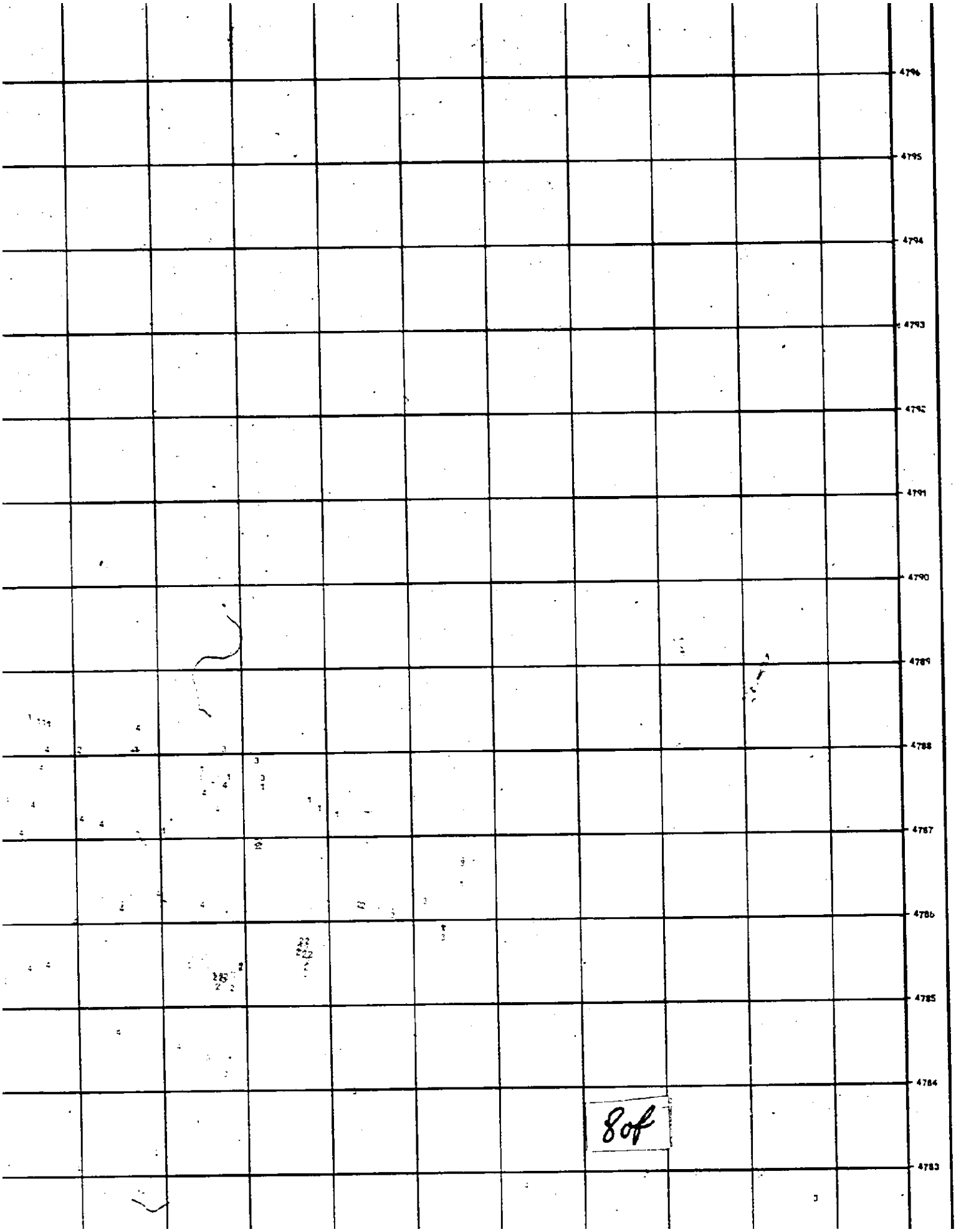
F. Morin

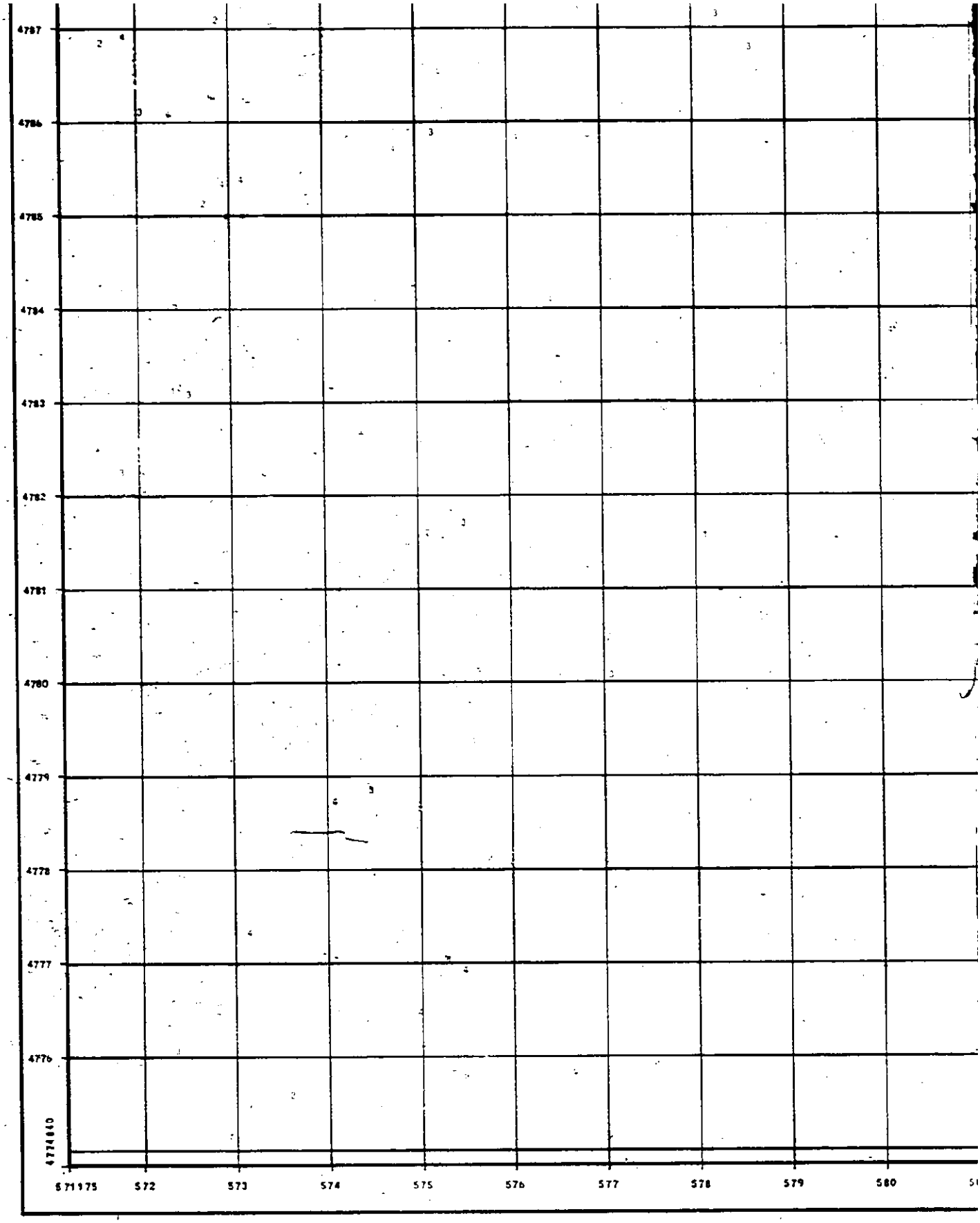

602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791


4796
4795
4794
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
4784
4783
5 of


60f

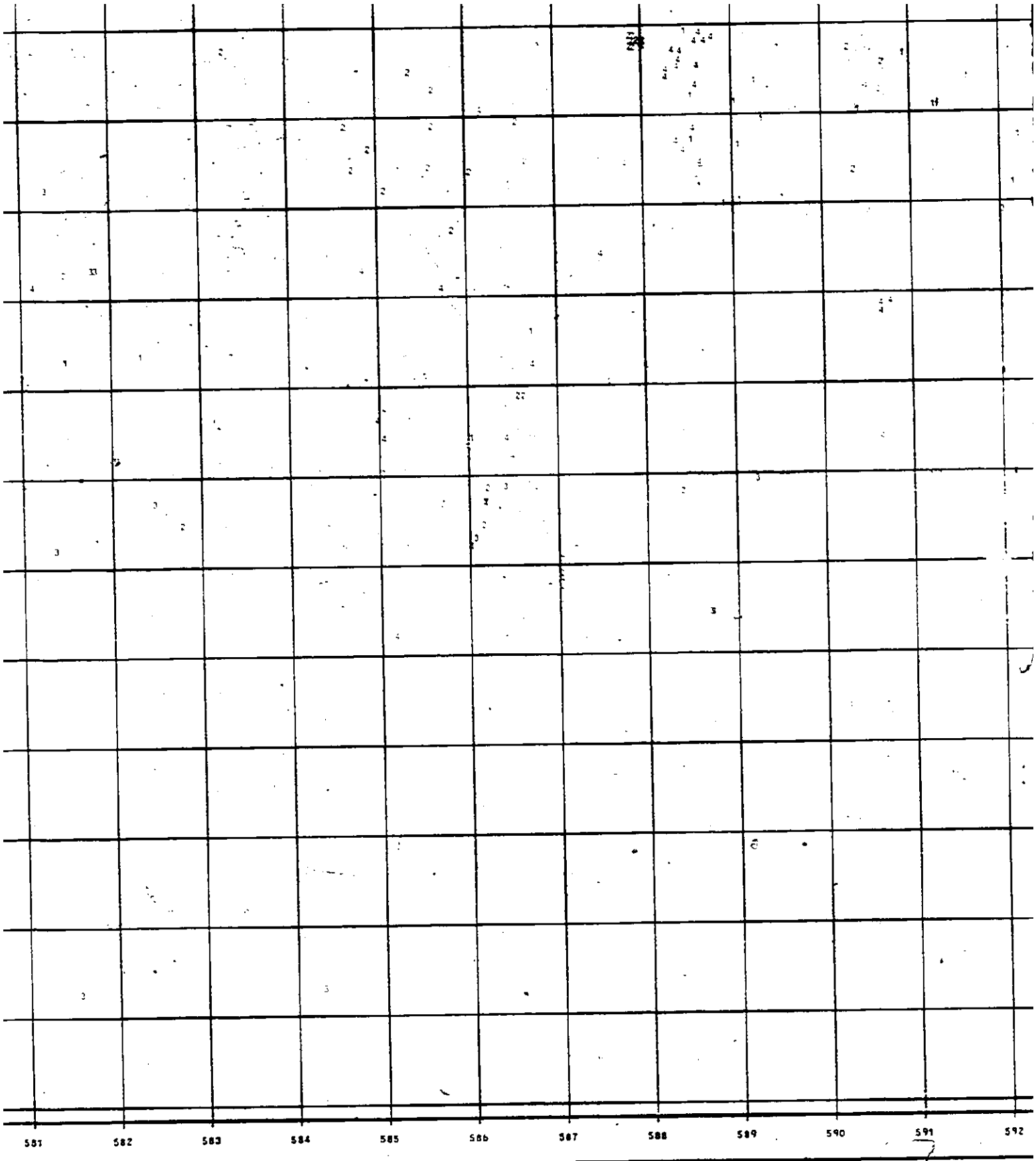

7 of


4796
4795
4794
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
4784
4783
8of



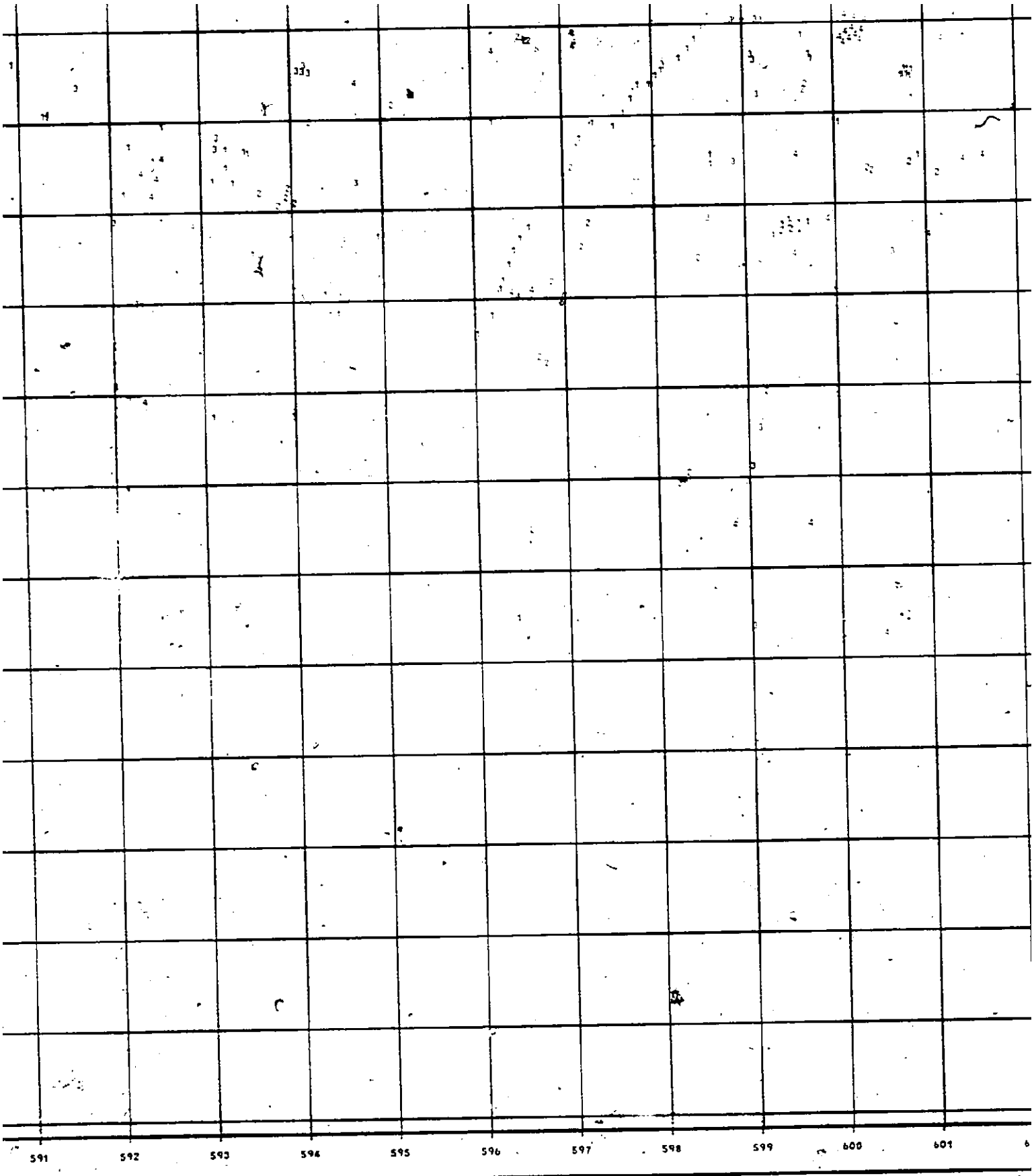
9 of

PLOT NO. 1, JOB 80*546, JUN. 25, 1975.

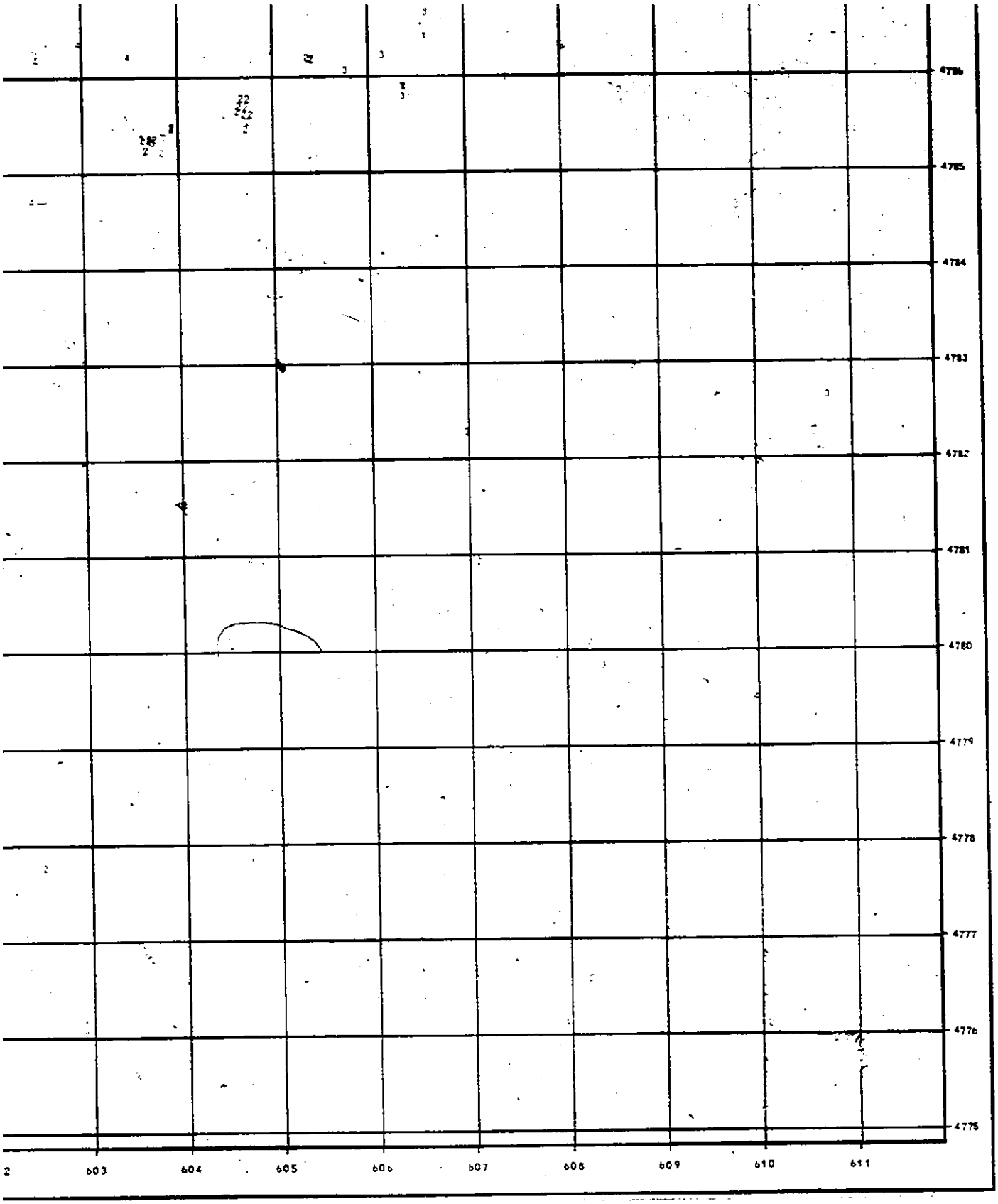


OPERATOR S INSTRUCTIONS

SIZE OF MAP= 32.0 IN. BY 2
RIBBON = RED, THEN BLUE TH
PEN SIZE = POS,1..2, POS,2



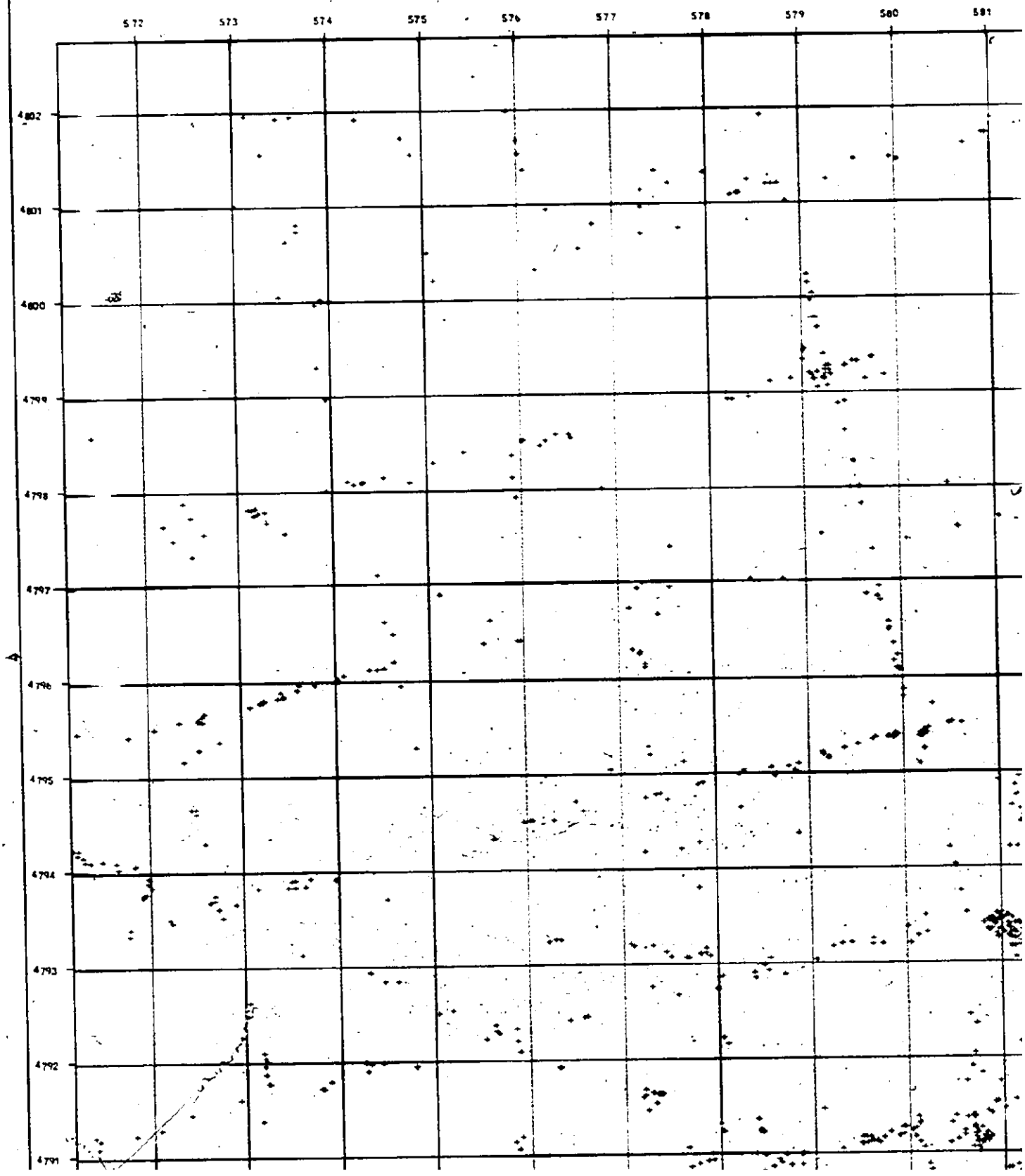
OF MAP= 32.0 IN. BY 22.0 IN.
IN = RED, THEN BLUE THEN GREEN THEN BROWN.
SIZE = POS.1..2, POS.2..1, POS.3..00.



12 of 12

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
Pp. 291-293 - Figures : 7-8 et 7-9
Voir : légende p. 290

1 of 1


572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791

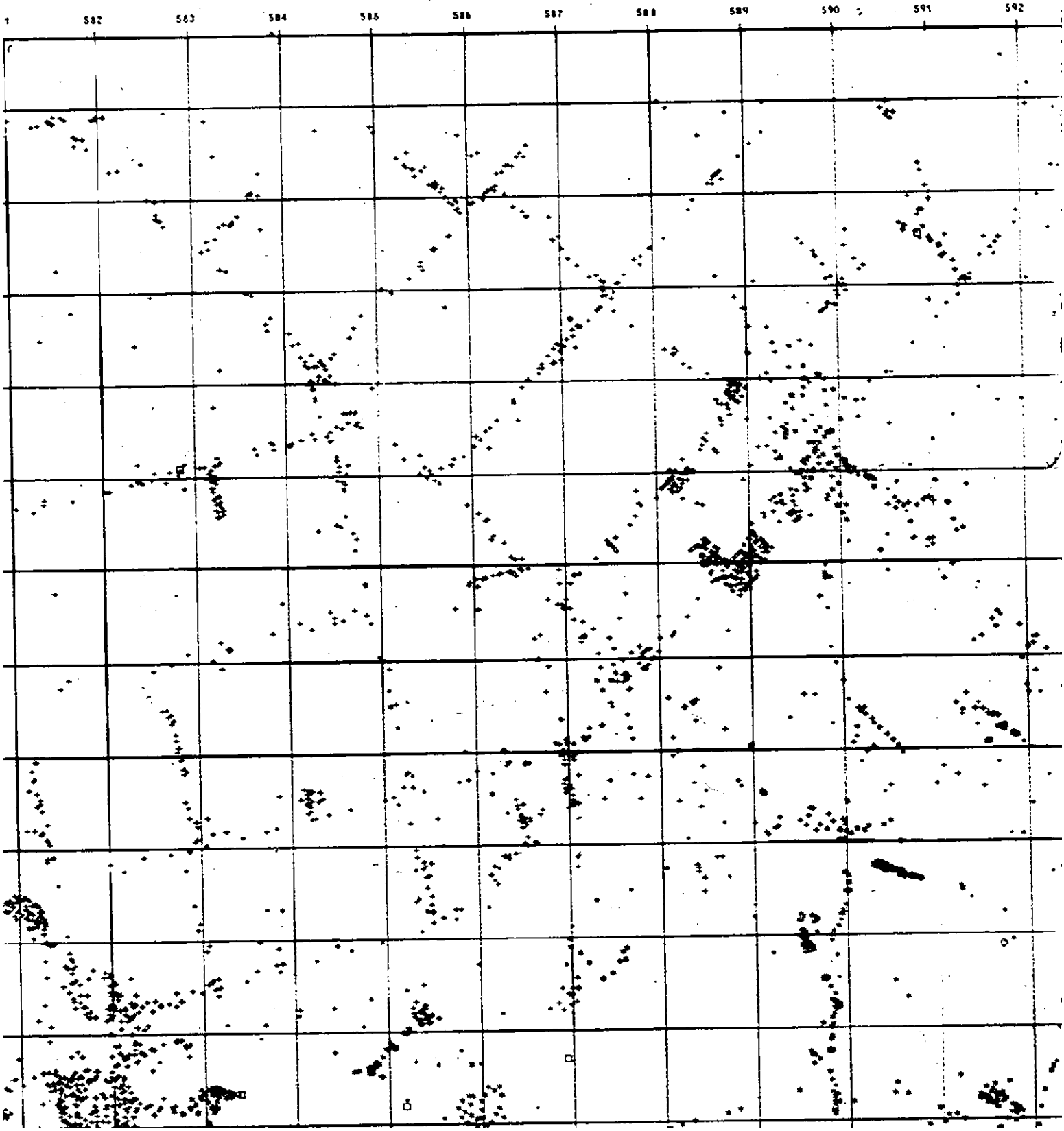
URBAN GEØLØGY - HAMILTØN ØNT.

BØREHØLE TYPES - TYPES

2 sht

MILES 1 0 1

SCALE 1= 50000



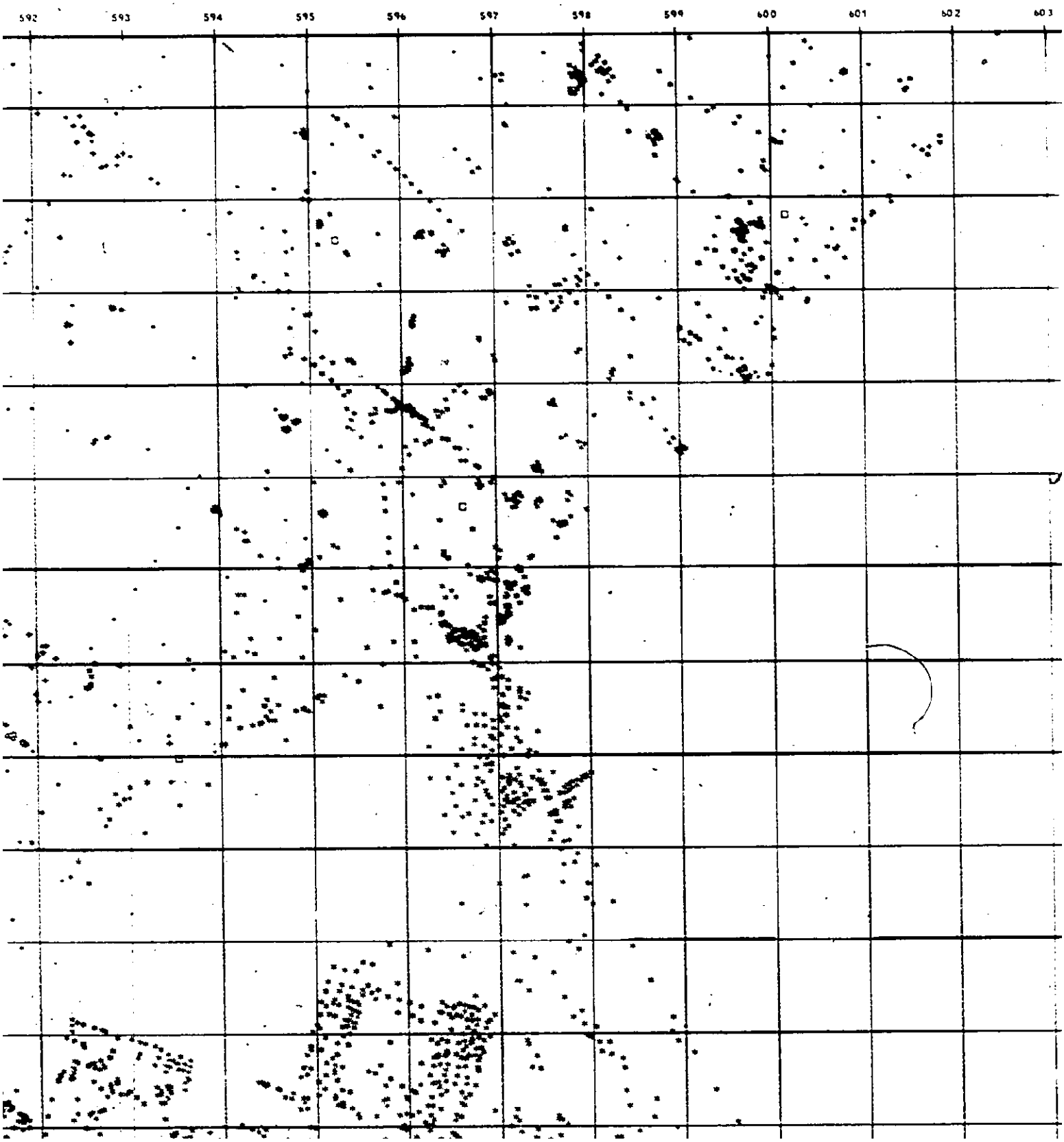
NT. - GEØLØGIE URBAINE

TYPES DE FØRAGE

3f

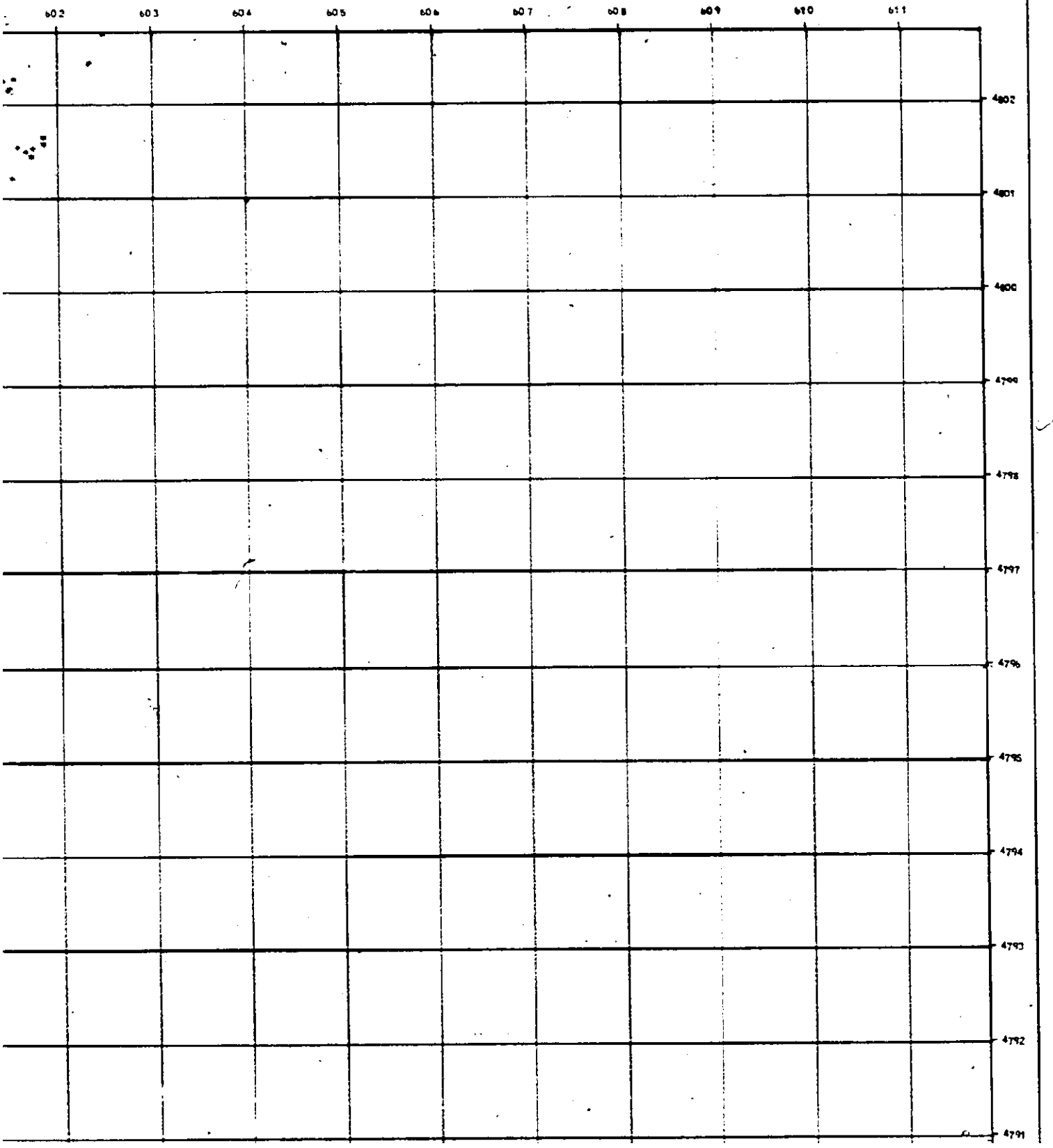
1 2 MILLES

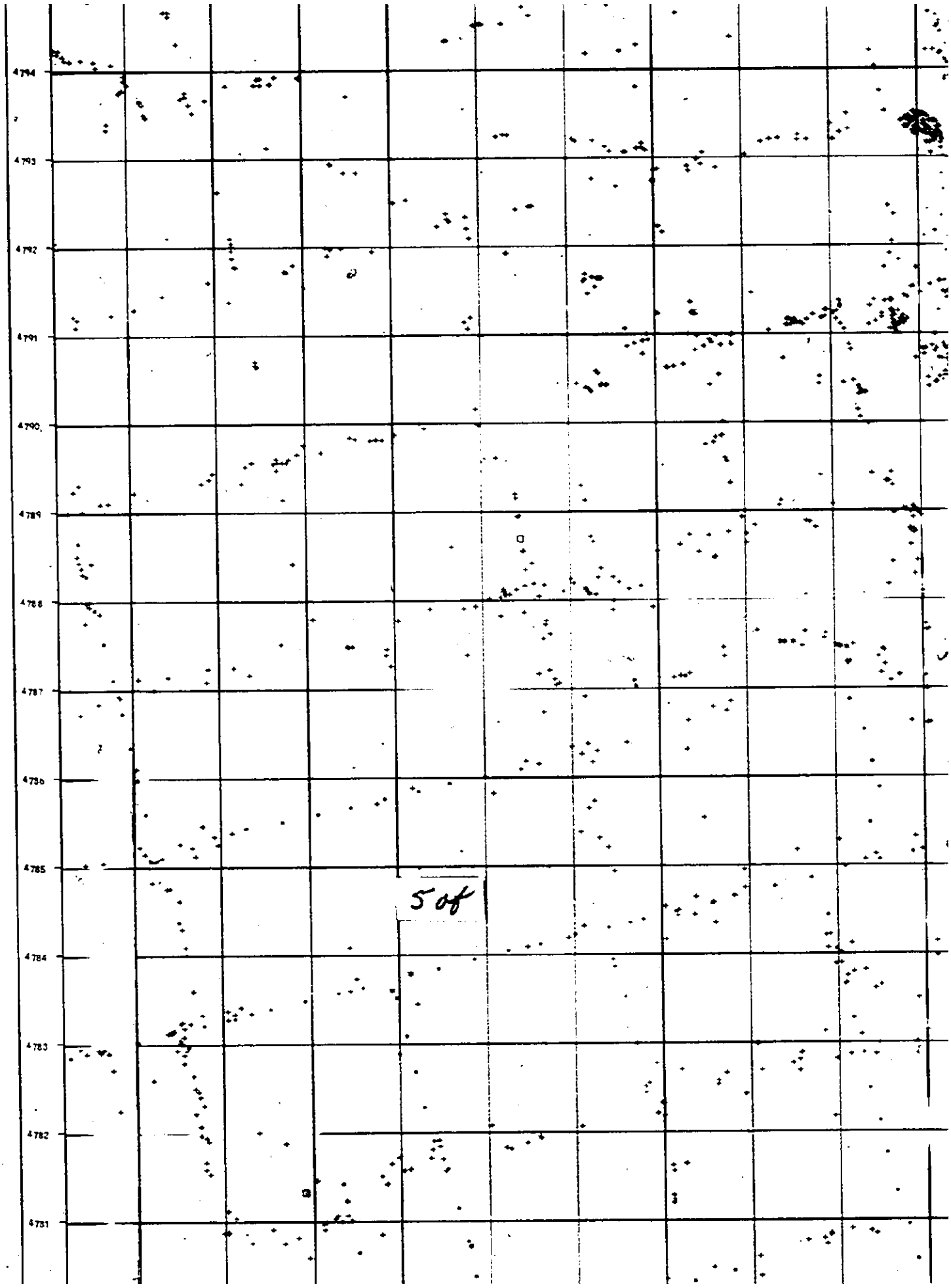
000 ECHELLE

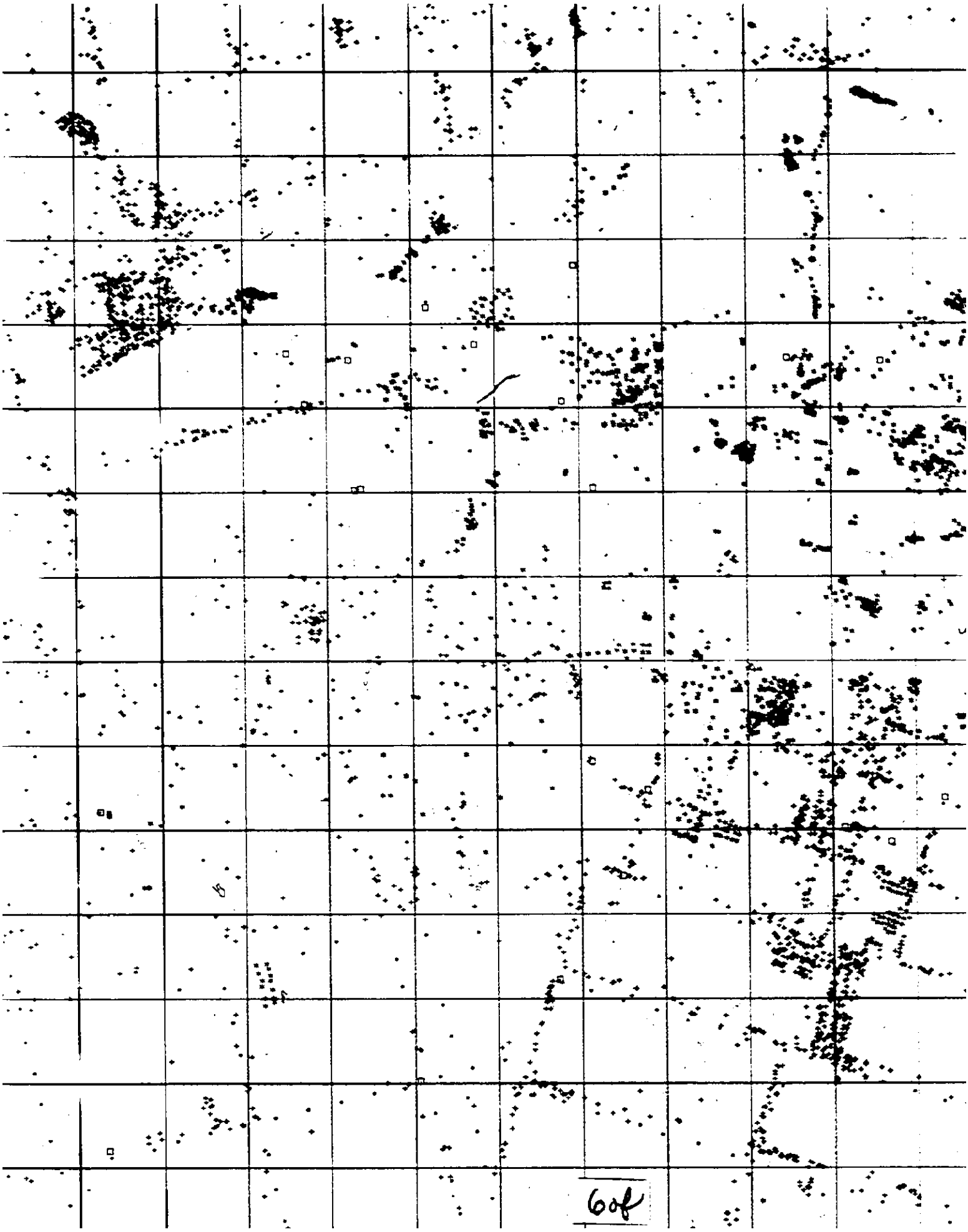


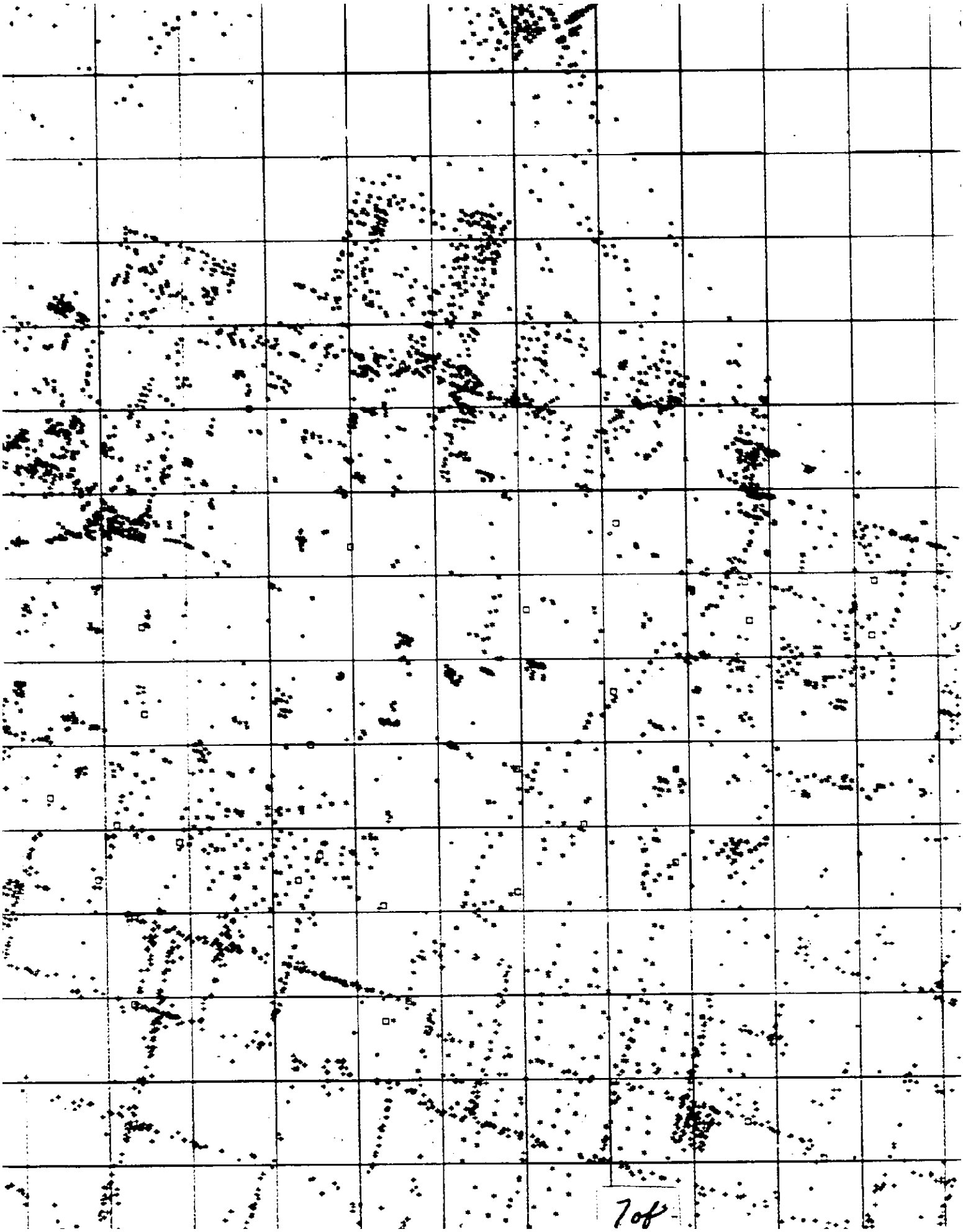
4 of

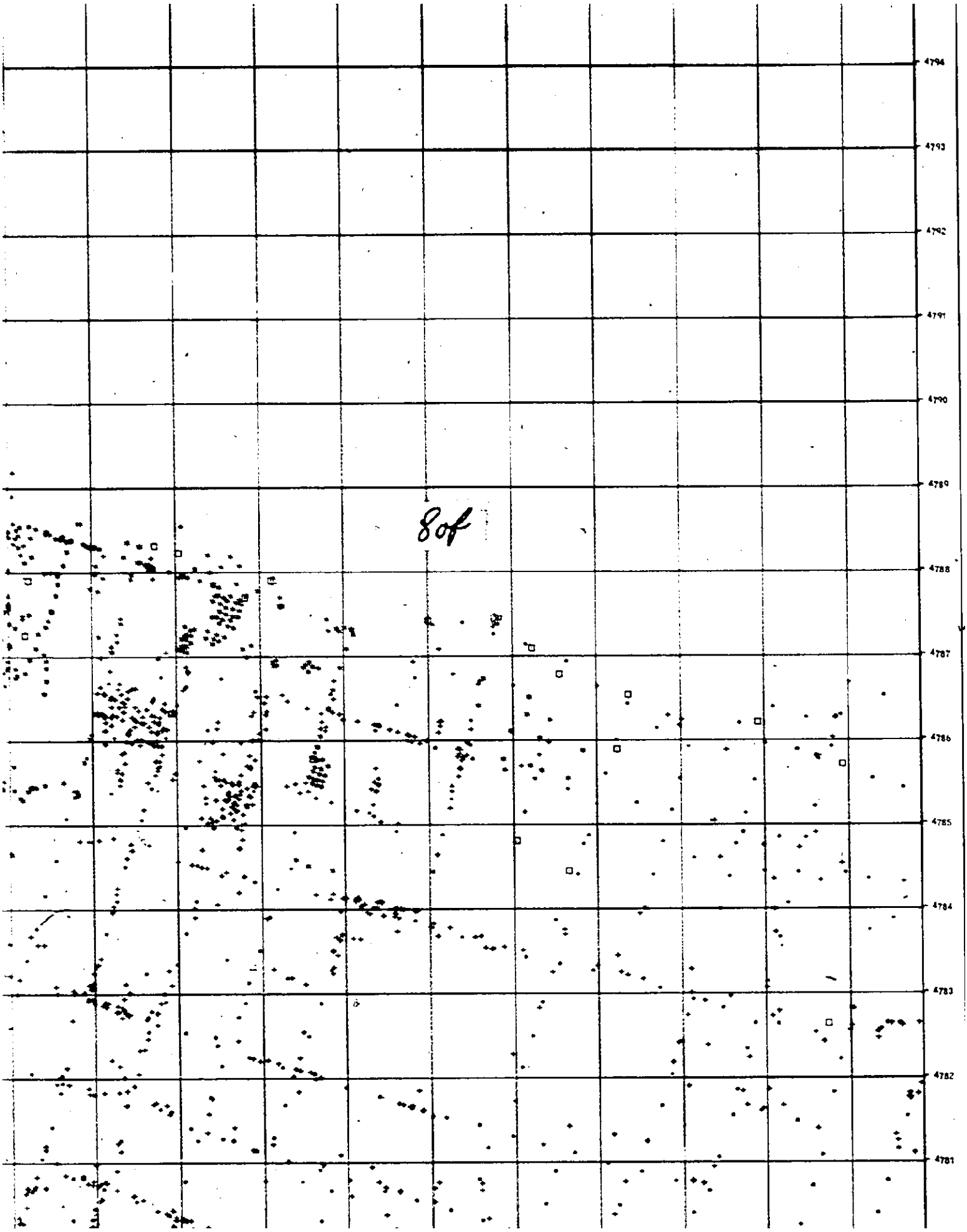
F. Morin

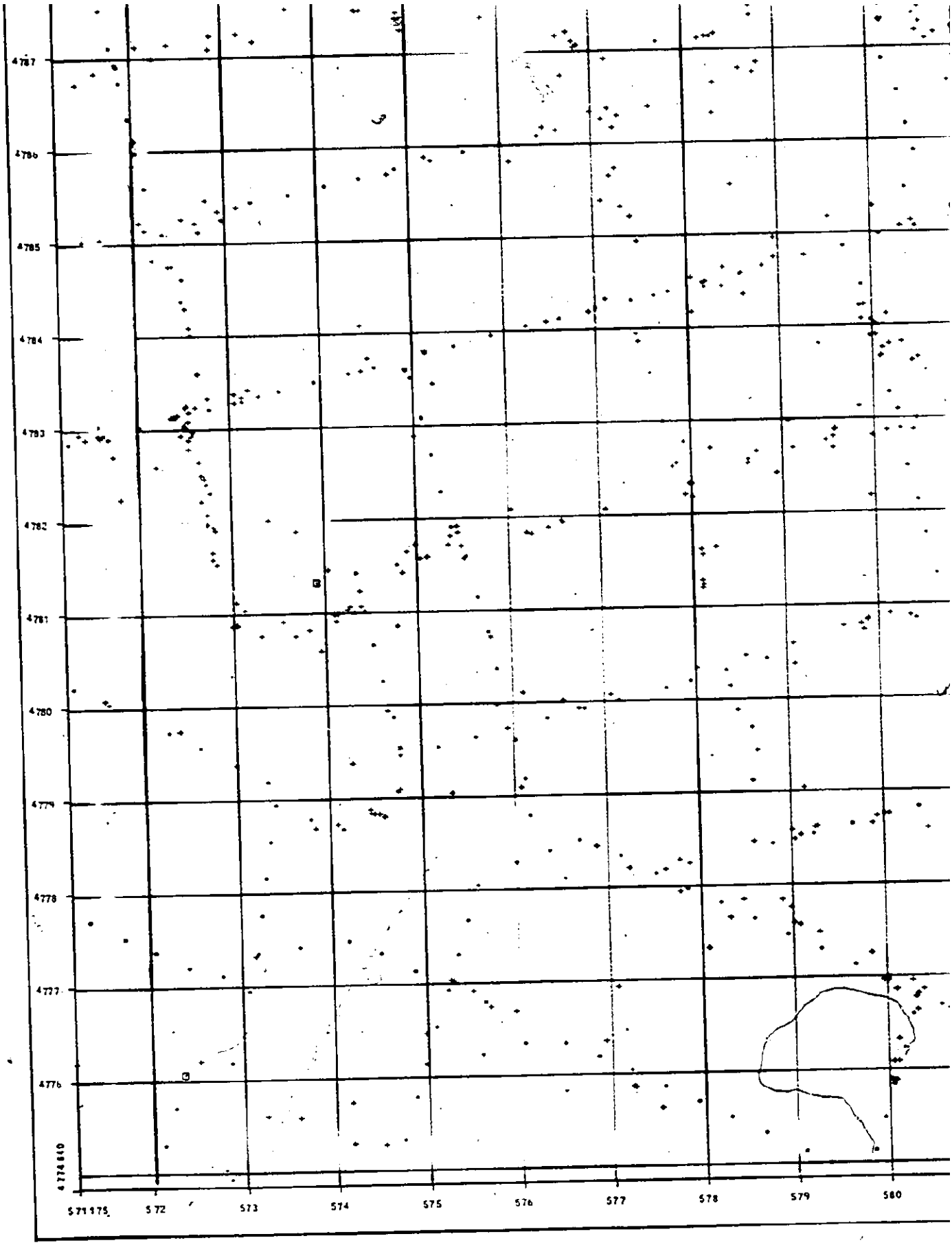

602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791

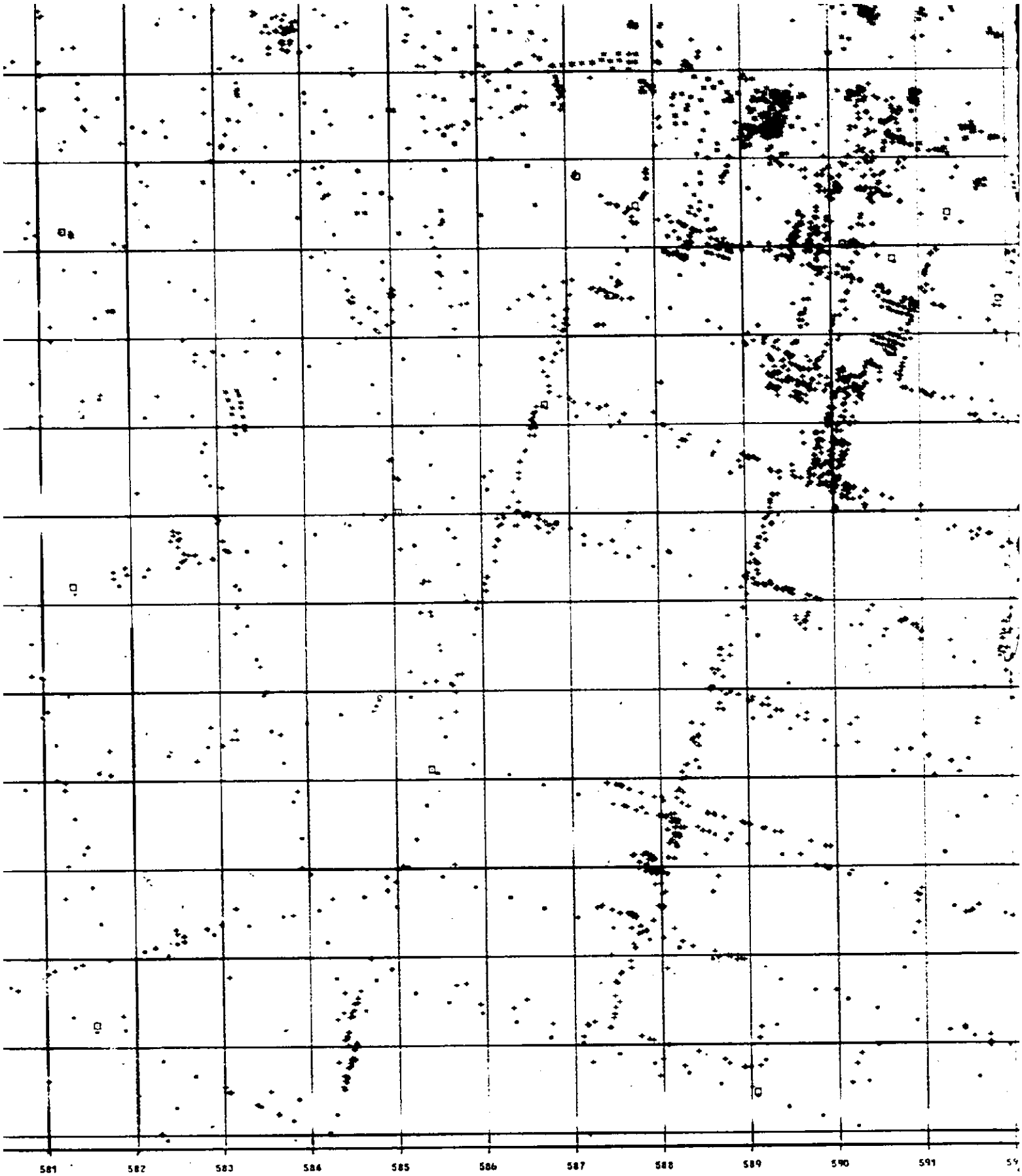

4794
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
5 of
4784
4783
4782
4781




7 of

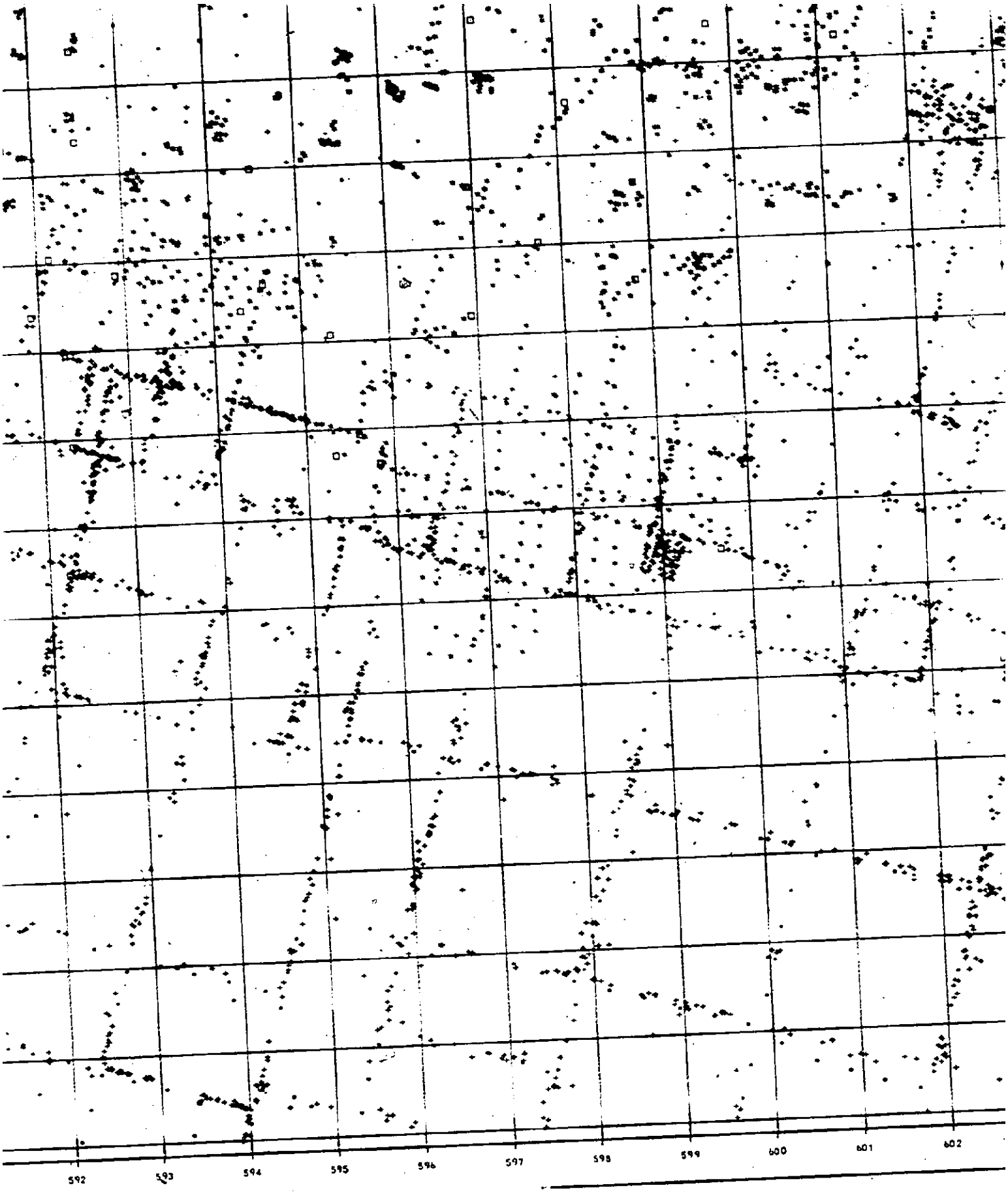

8of
4794
4793
4792
4791
4790
4789
4788
4787
4786
4785
4784
4783
4782
4781


4787
4786
4785
4784
4783
4782
4781
4780
4779
4778
4777
4776
4774840
571 575
572
573
574
575
576
577
578
579
580

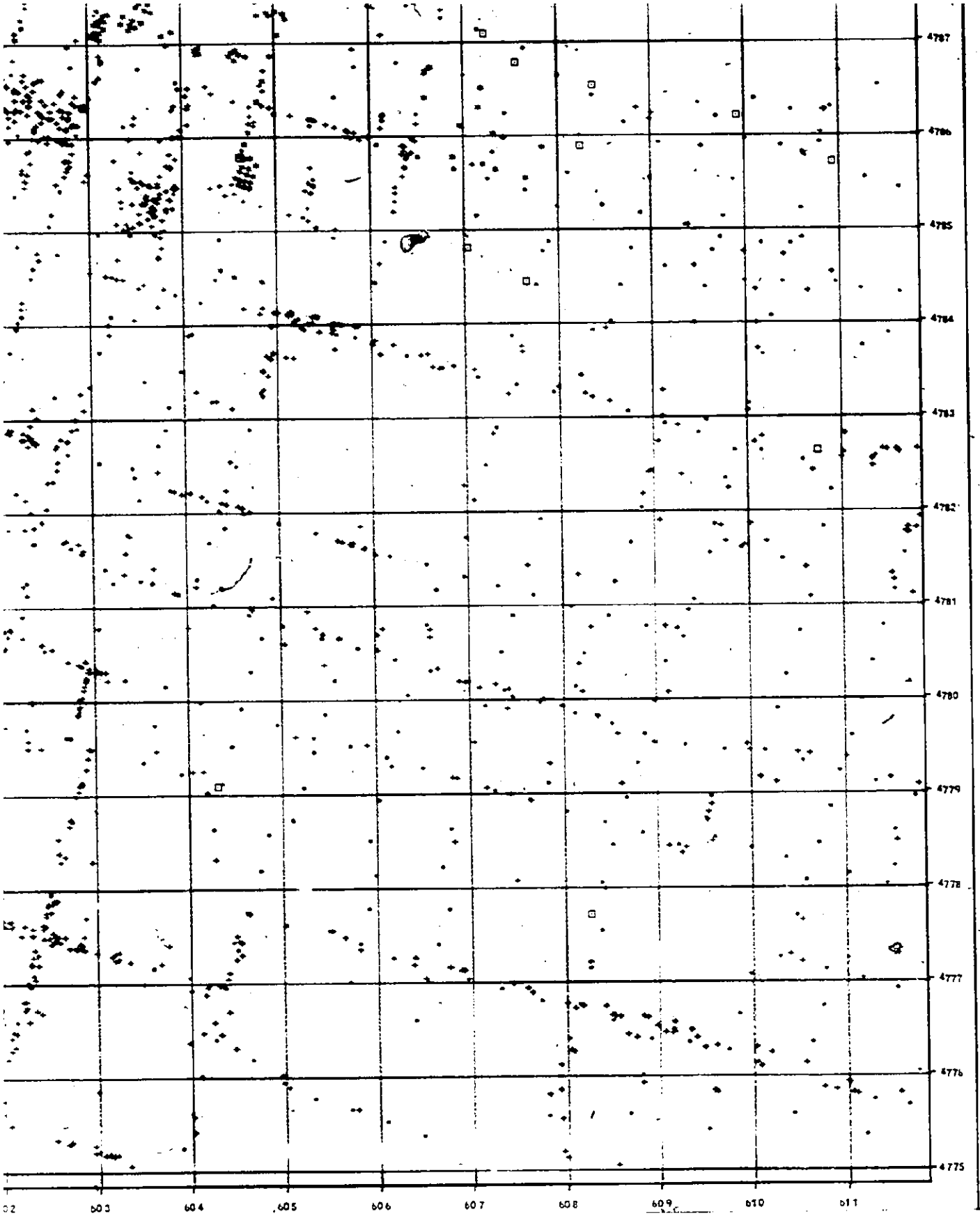


PERATOR S INSTRUCTIONS

SIZE OF MAP= 32.0 IN. BY
RIBBON = RED THEN BL C
PEN SIZE = POS.1..2, PO



= 32.0 IN. BY 22.0 IN.
0 THEN BL E



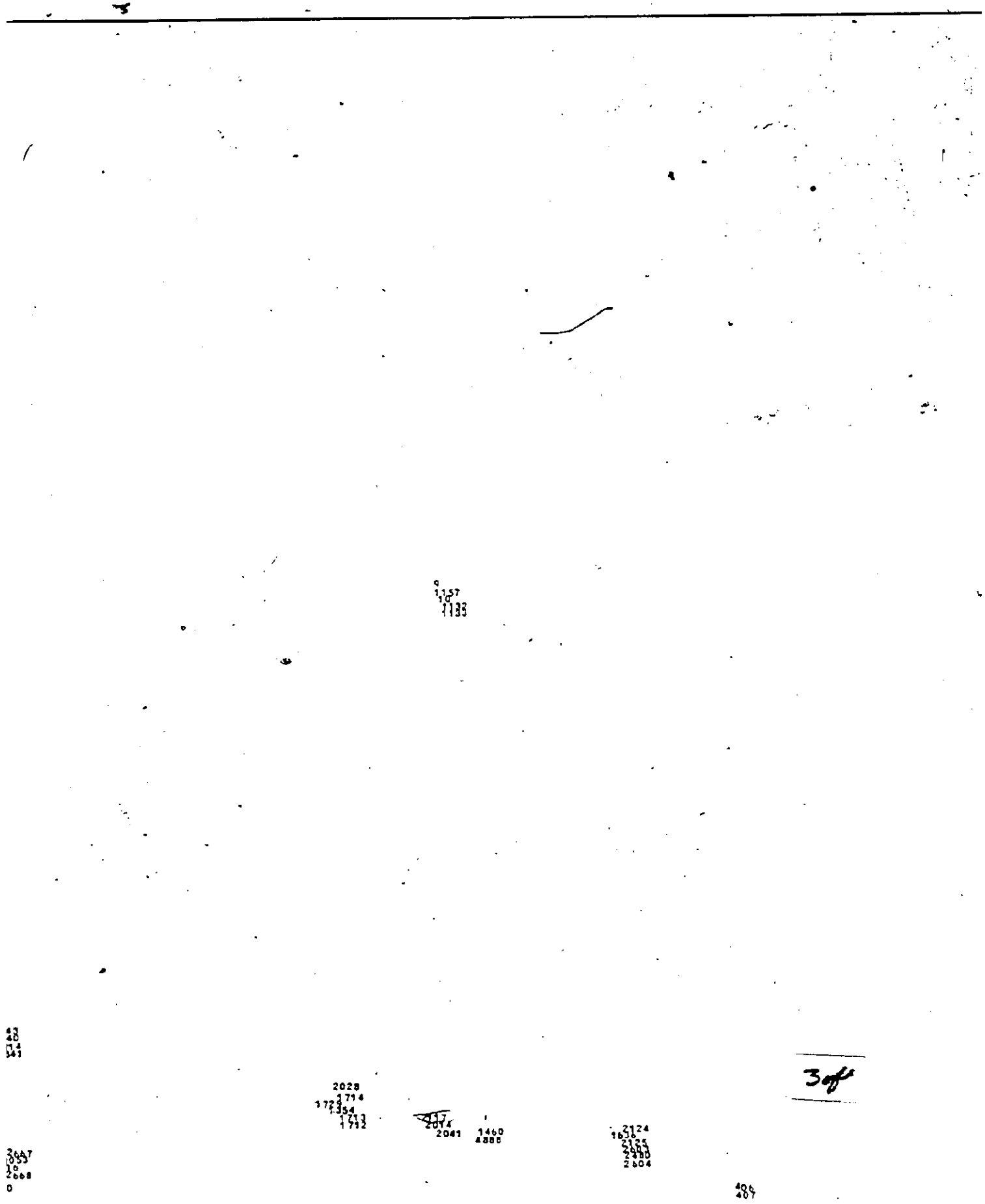
12 of 12

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
Pp. 285 & 287 Figures No. 7-6 & 7-7
Voir Légende p. 284

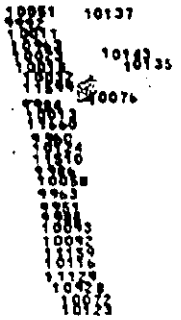
1 of

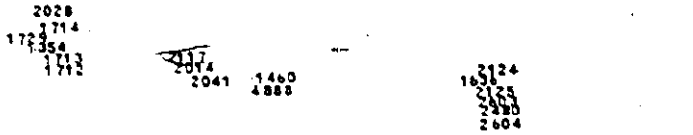
hole number.

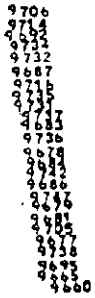
2 of

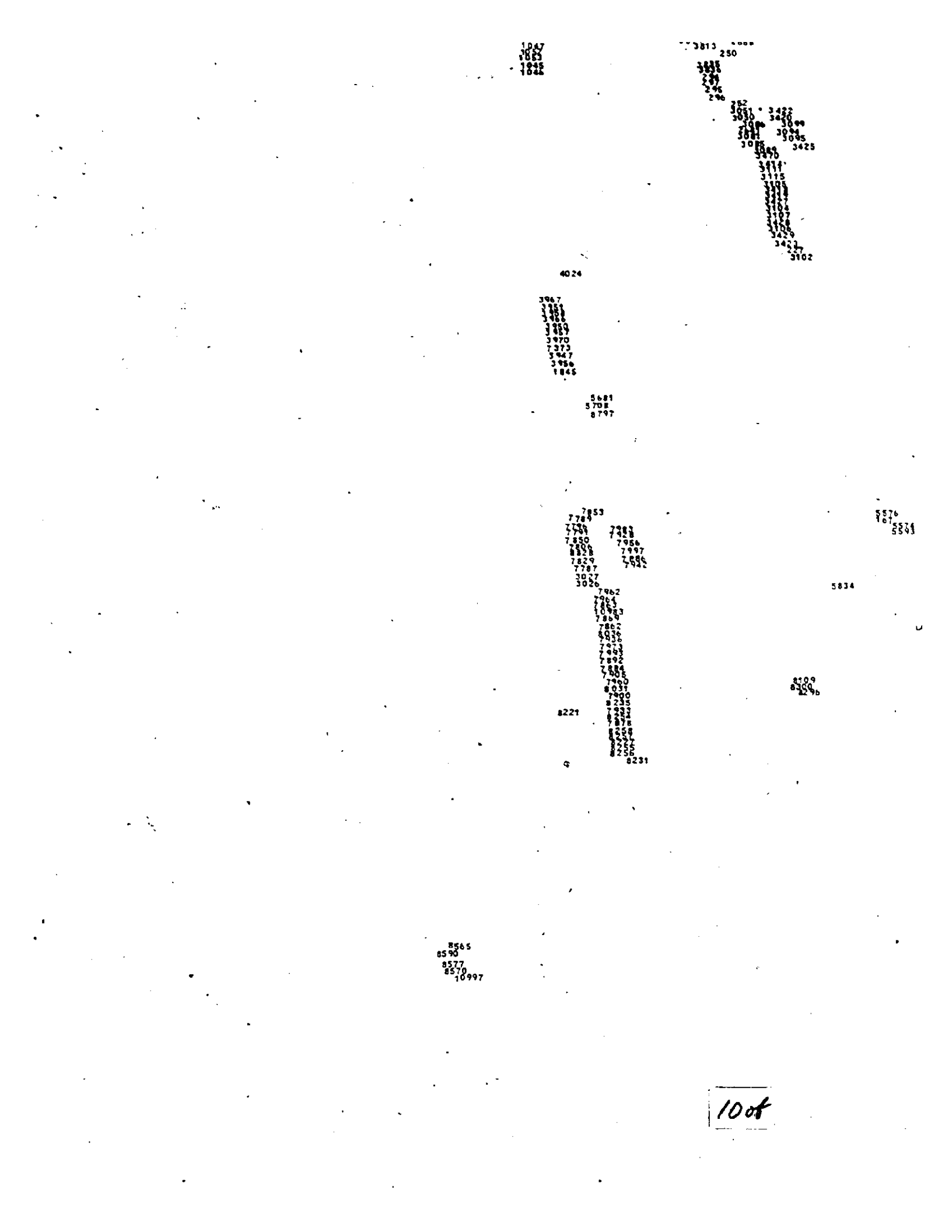

1157
1133
2028
1460
4886
2124
2604
3 of

lu forage









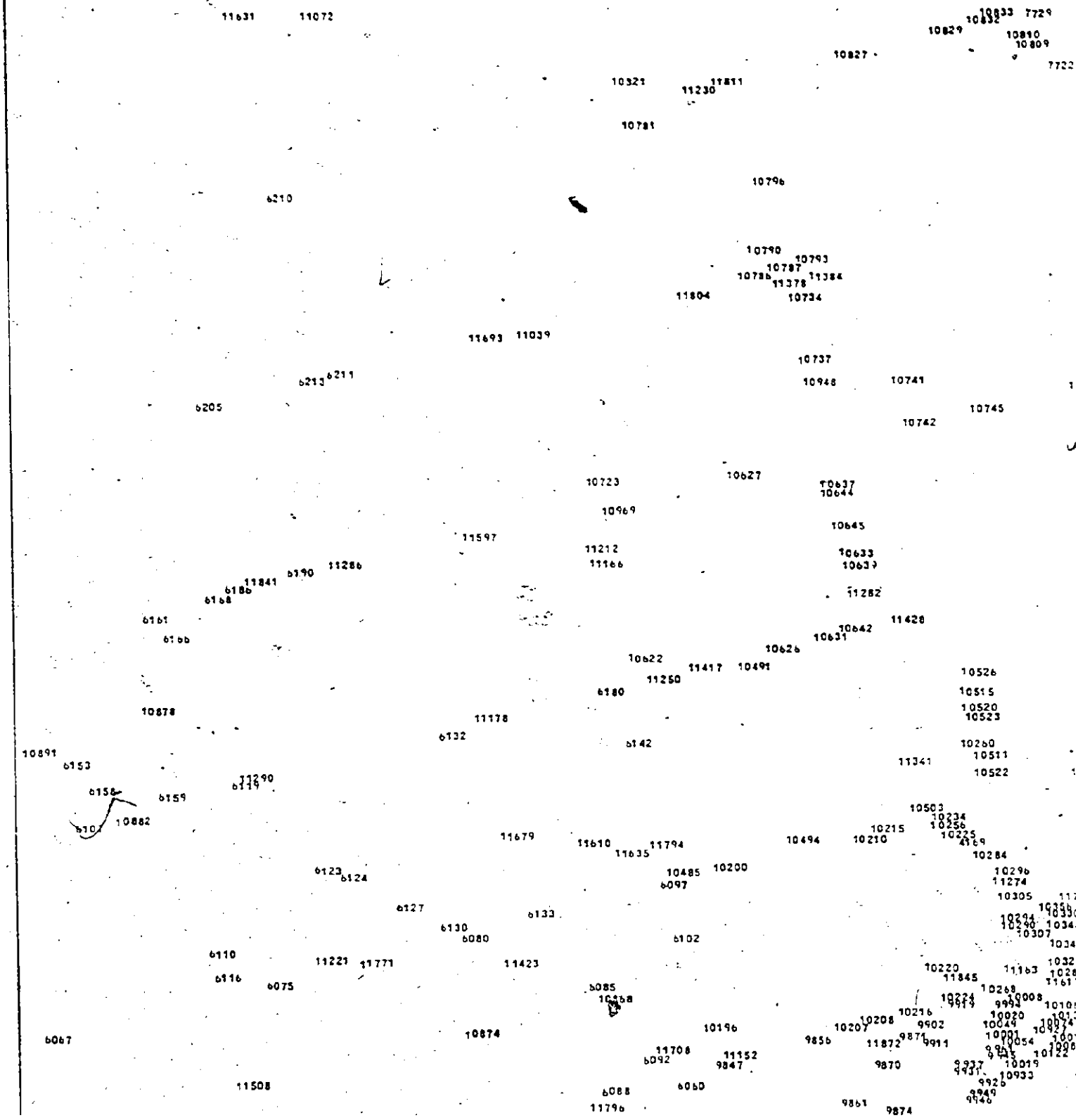
12 of 12

Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
p.p. 279-281 - Figs. No. 7-4 & 7-5 - Voir Légende p. 278

Borehole nu

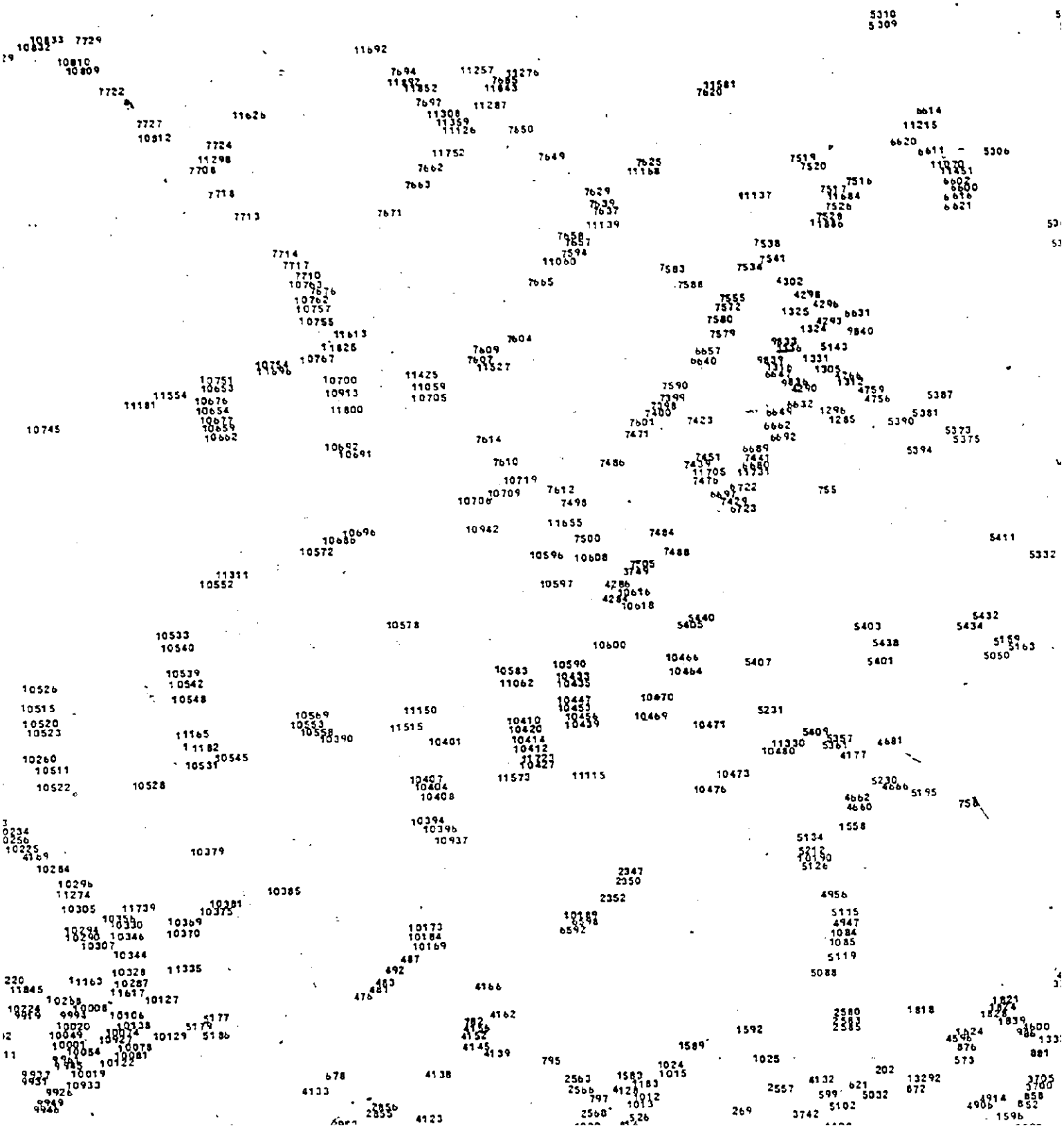
1 of 1

no:2



ole number

2 of



Numéro du forage

34

du forage

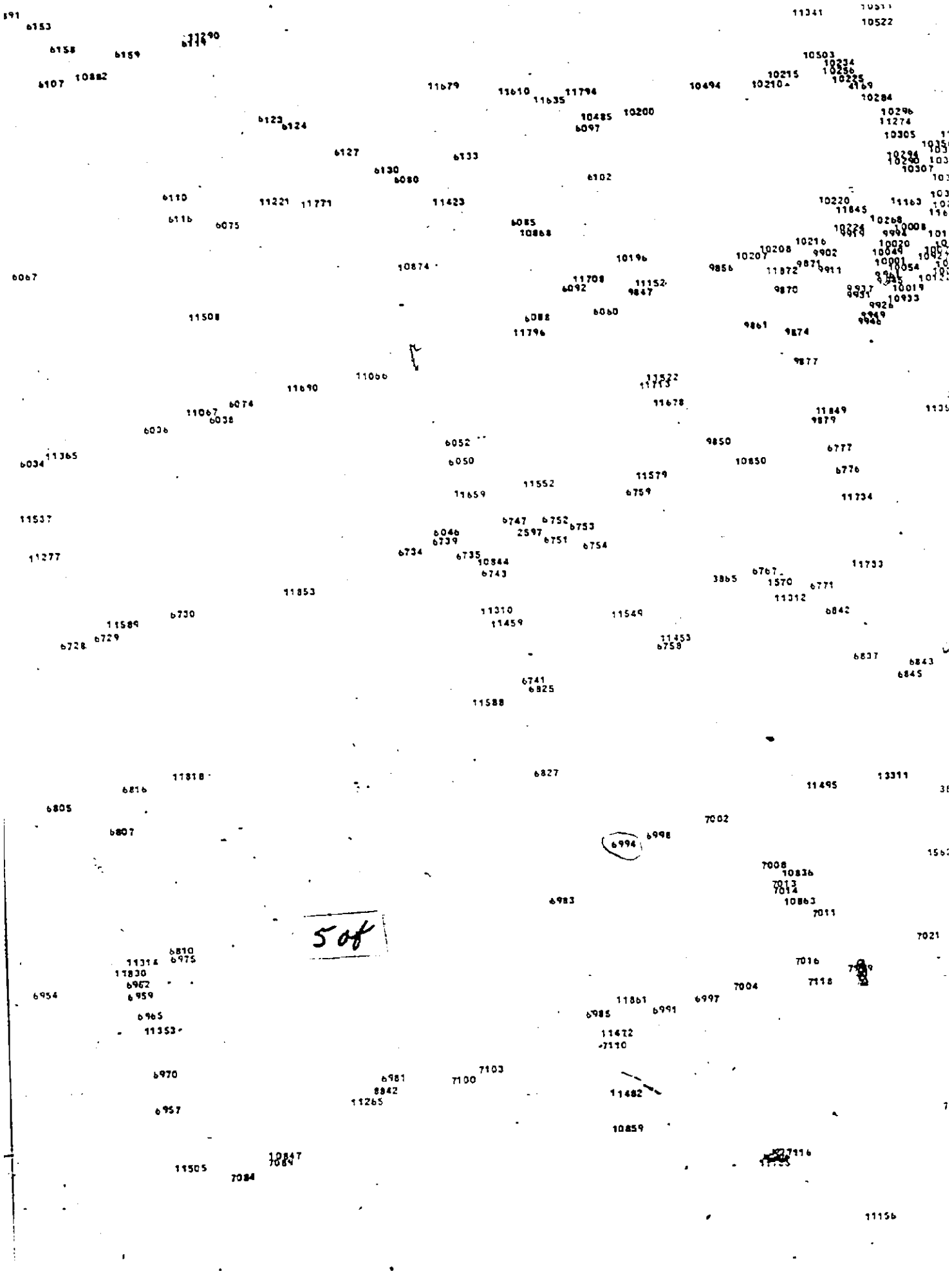
3565

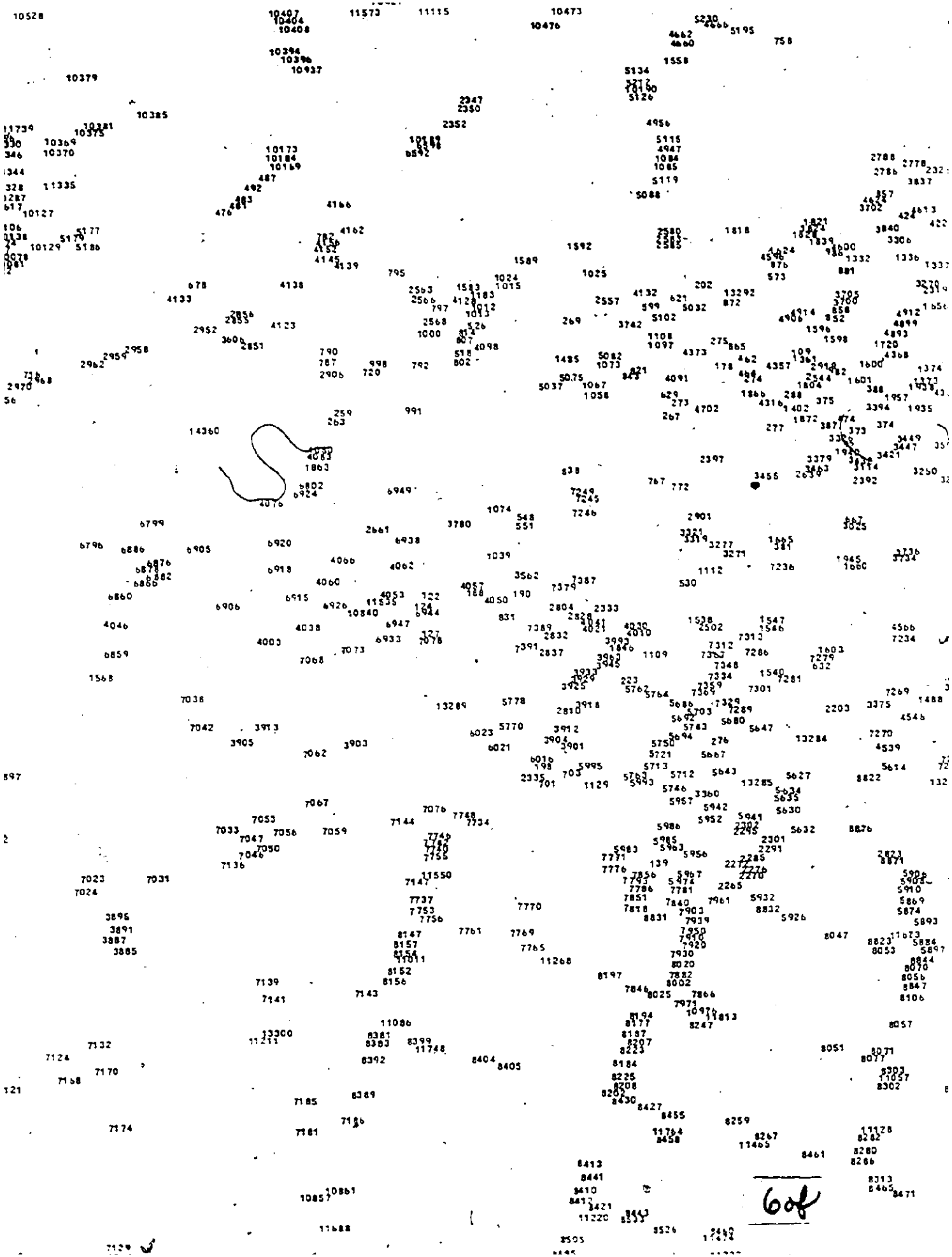
971
970

5324

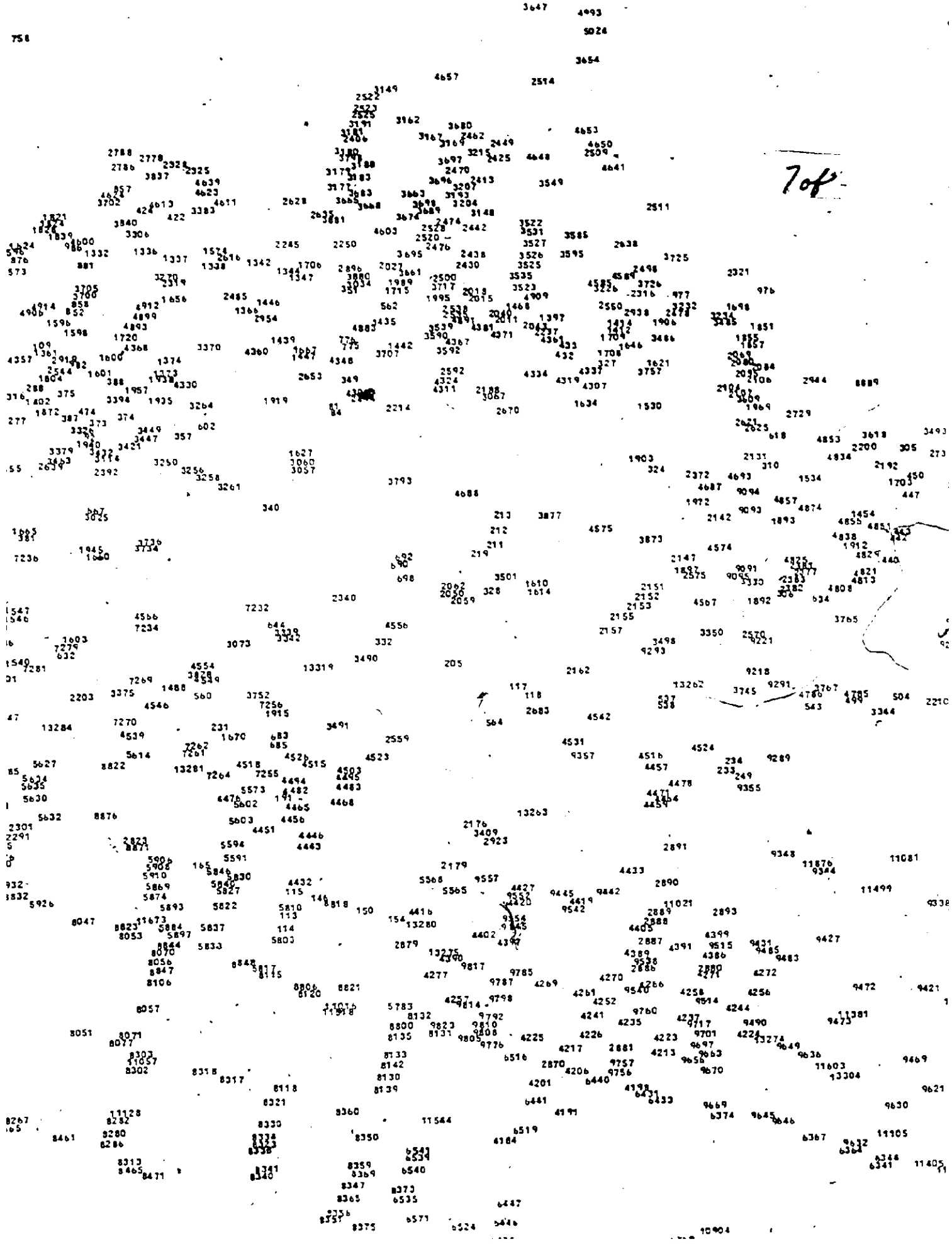
1381

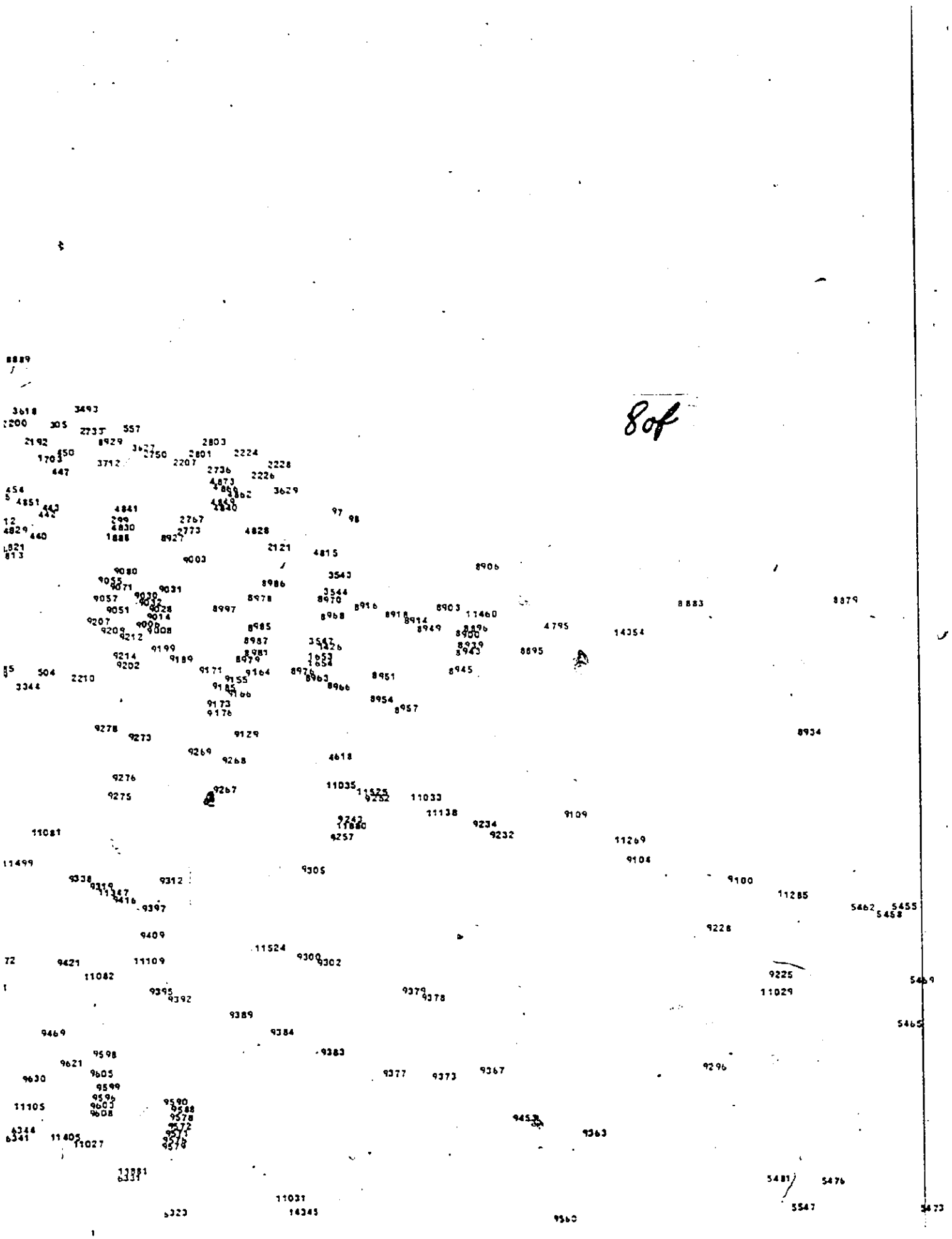
40

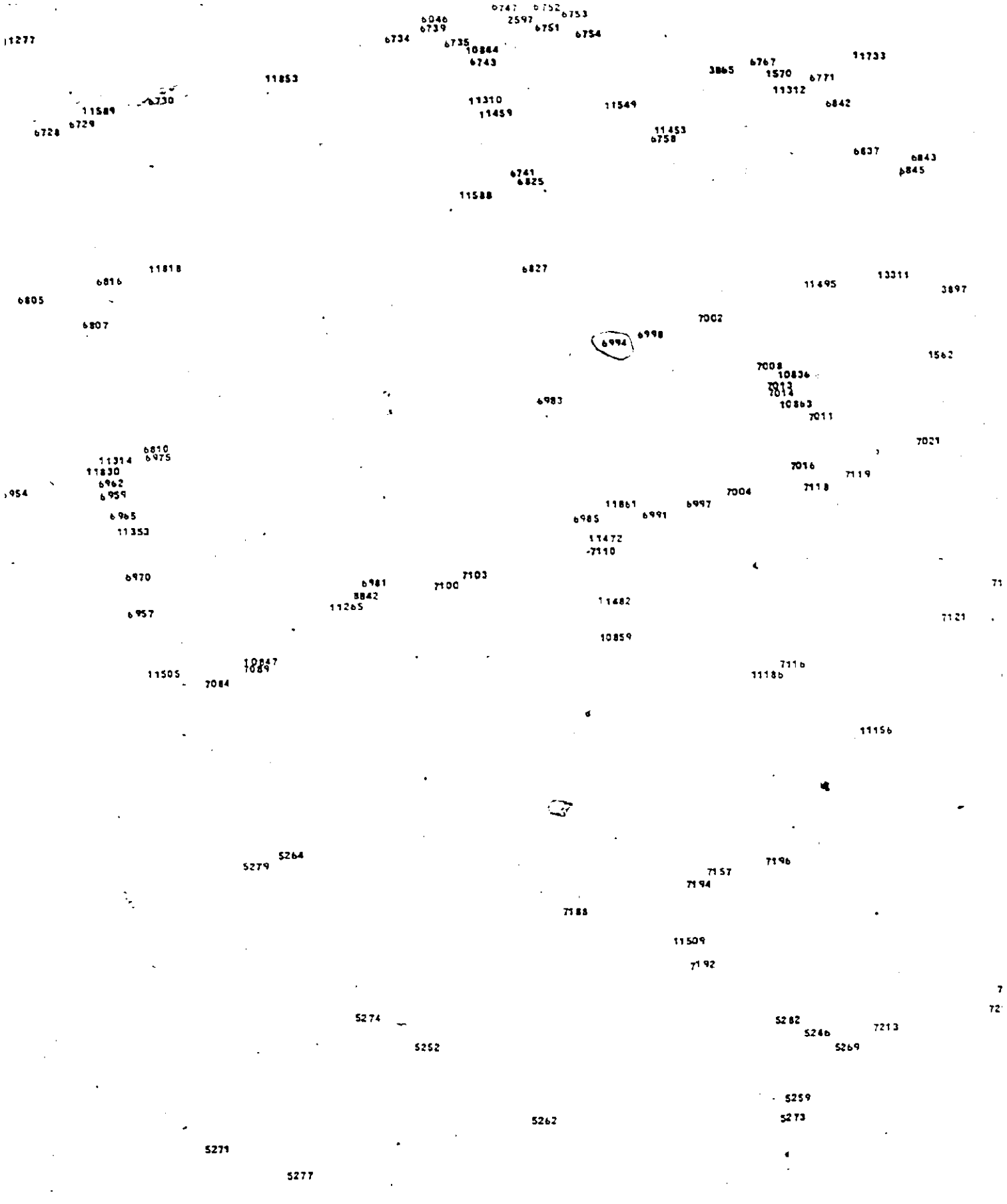


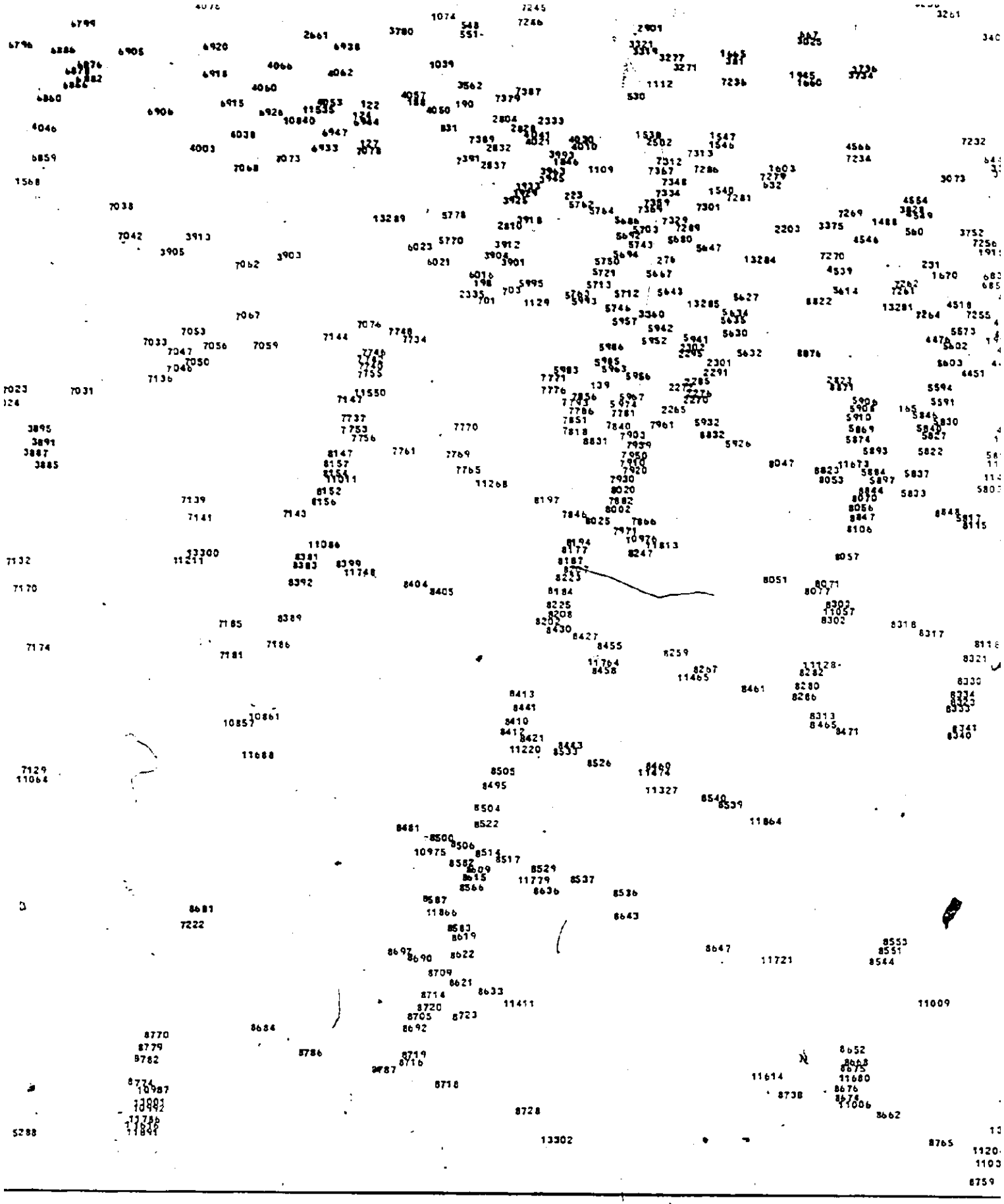


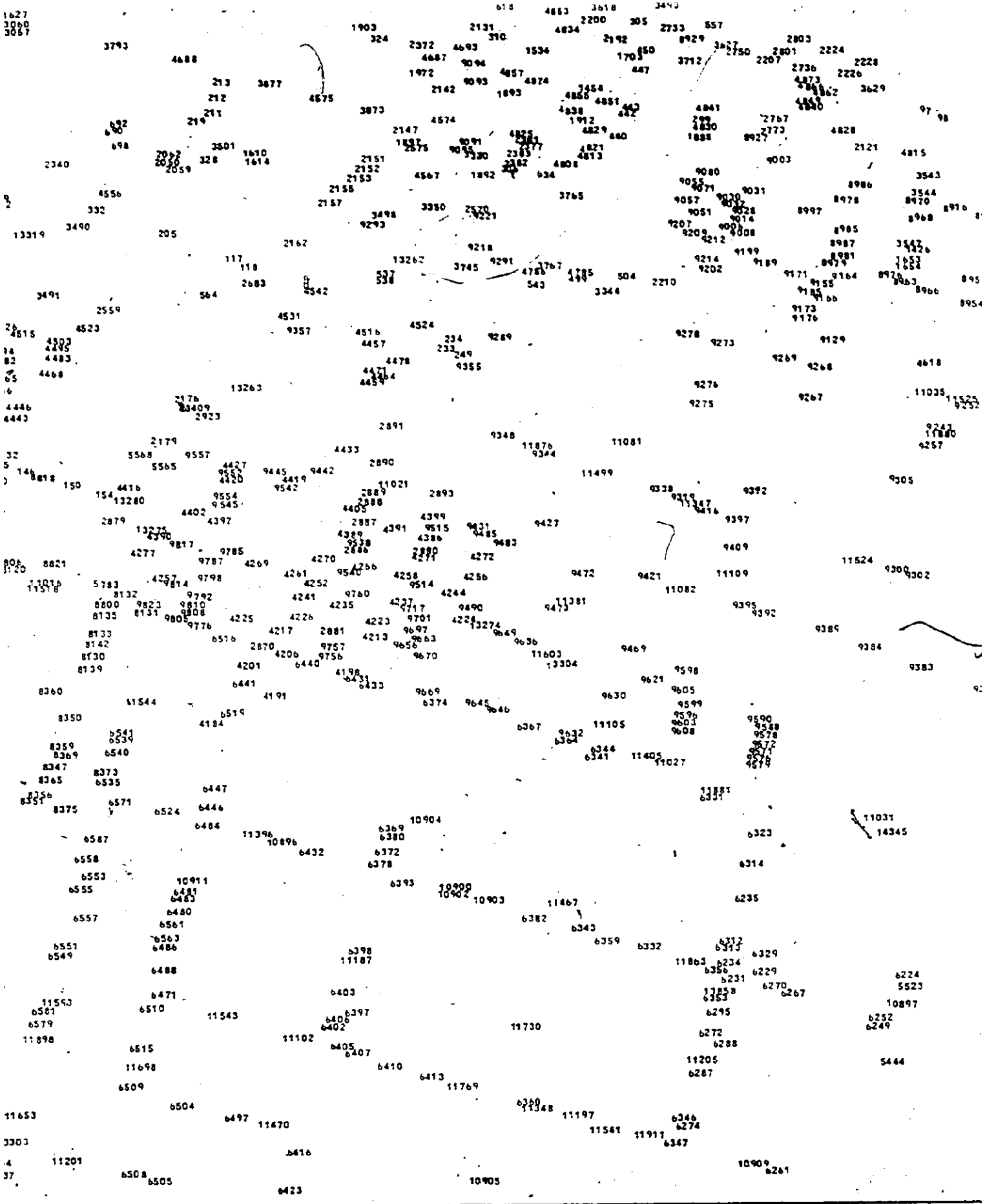
6of

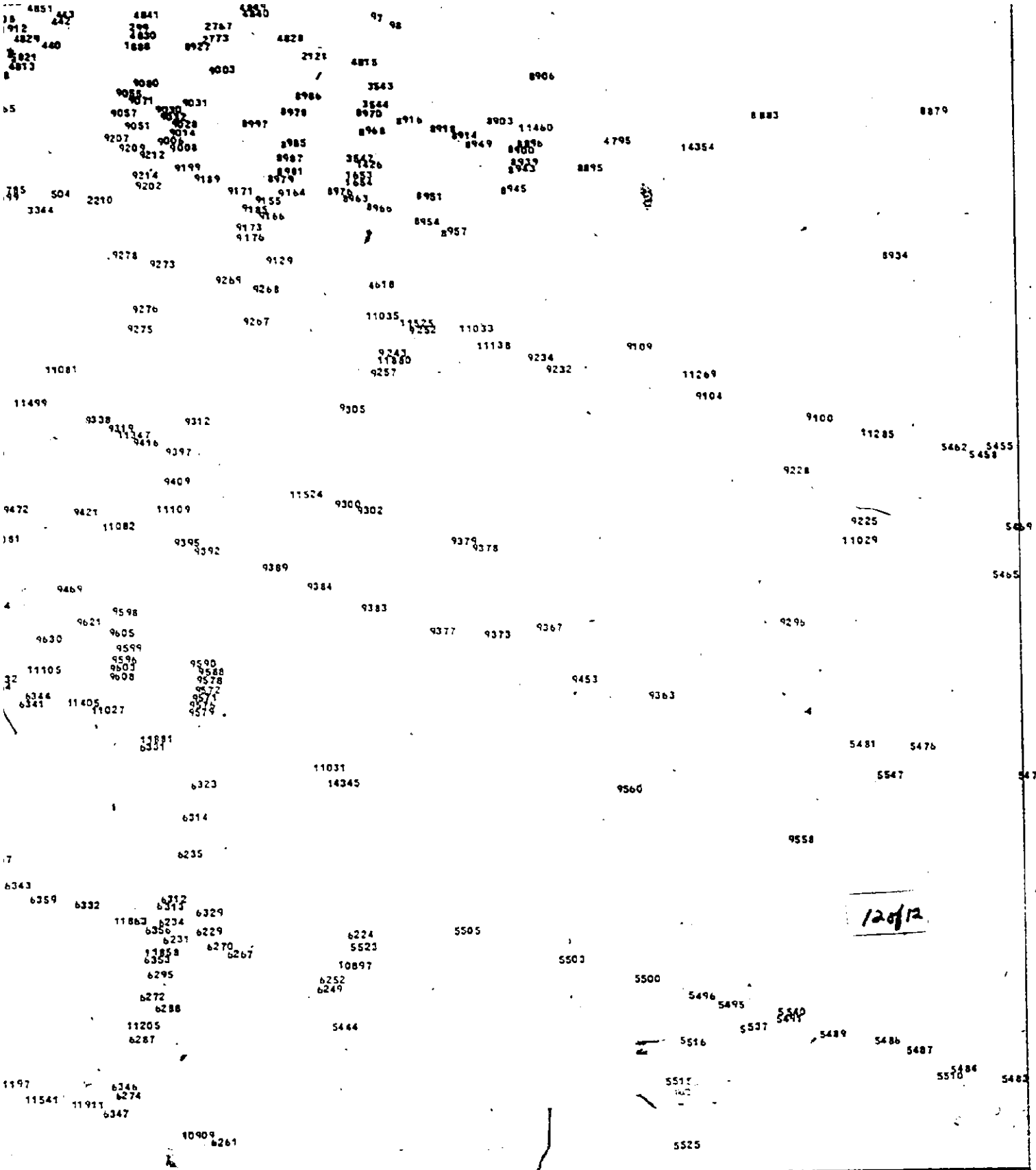



8 of


6747 6752 6753
2597
6046
6739
6751
6754
6734
6735
10864
6743
11853
6767
11733
3865
1570
6771
11312
11310
11459
11549
6842
11589
6730
6729
6728
11453
6758
6837
6843
6845
6741
6825
11588
11818
6816
6827
11695
13311
3897
6805
6807
7002
6994
6998
1562
7008
10836
6983
10863
7011
7021
6810
6975
11314
11830
6962
6959
7016
7119
7118
7004
6954
6965
11353
11861
6997
6985
6991
11472
7110
6970
6981
7100
7103
8842
11265
6957
11682
10859
7121
10847
10849
11505
7084
11186
7116
11156
5264
5279
7196
7157
7194
7188
11509
7192
5274
5282
5246
7213
5252
5269
5259
5262
5273
5271
5277







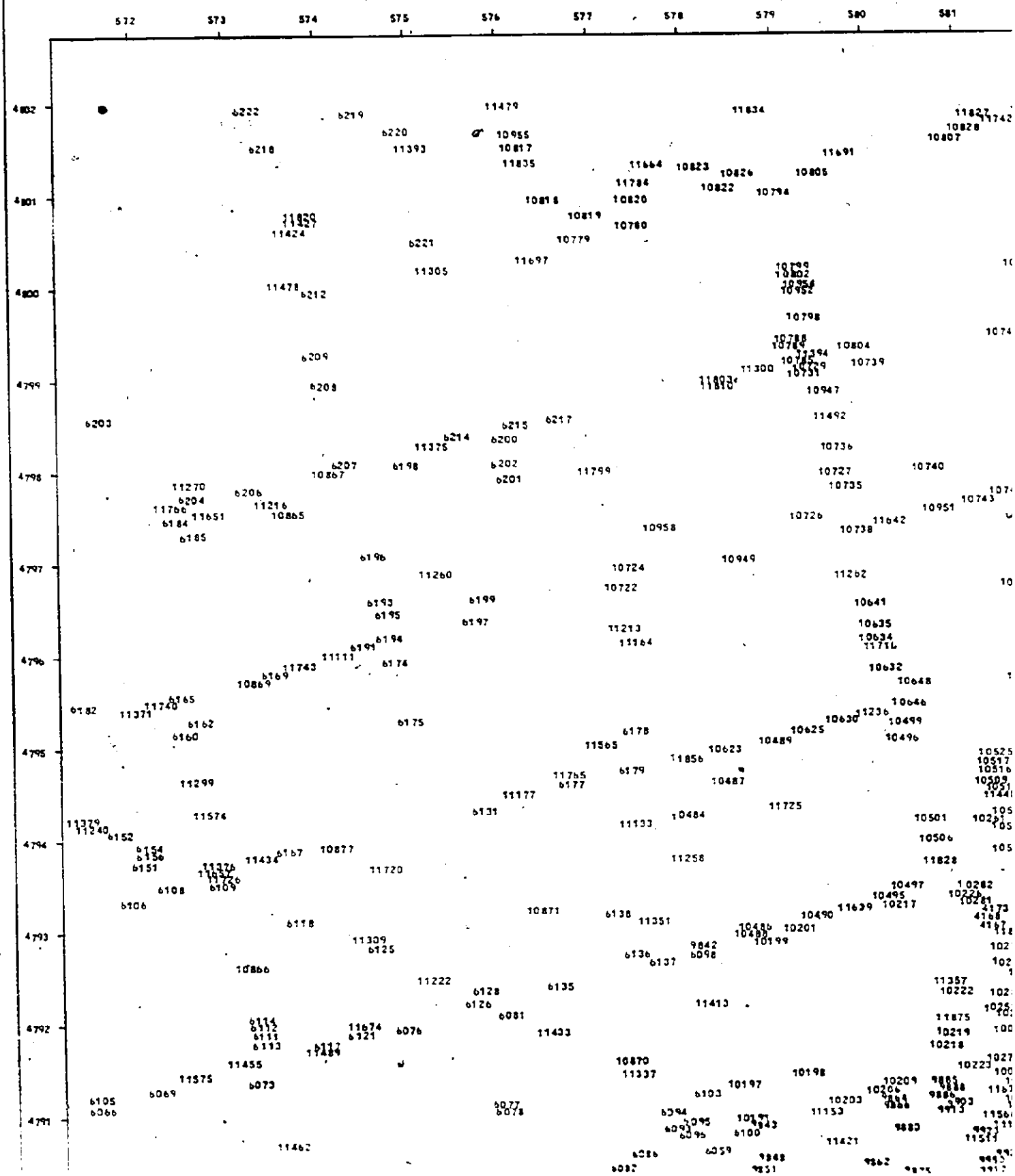
12 of 12

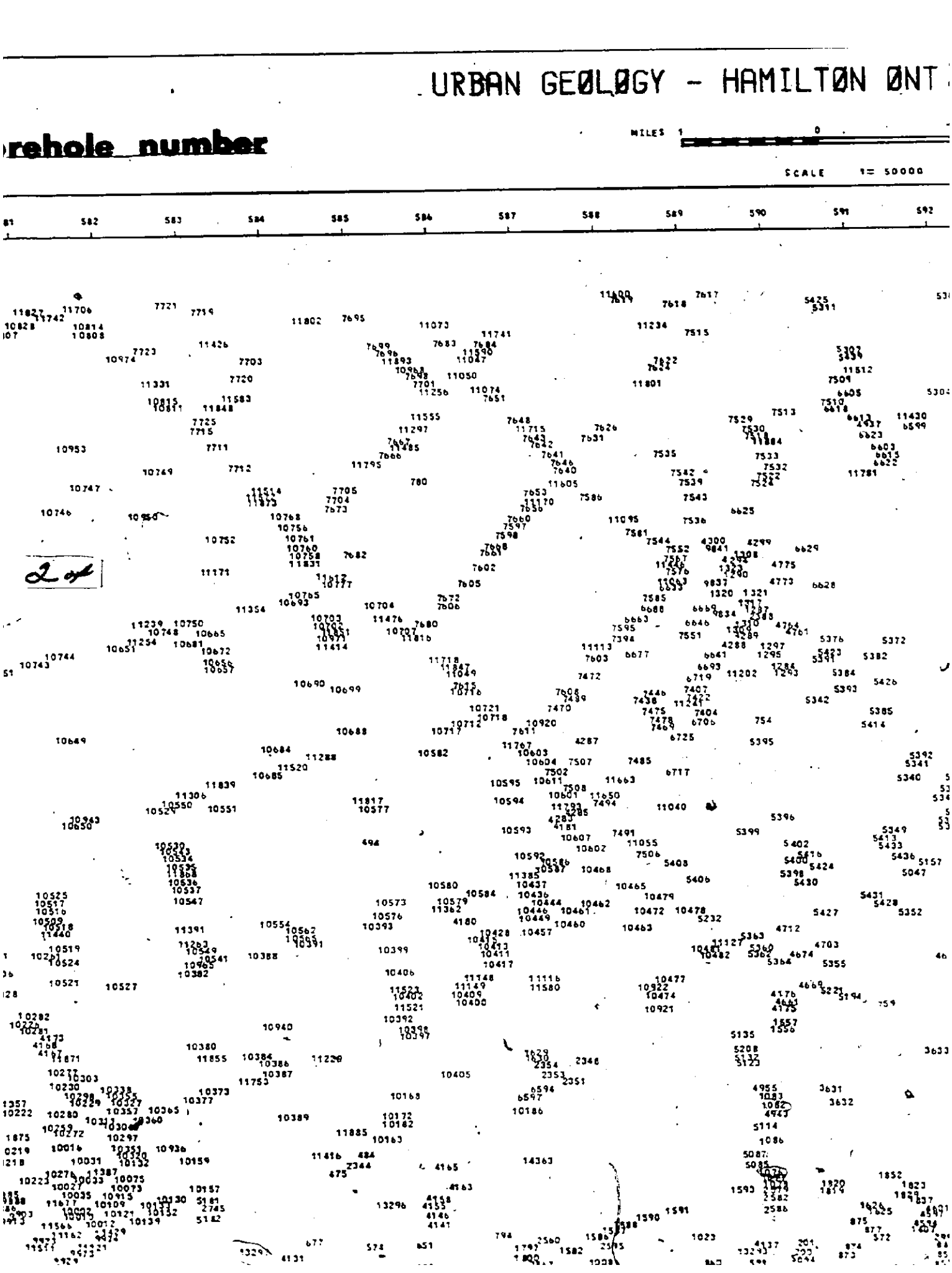
Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

p. 244 Figure No. 7-3

Boreh

no:1


572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
4802
4801
4800
4799
4798
4797
4796
4795
4794
4793
4792
4791


URBAN GEOLOGY - HAMILTON ONT
rehole number
MILES 1 0
SCALE 1= 50000
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592

LTØN ØNT. – GEØLØGIE URBAINE

0 1 2 MILLES

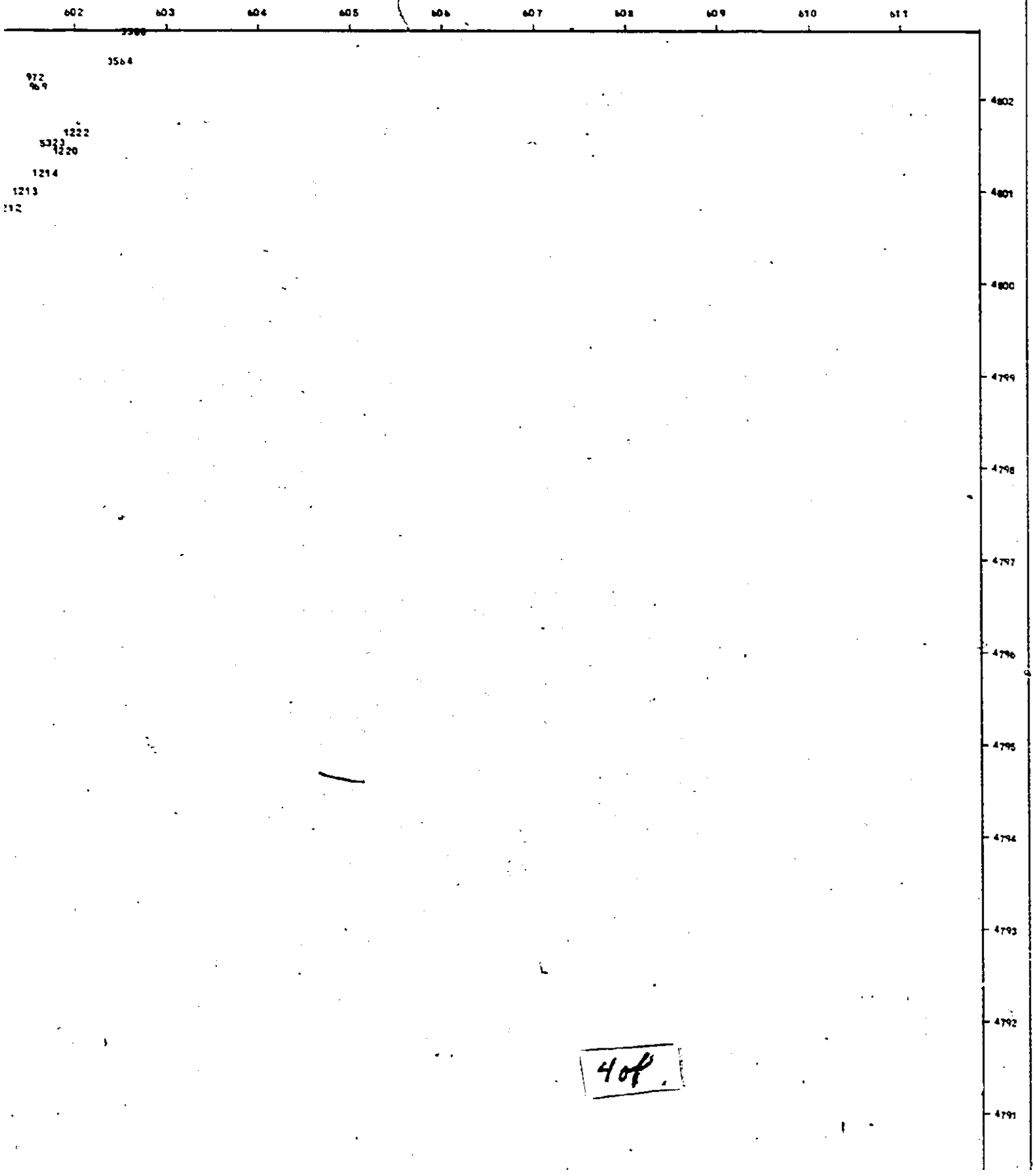
Numéro du f

CALE 1= 50000 ECHELLE

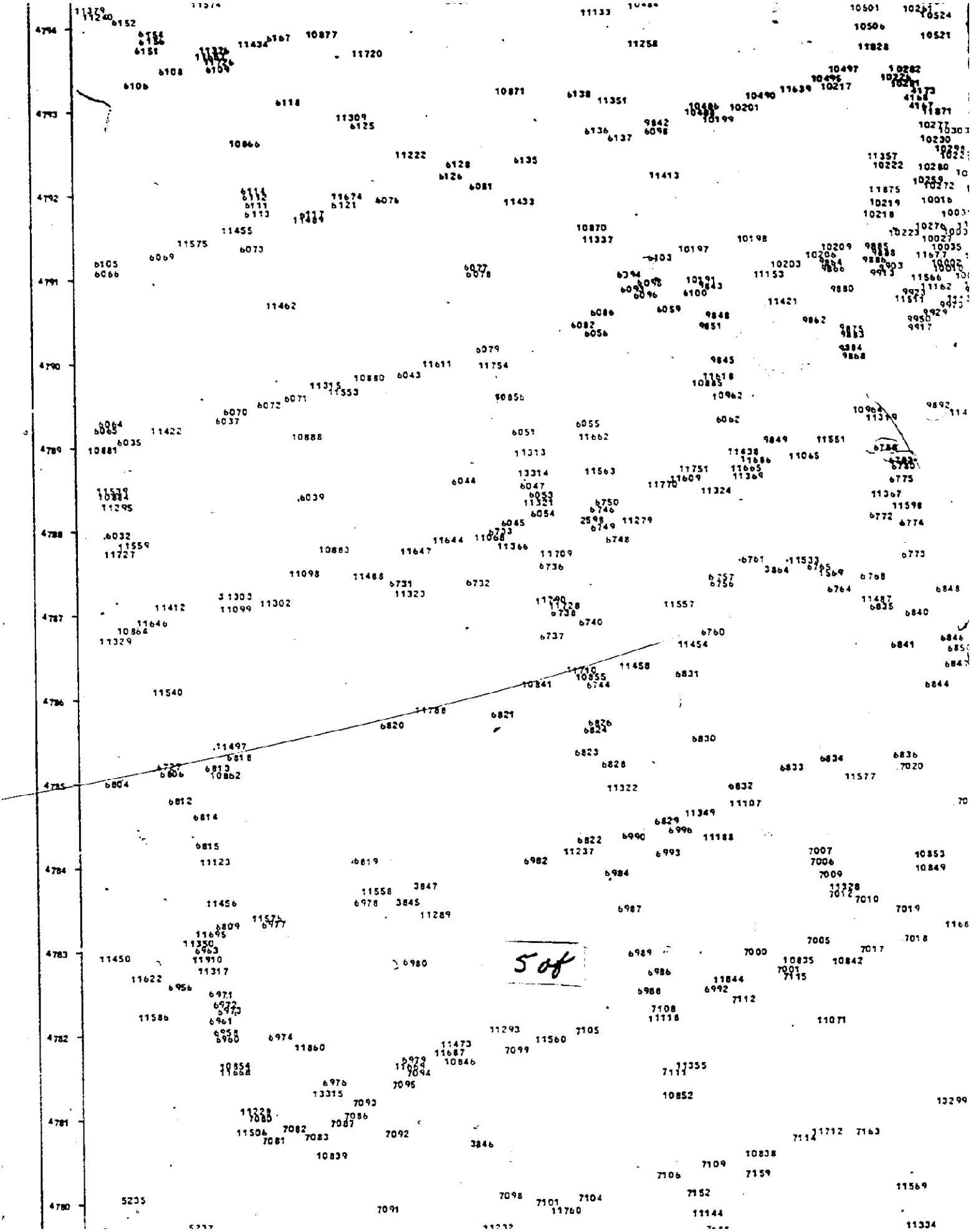
3ff

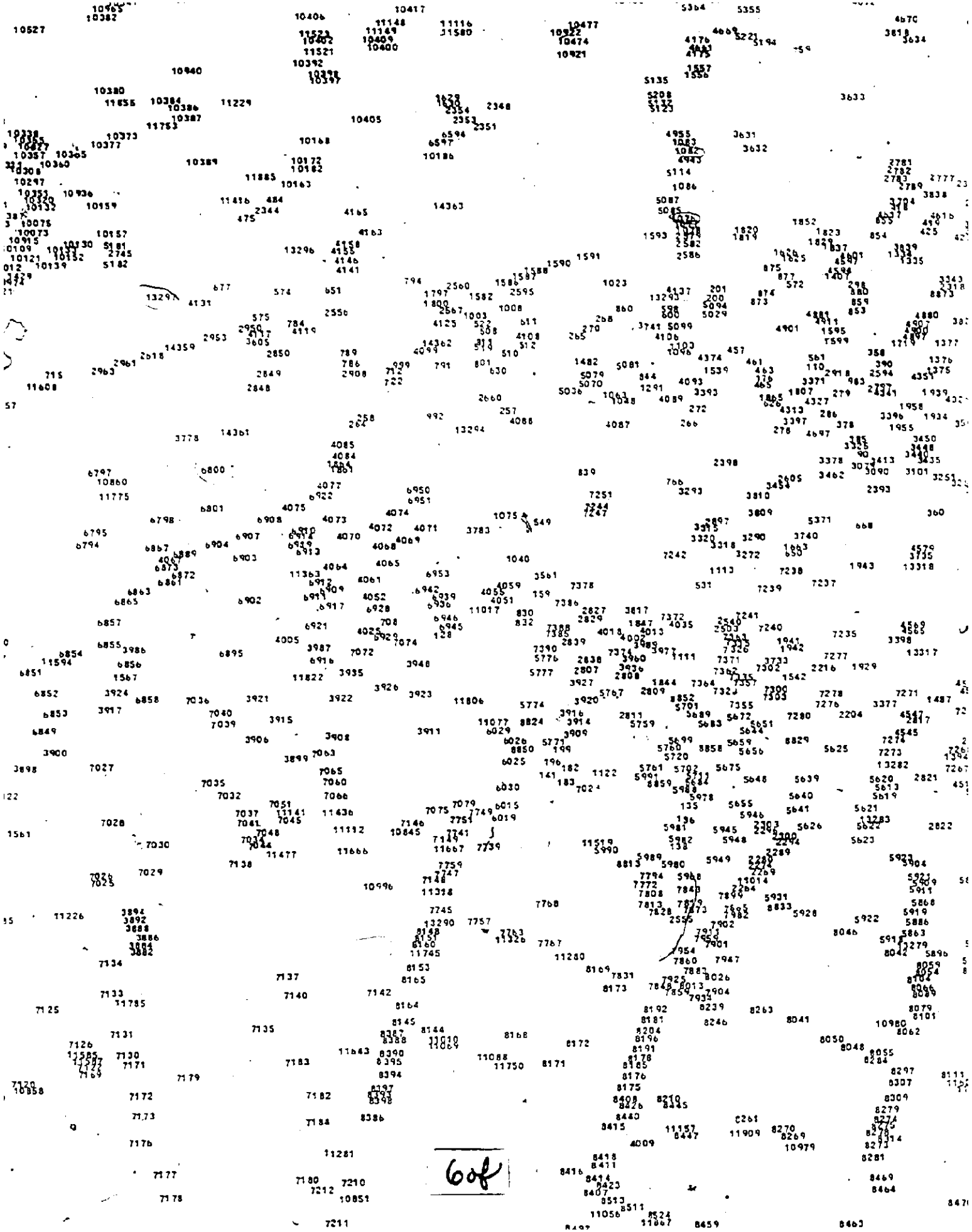
u forage

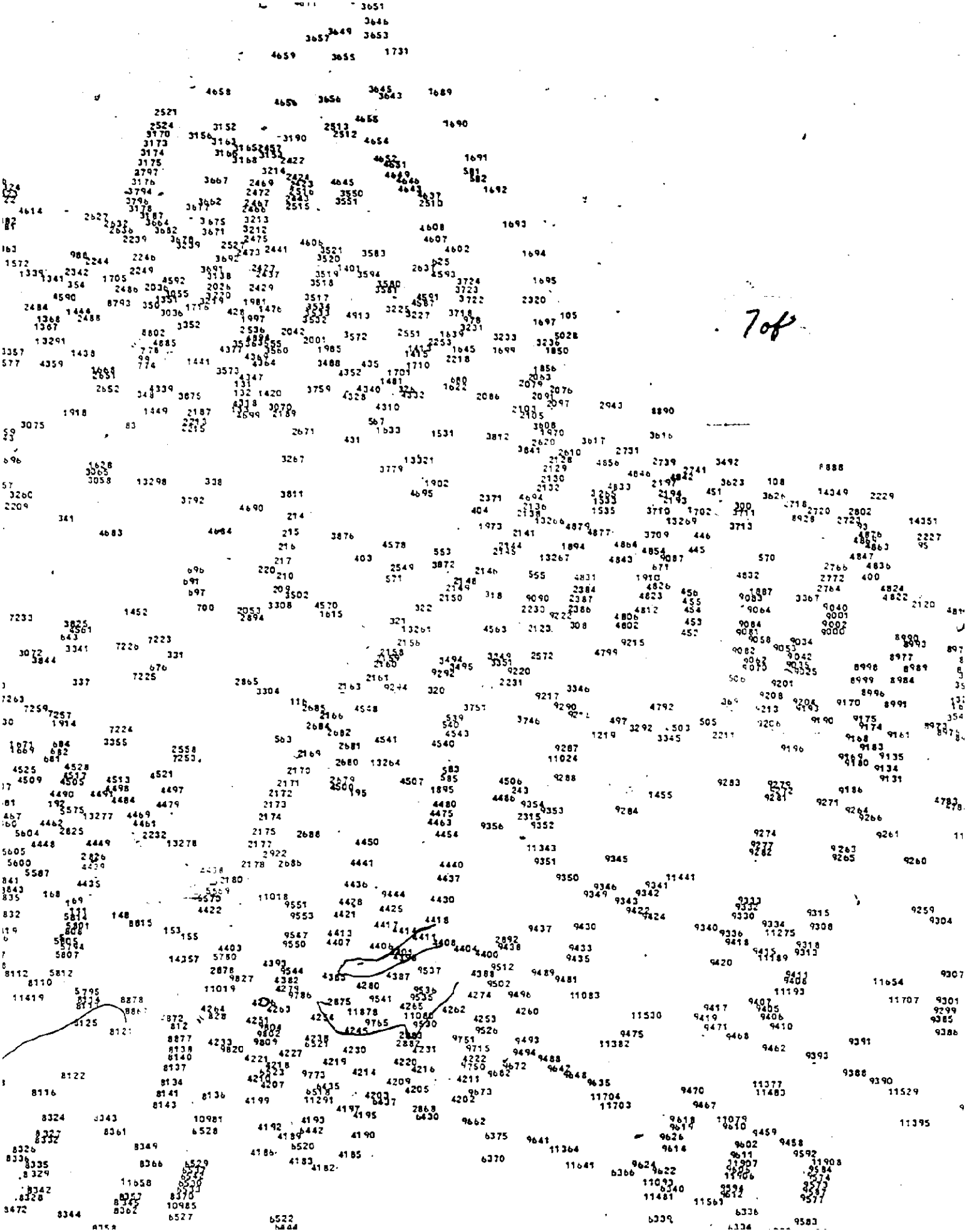
J. G. CHARRON

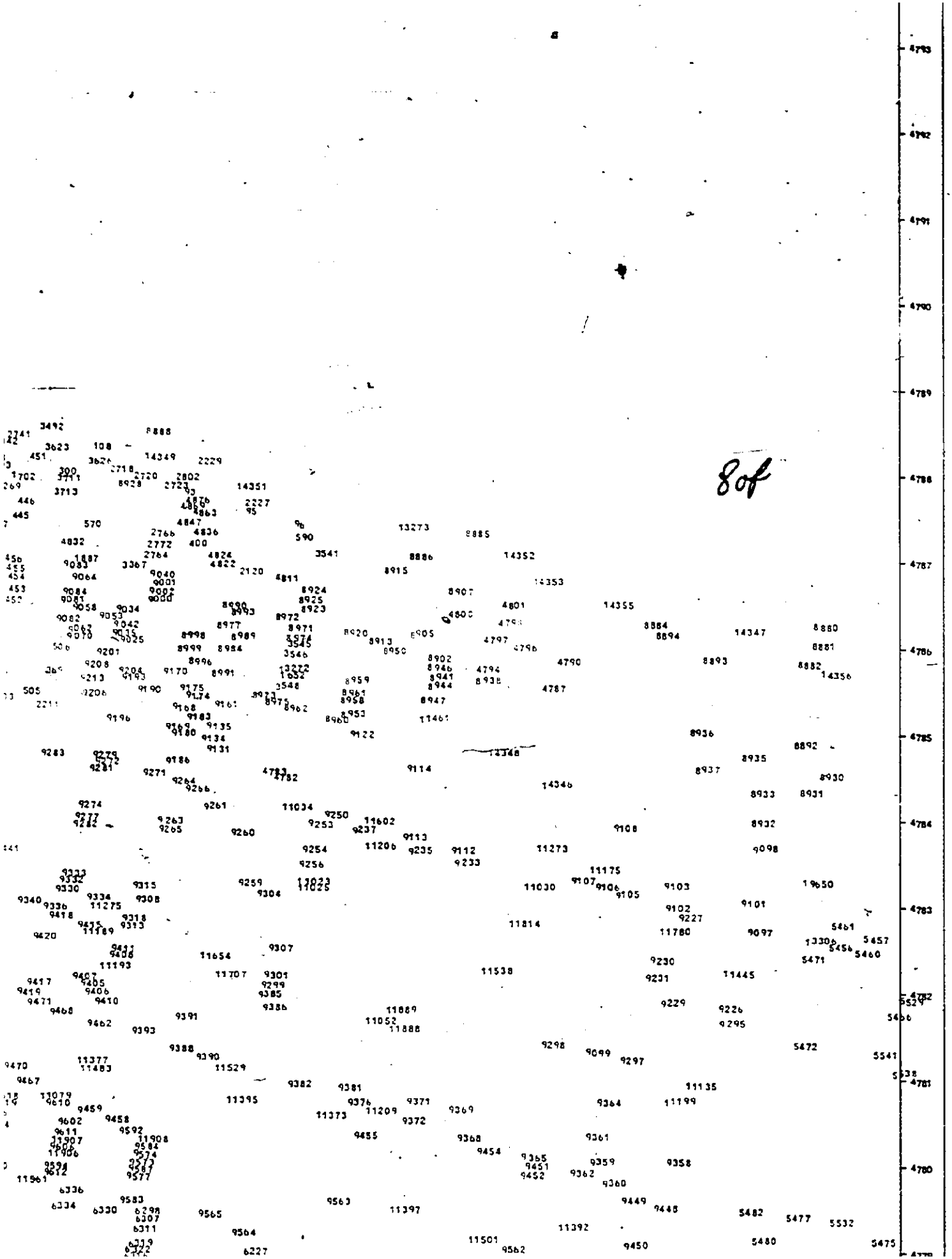


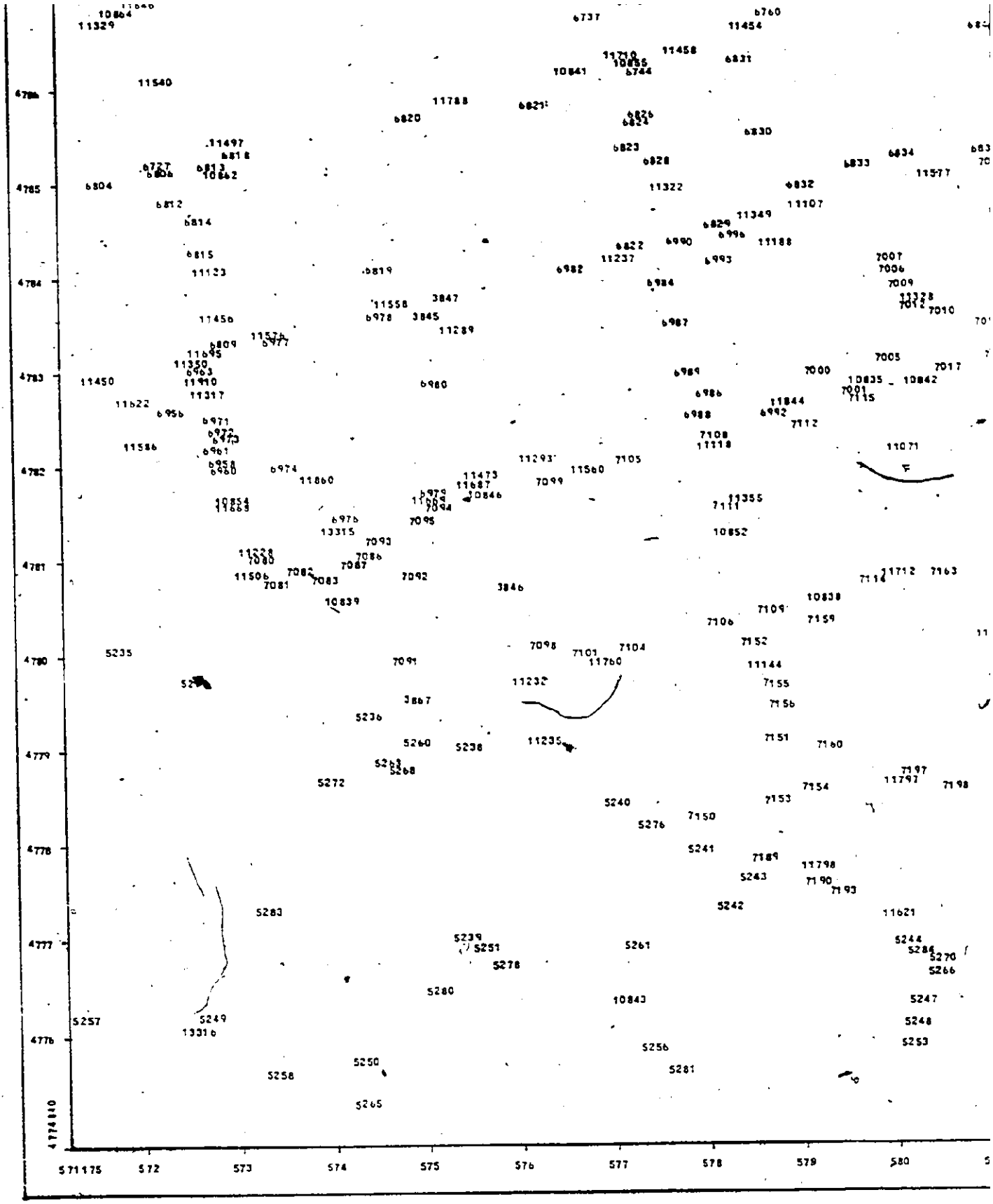
4 of


5 of



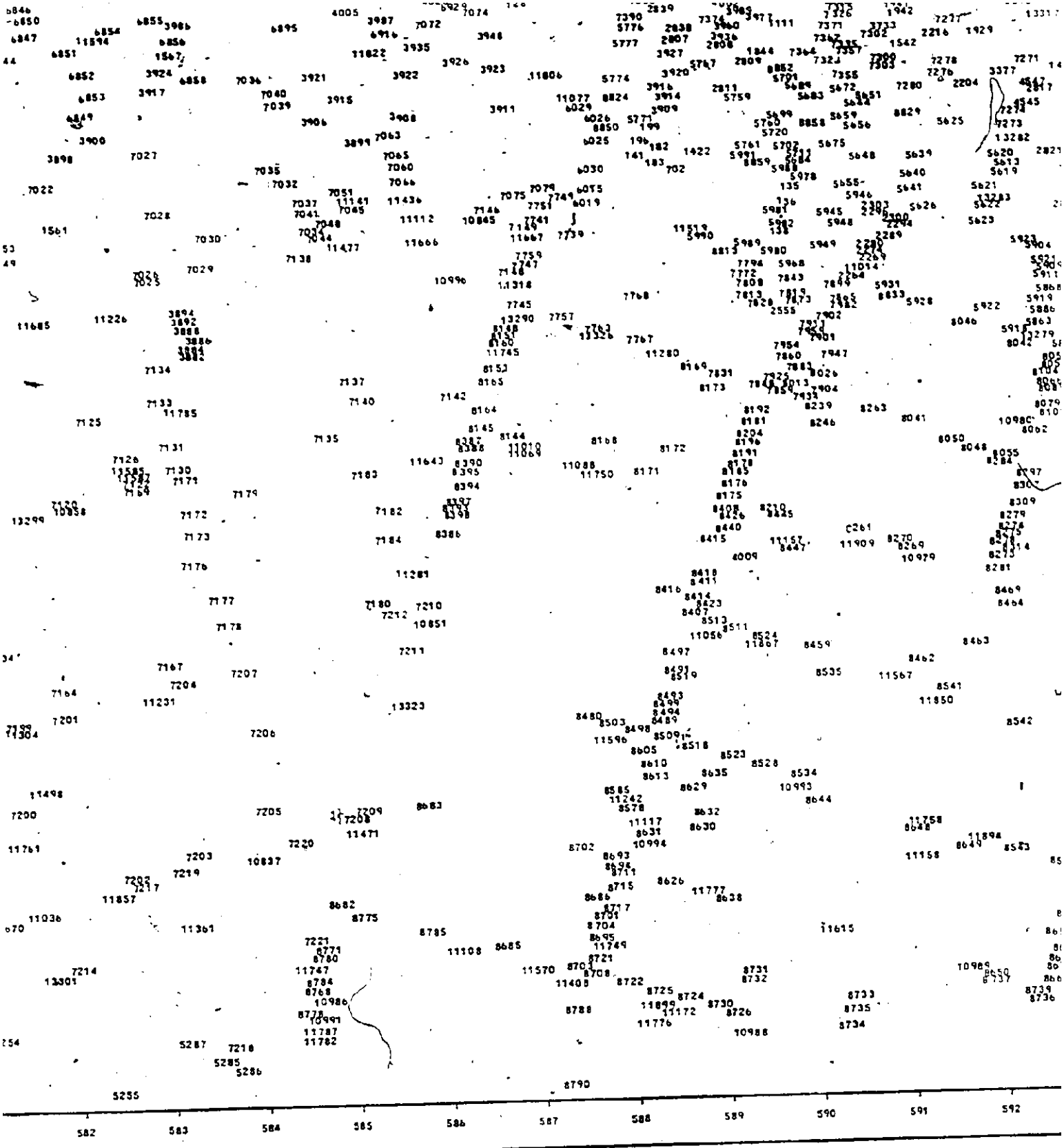

7 of


8 of



PLOT NO. 4, JOB [illegible], OCT. 22, 1975.

9 of



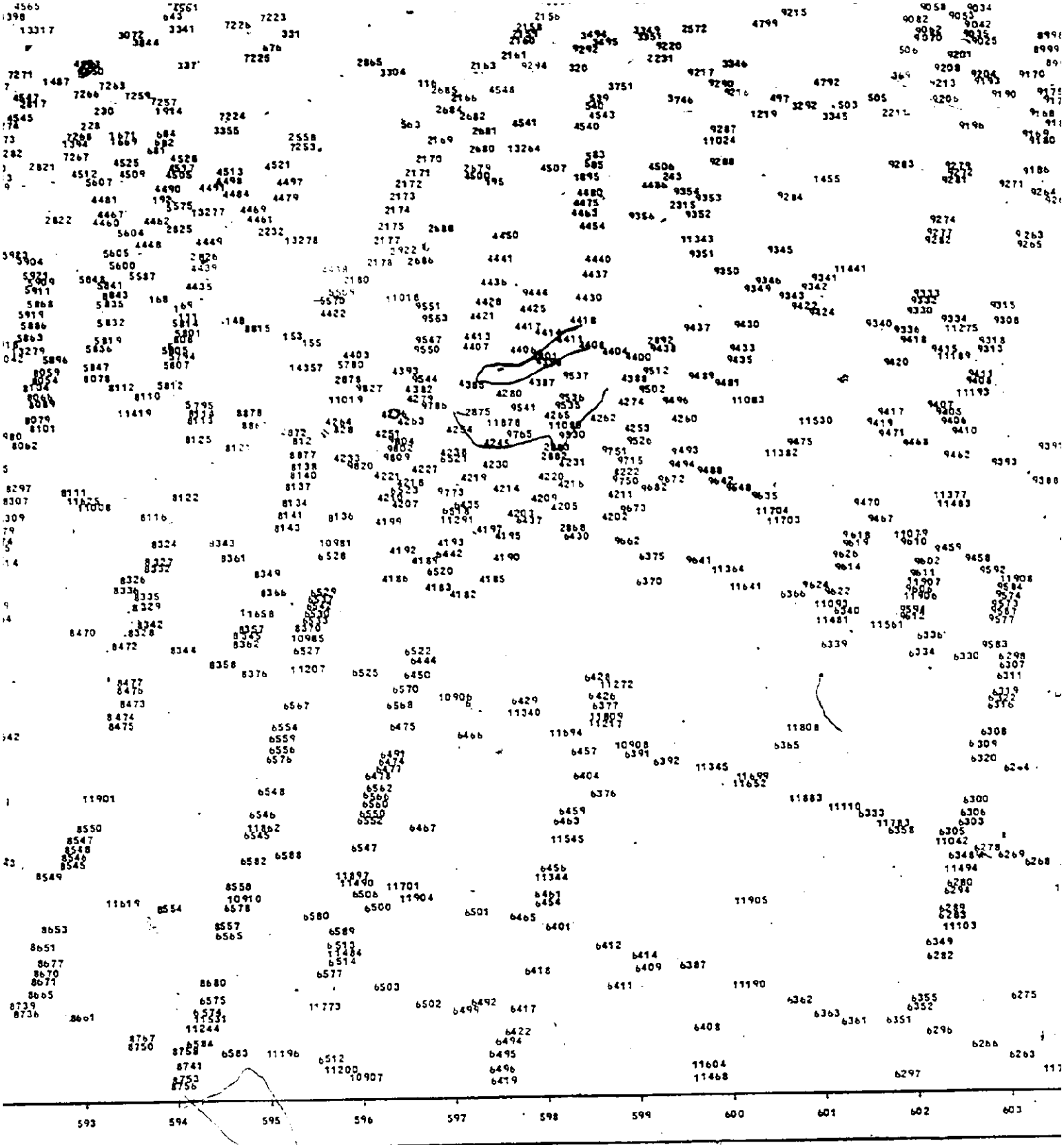
CHANGE PAPER FOR NEW PLOT

Recnaflex

1004

OPERATOR'S INSTRUCTIONS

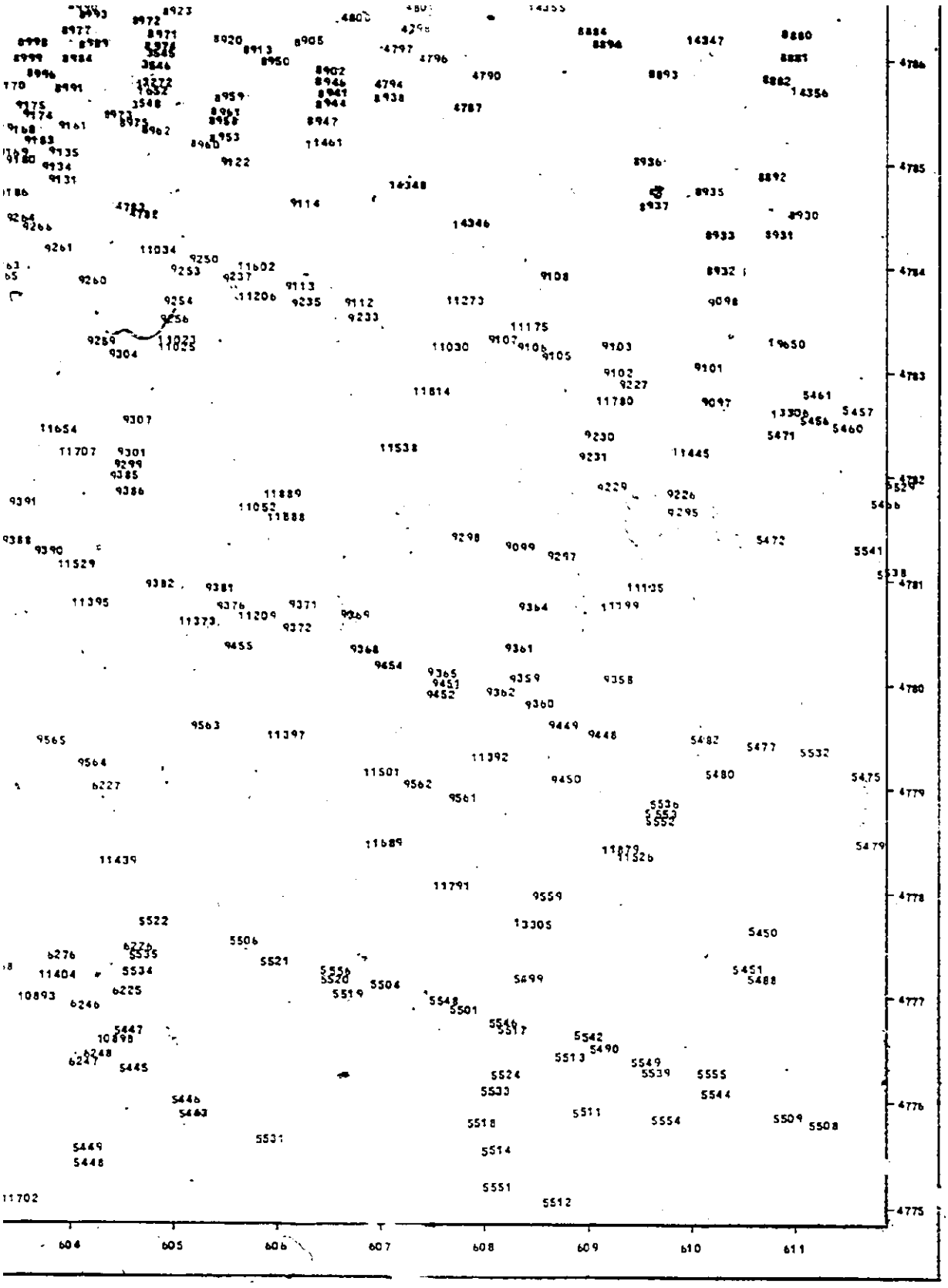
SIZE OF MAP= 32.0 IN. BY 22.0
RIBBON = BLACK
PEN SIZE = POS.1=.2, POS.2=.1



22.0 IN.

S.2..1. POS.3..00

11 of



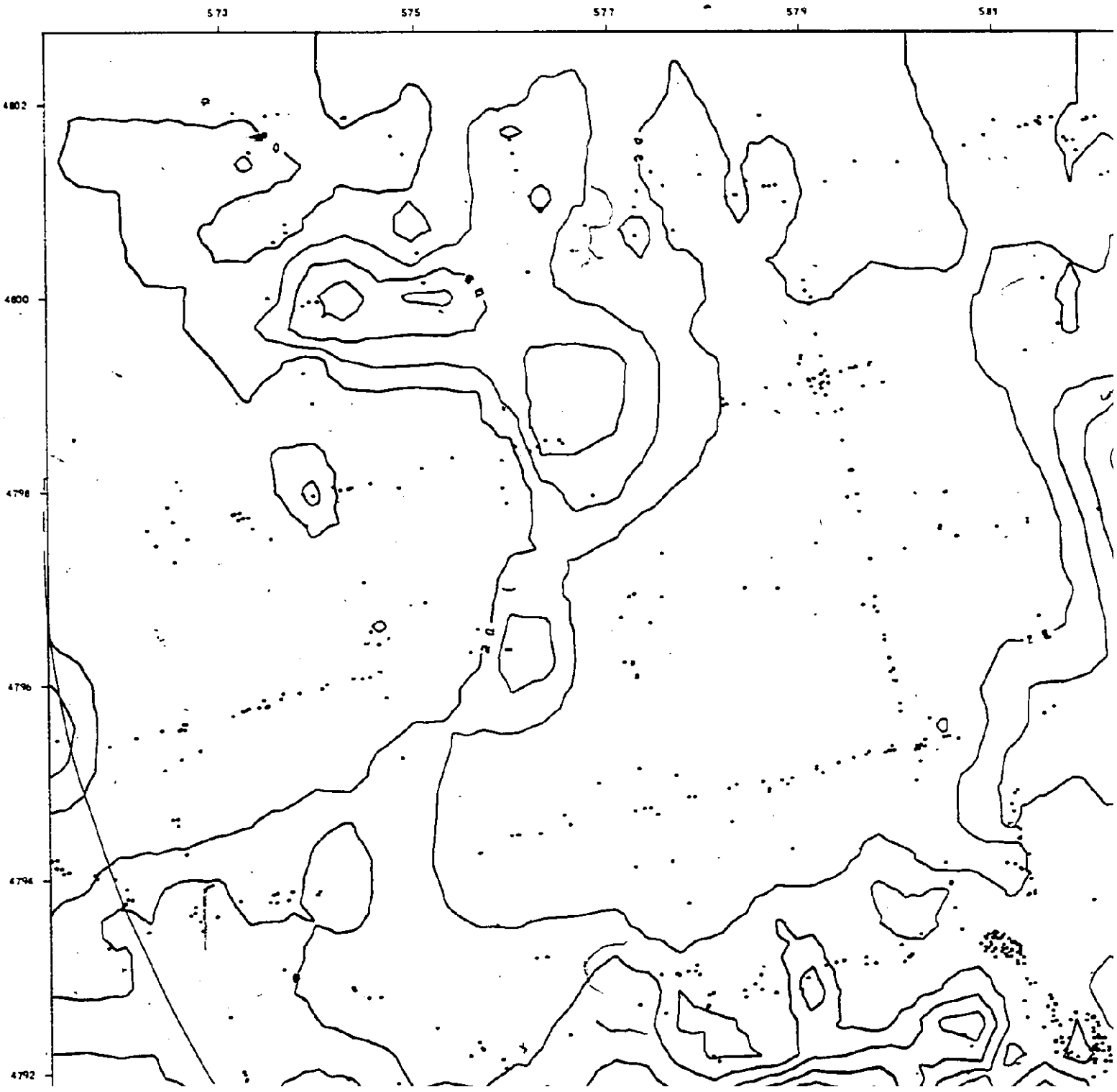
12 of 12

Carte accompagnant la thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa
p.p. 273-275. Figures No: 7-1 & 7-2.

URBAN

1 of 1

Computer drawn



2 of

Drift thickness computer

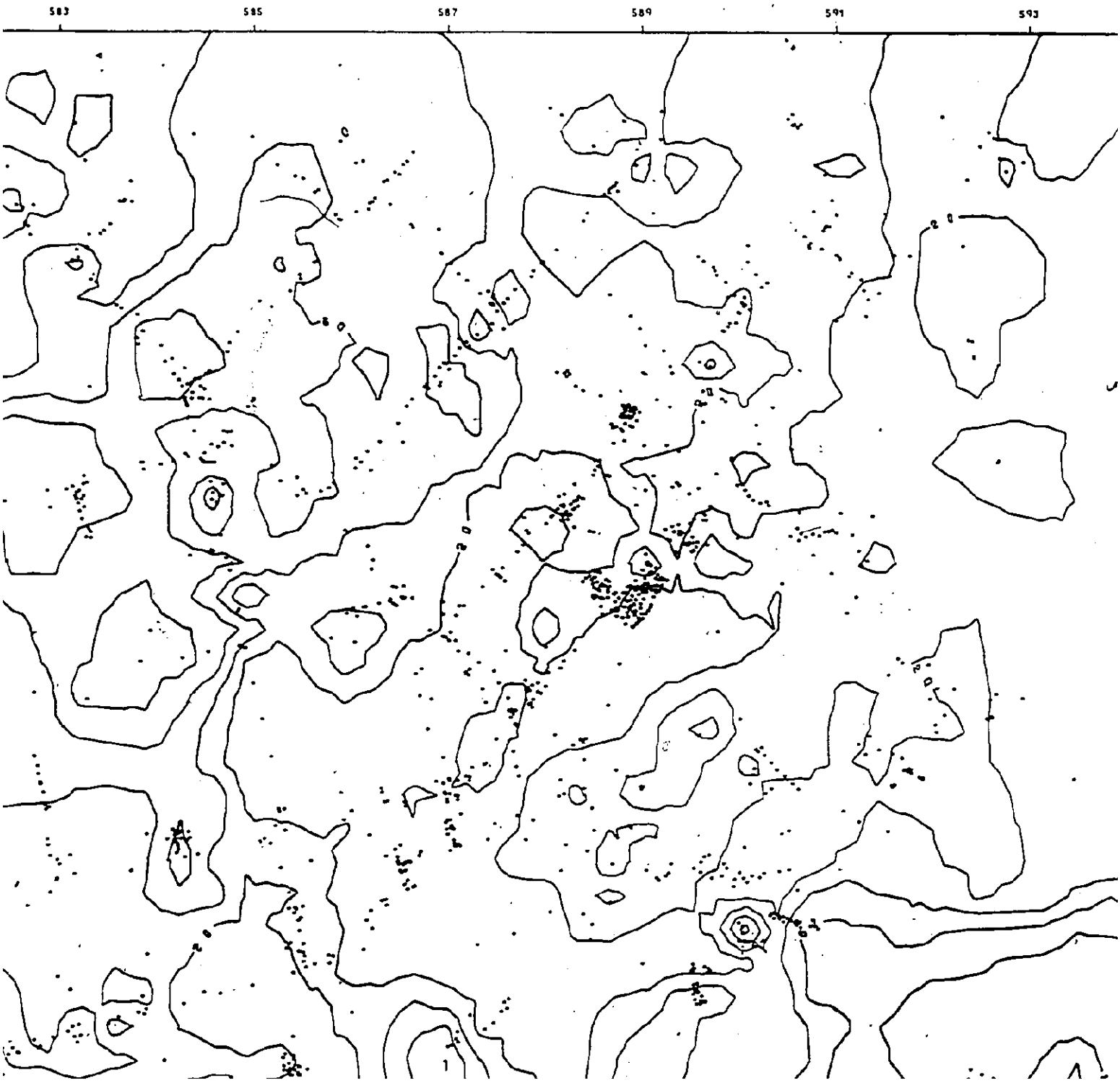
GEØLØGY - HAMILTØN ØNT. - GEØLØGIE URBAINE

DRIFT THICKNESS - EPAISSEUR DES DEPØTS MEUBLES

MILES 1 0 1 2 MILLES

SCALE 1= 50000 ECHELLE

Tracé



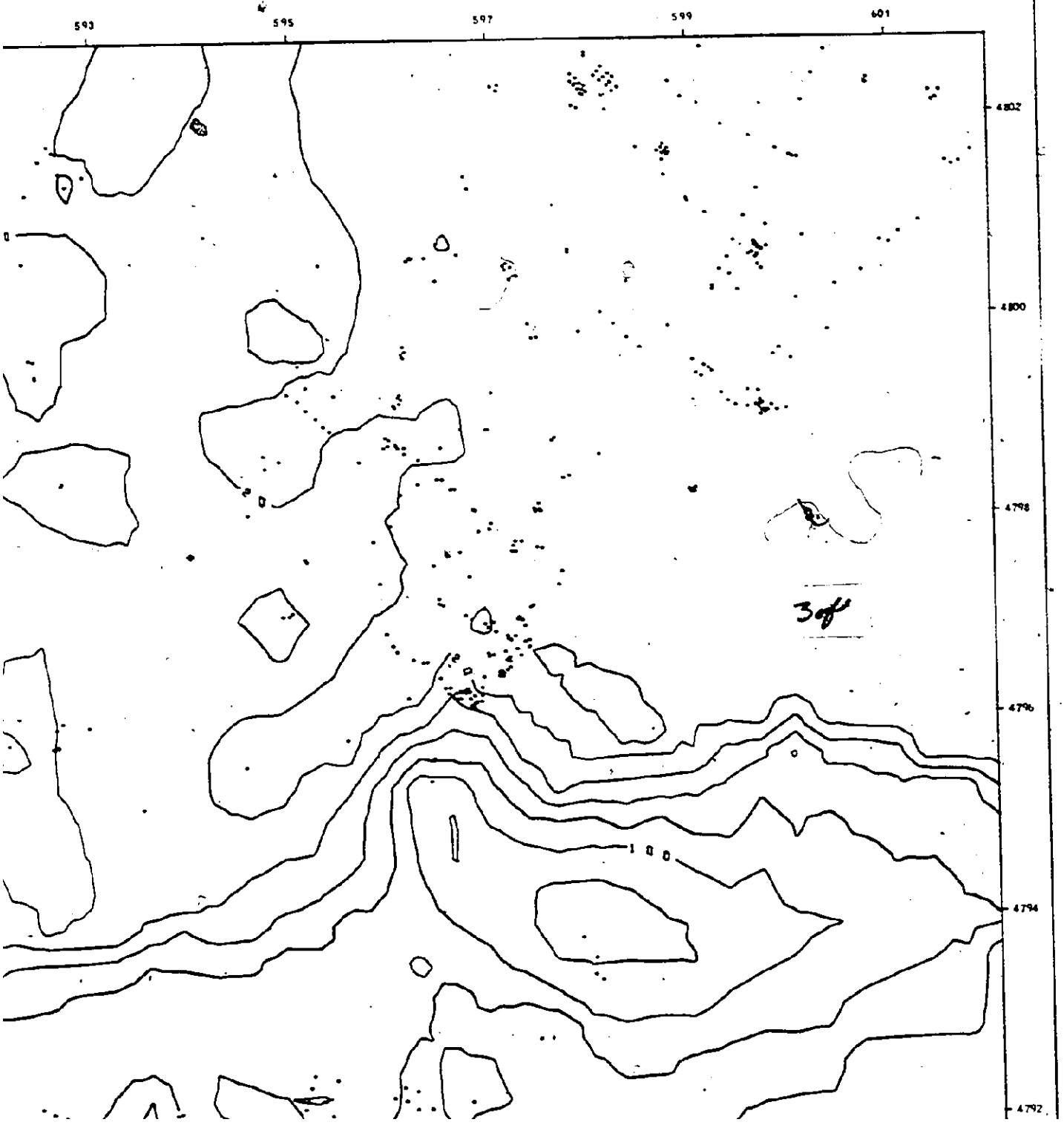
ness computer Produced..

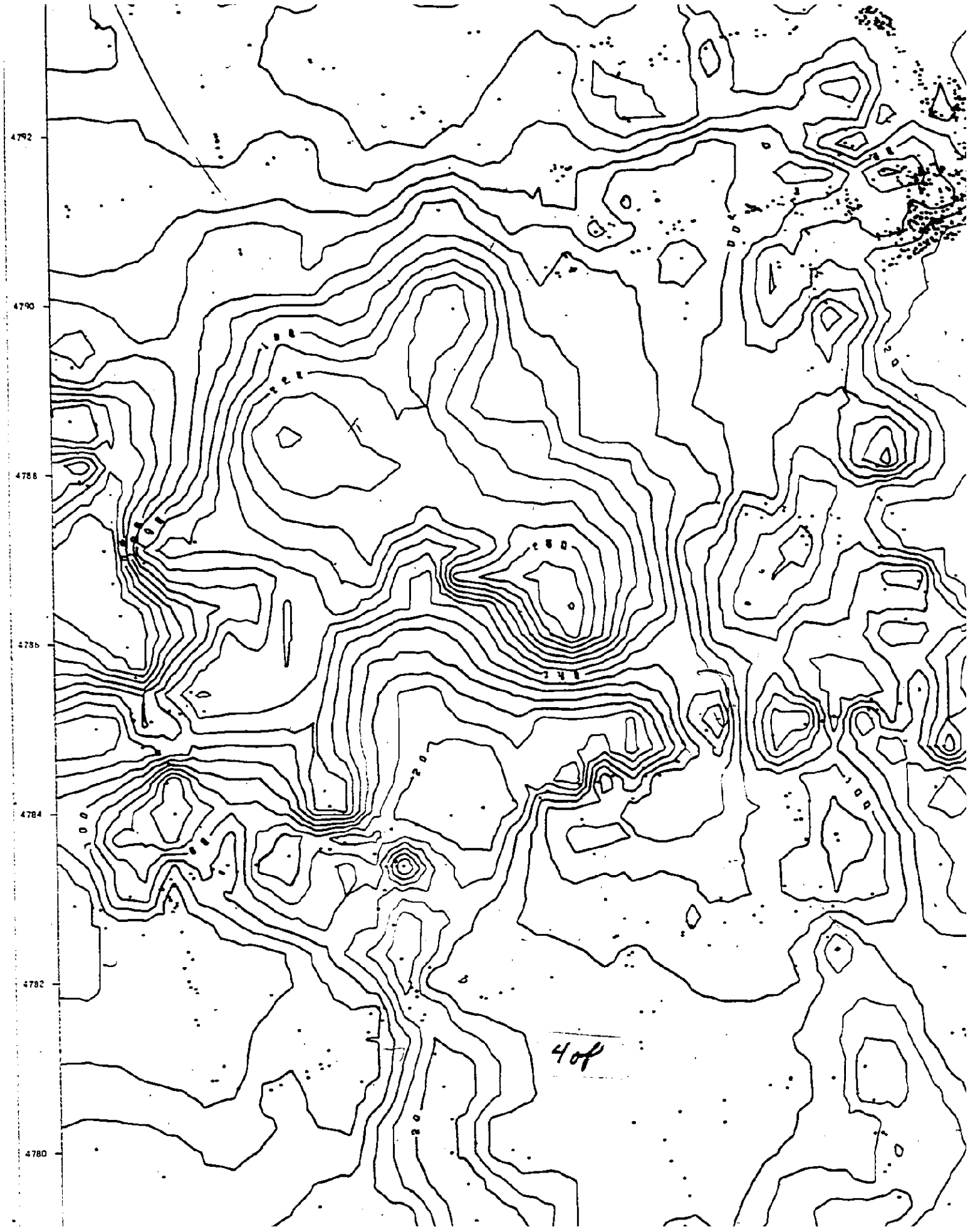
Black & White

F. Morin

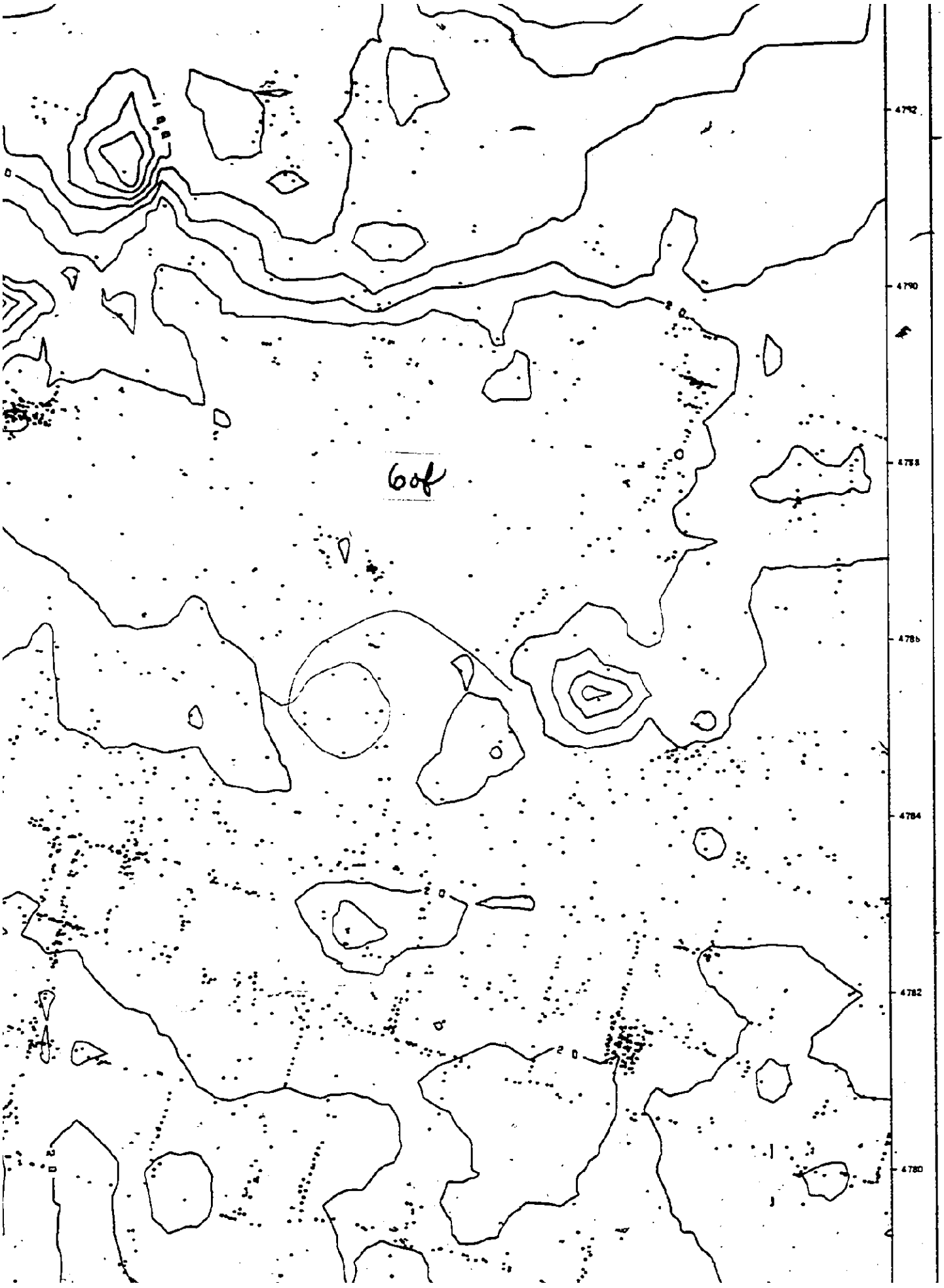
Tracée par ordinateur

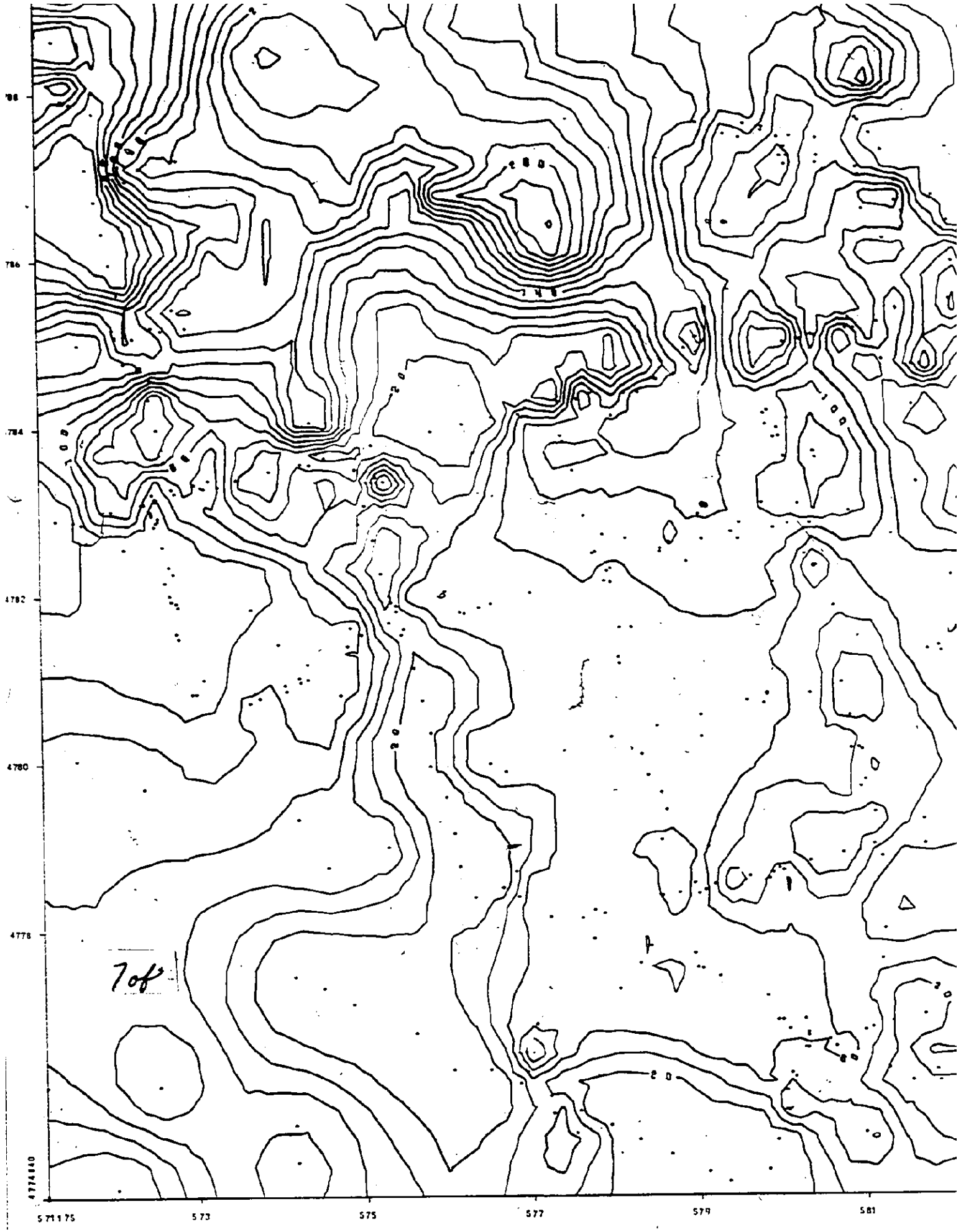
F. Morin

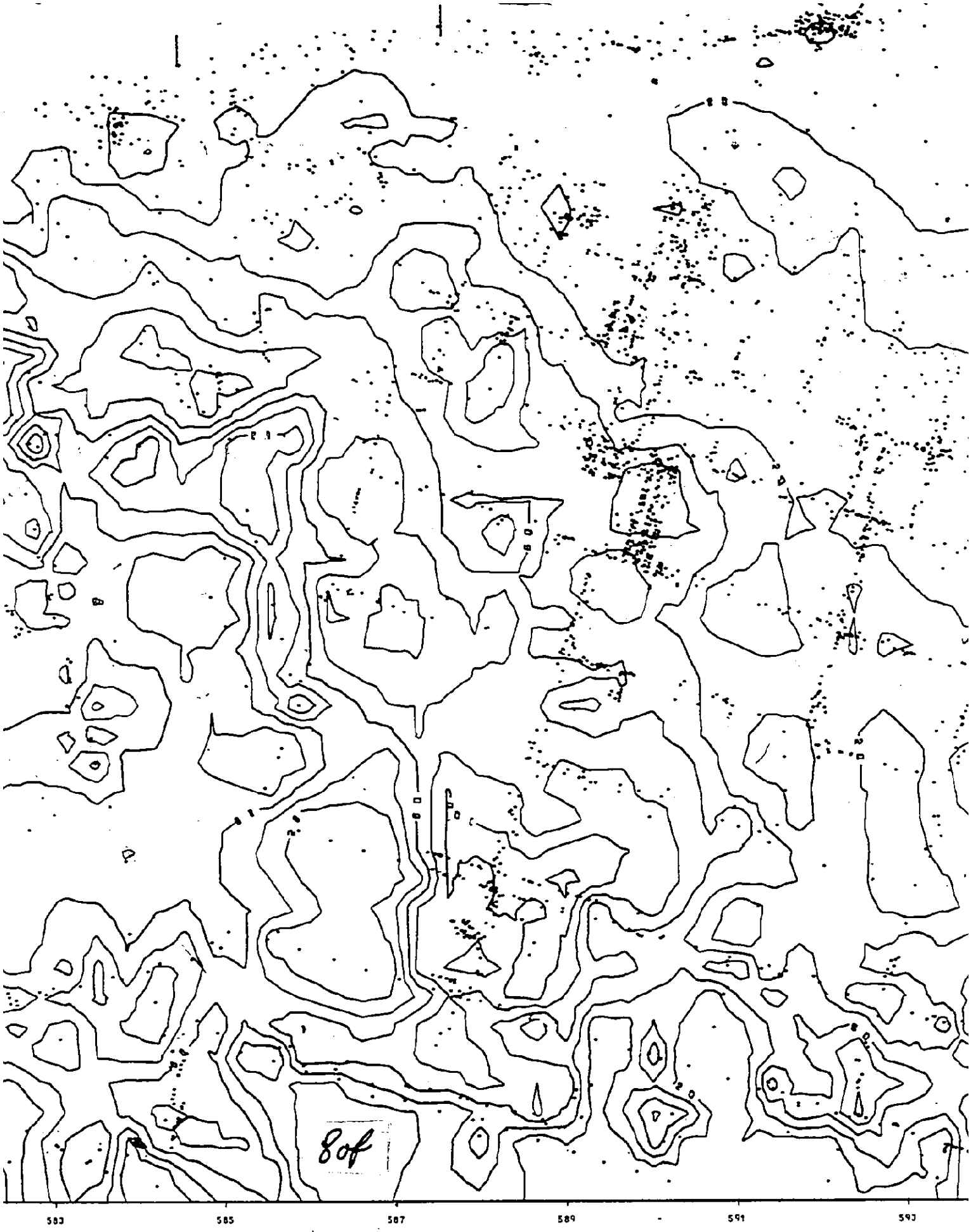


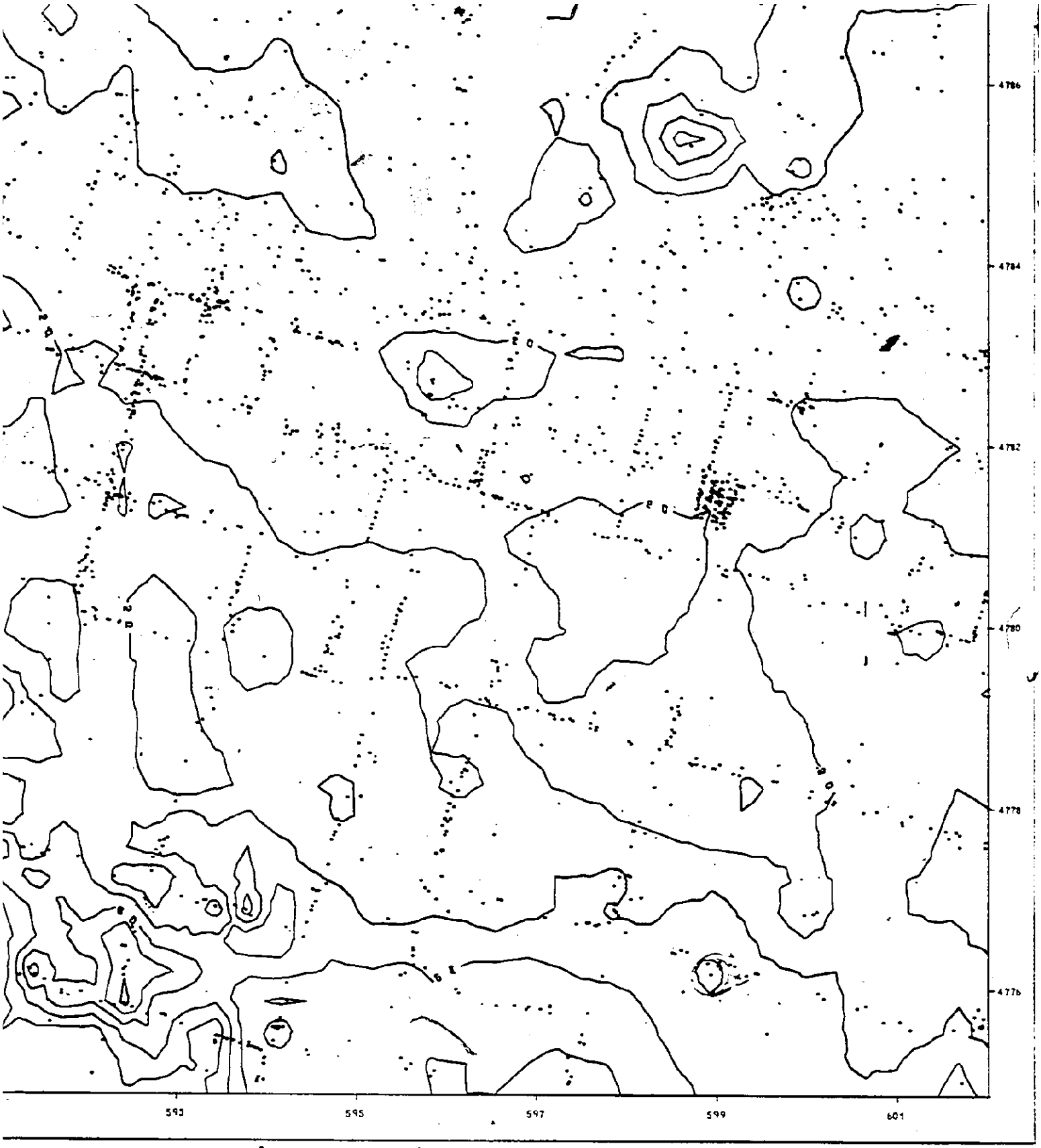

4792
4790
4788
4786
4784
4782
4780
4 of

5 of


4792
4790
4788
4786
4784
4782
4780
6of


4784
4782
4780
4778
4774440
571175
573
575
577
579
581
7 of


8of
583
585
587
589
591
593



OK = BLACK.

9 of 9

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

p. 374

Fig. 7-33

NTS: 30M/5cd 30M/4e,5g 40P/1h,

Dri

URBAN GEOLOGY – HAMILTON ONT. – GE

rift thickness

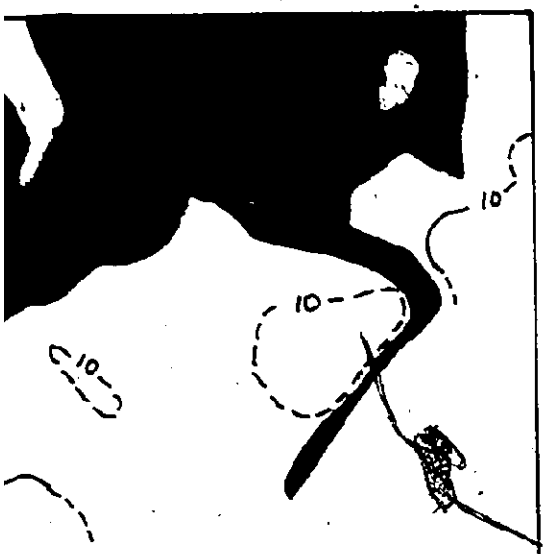
2 of 2

Scale 1 : 50 000 Echelle

– HAMILTON ONT. – GEOLOGIE URBAINE

Puissance des dép

Scale 1: 50 000 Echelle

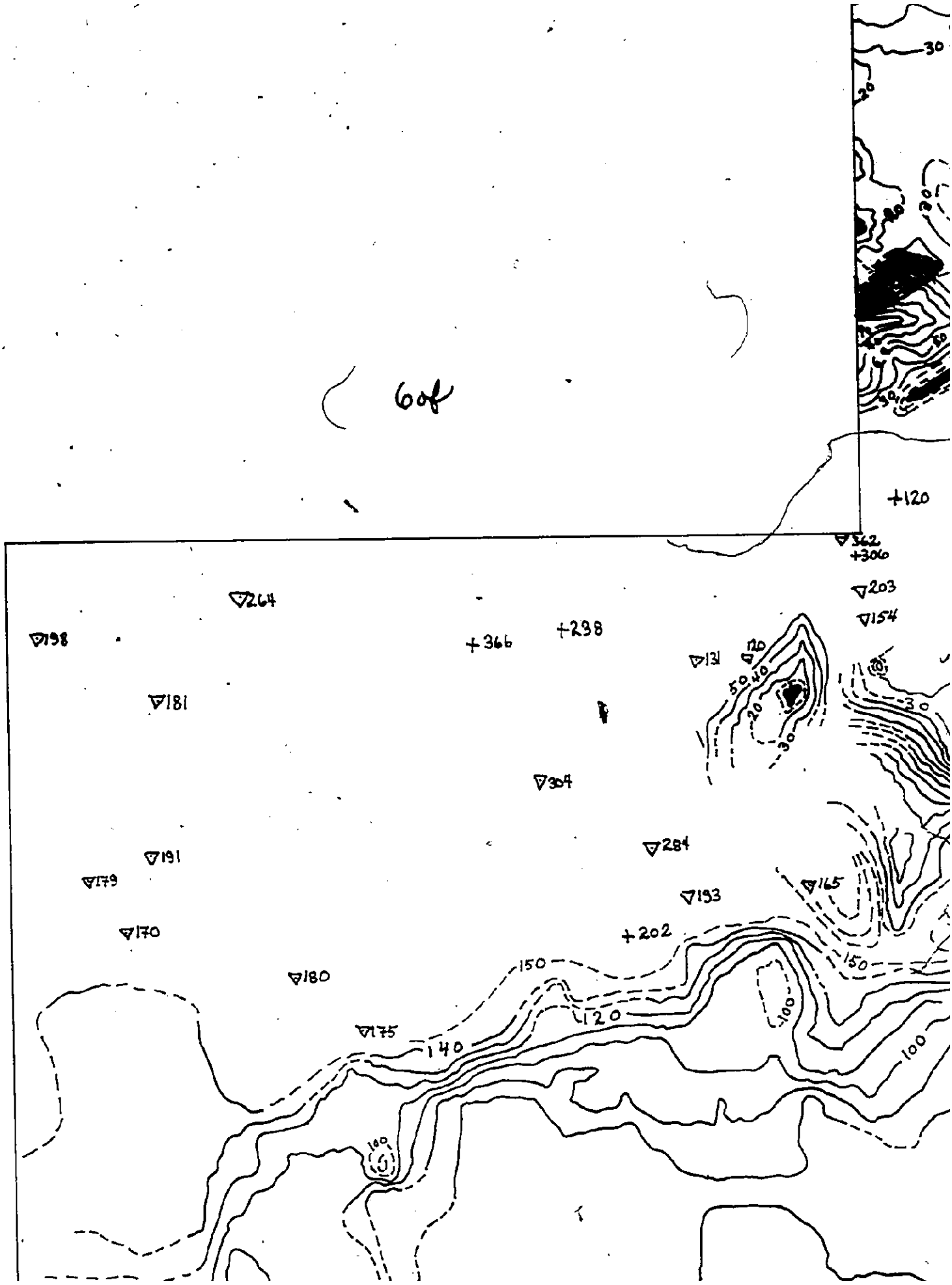


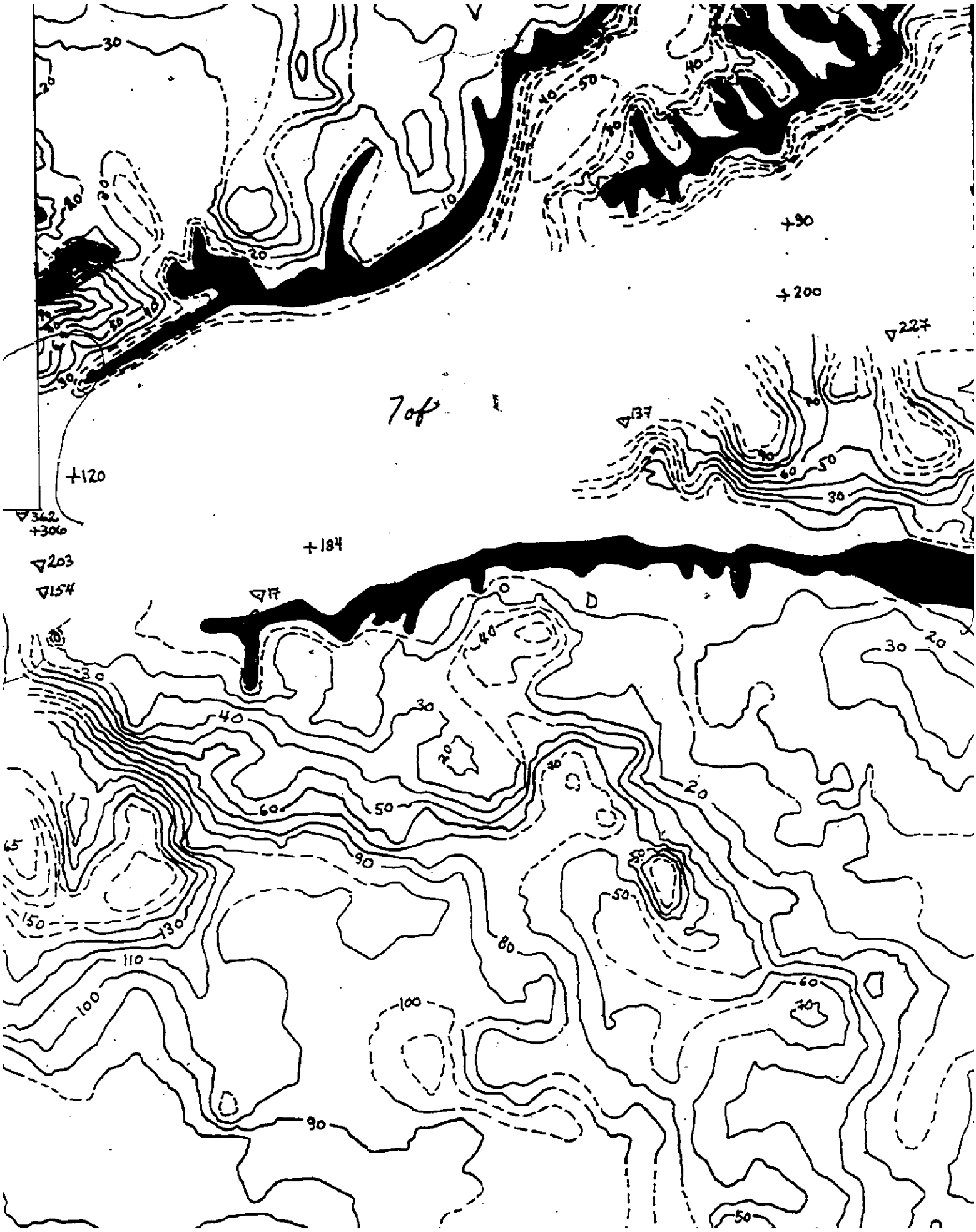
75

132.6

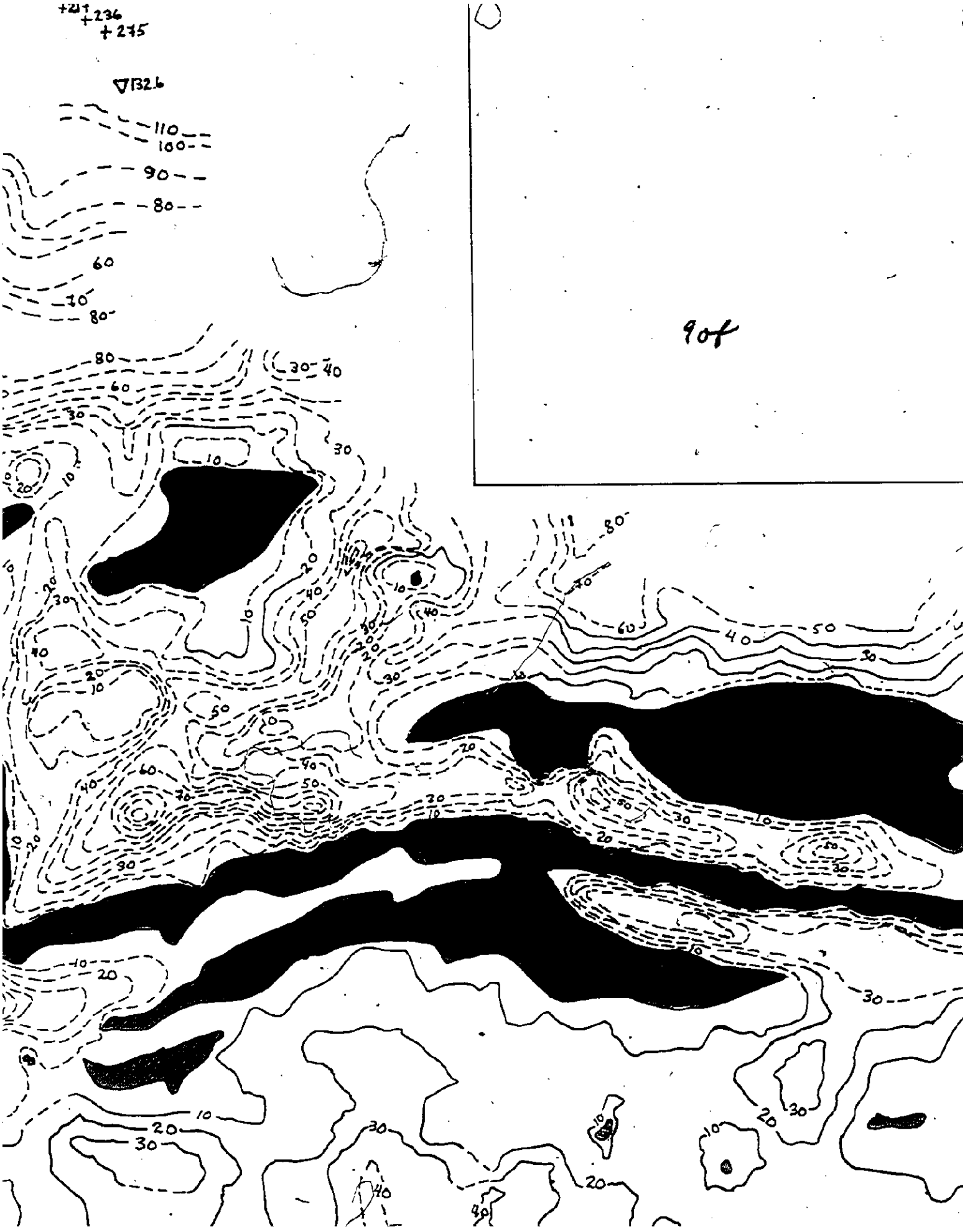
110
160
90
80

F.J. Morin

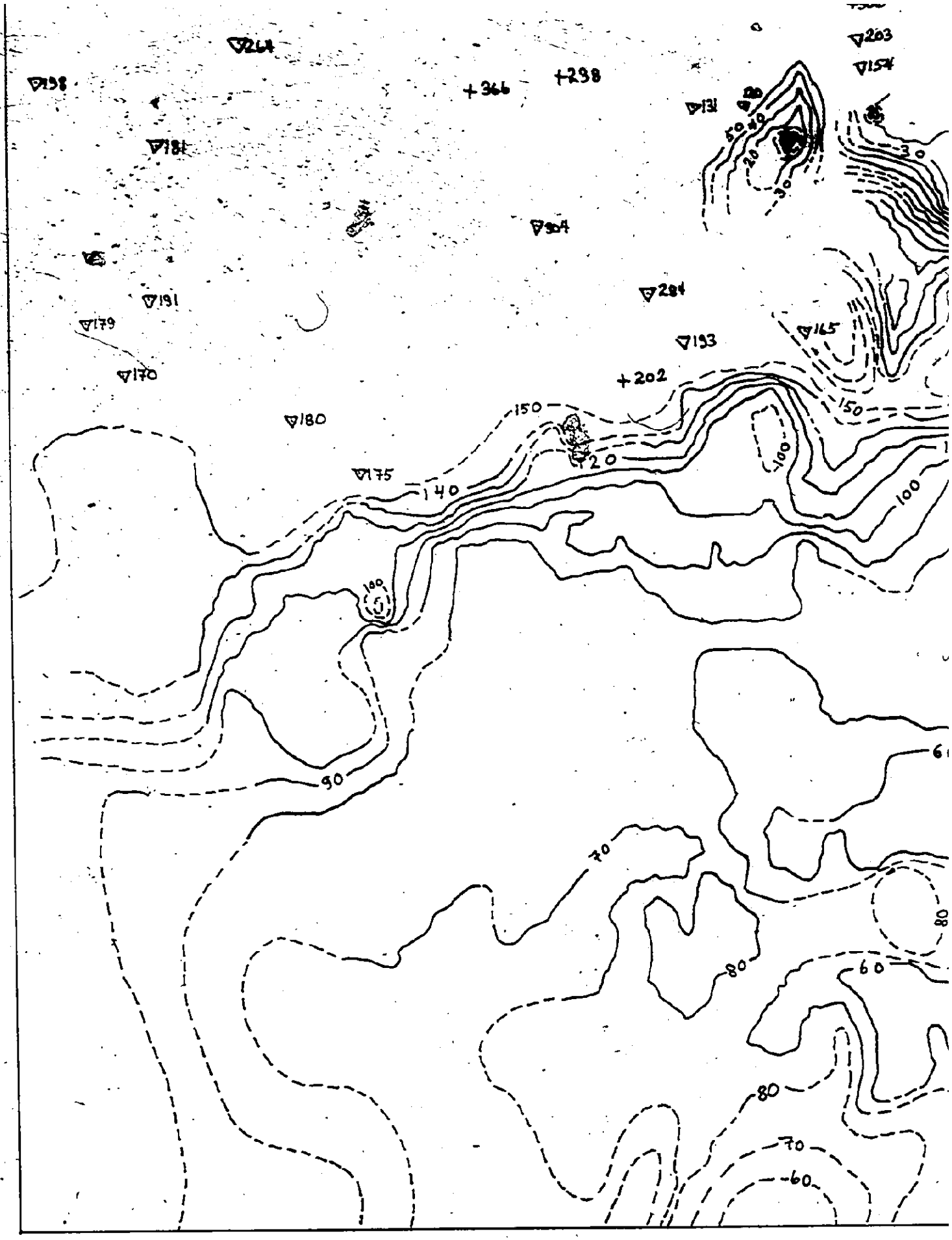

+120
362
+306
203
154
264
198
+366
+298
131
181
304
284
191
179
165
193
170
+202
180
175
150
140
120
100
100
100
50
40
30
20
30
30
20
30
50
60

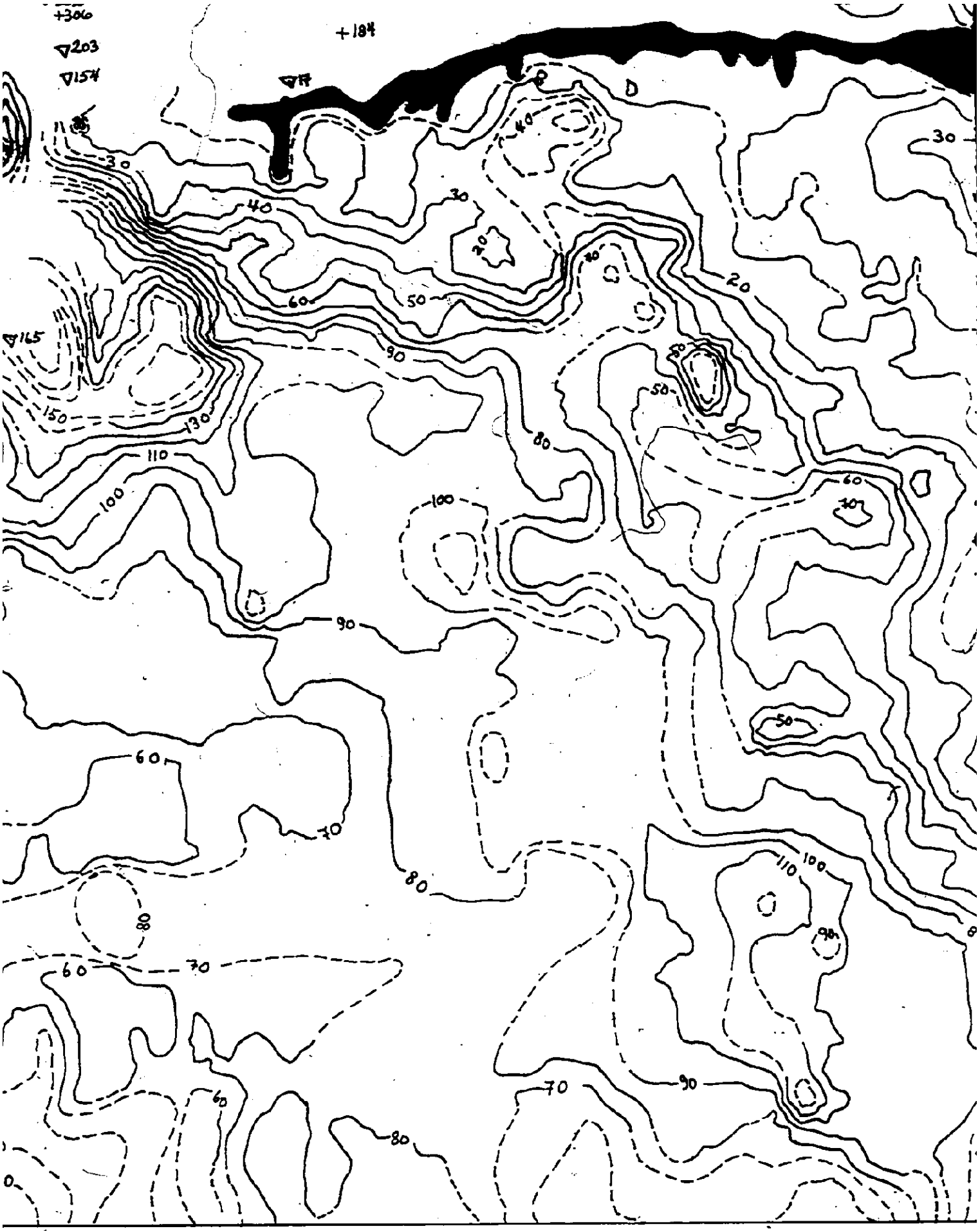

7 of
+90
+200
+120
+184
362
+306
203
154
17
137
227
30
20
40
50
10
60
70
80
90
100
110
150
65

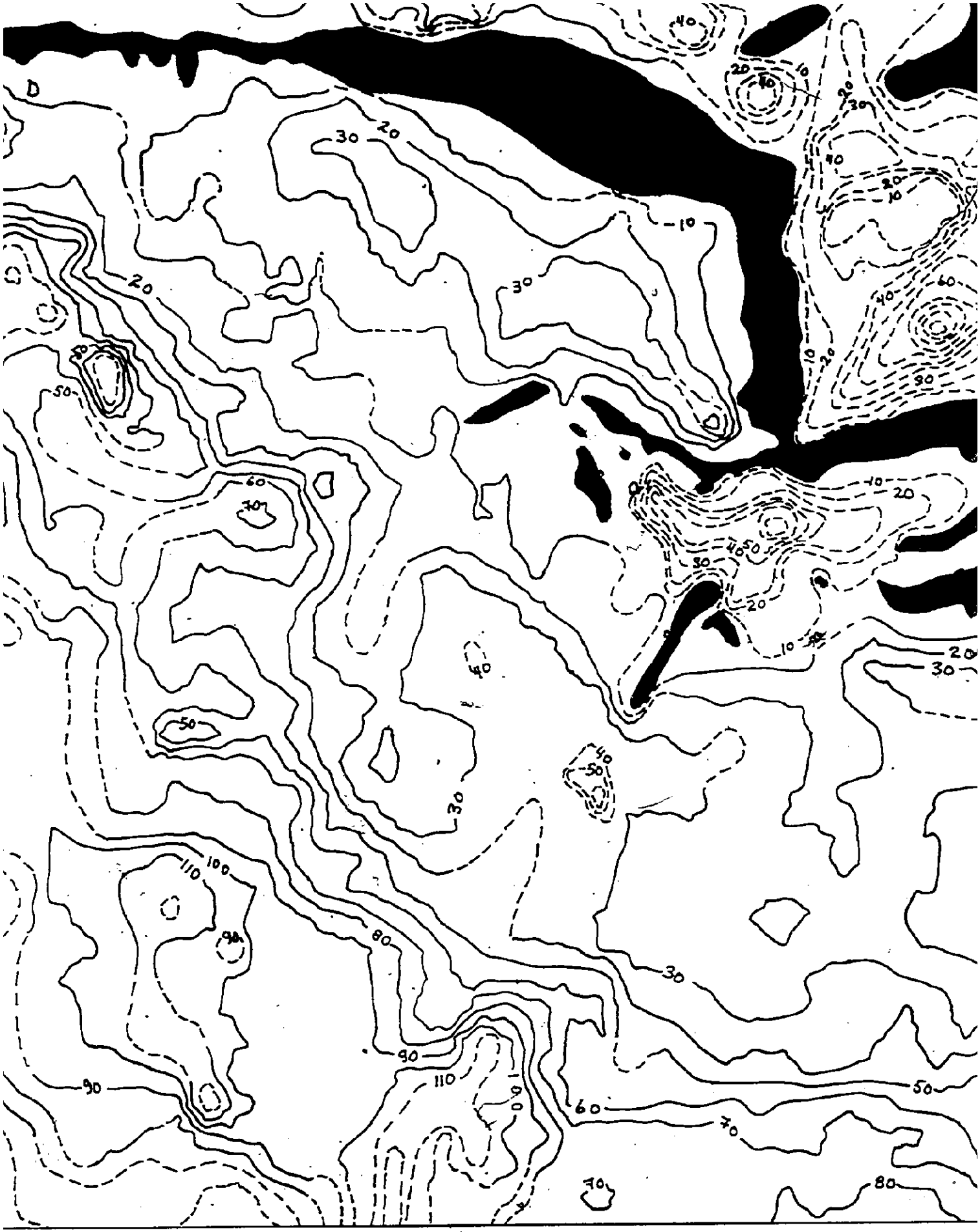
8of
+217
+236
+275
▽132.6
110
100
90
80
60
70
80
▽92
+90
▽64
▽66
+200
▽227
70
60
50
40
80
30
40
90
60
50
30
70
60
40
30
10
30
0
20
10
40
20
40
10
20
30
10
20
40
50
30
20
10
50
20
40
60
40
50
70
30
10
20
30
60
70
40
50
30
20
10
20
10
30
40
50

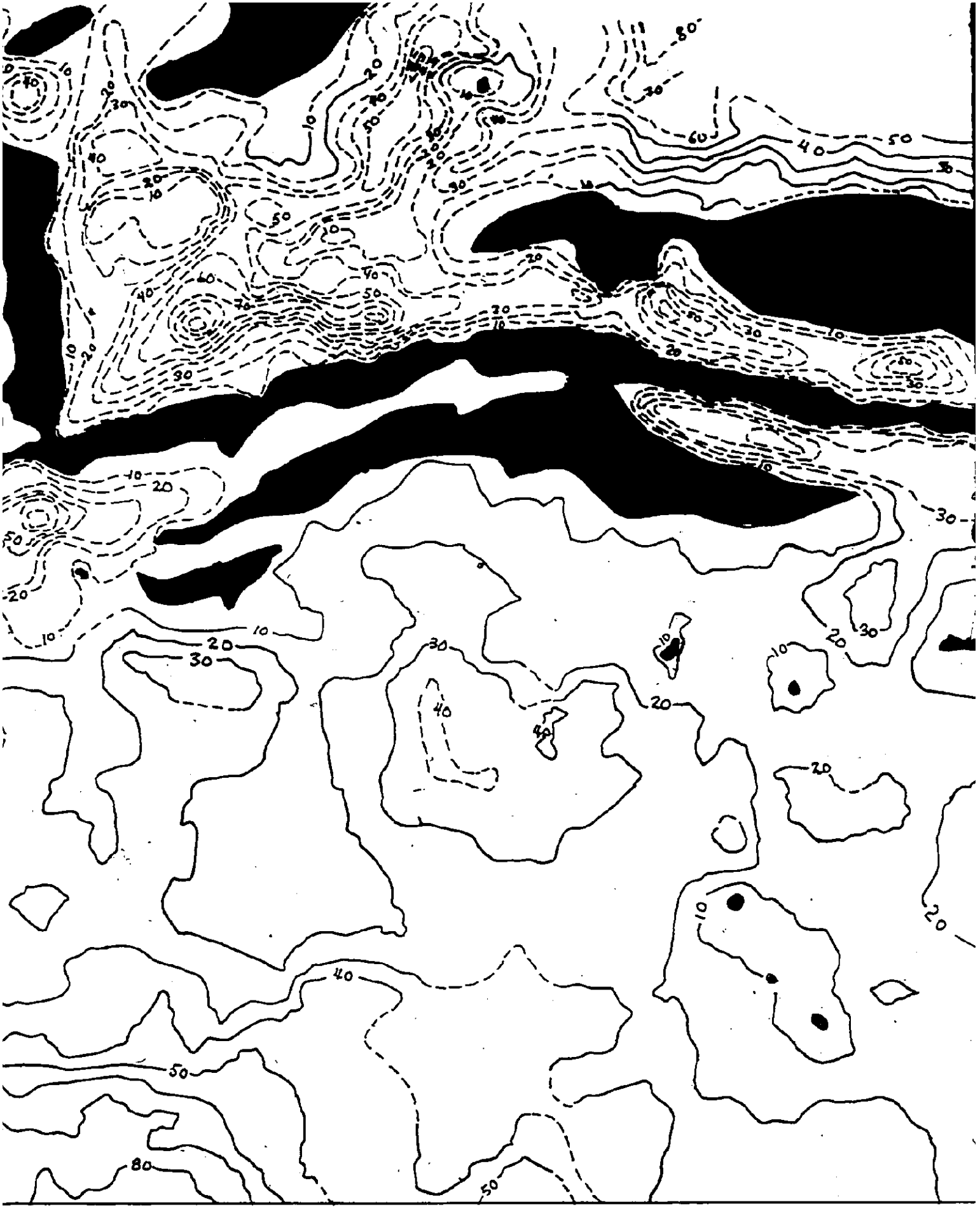

+221
+236
+275
▽132.6
110
100
90
80
60
70
80
9of

80
70
60
50
40
30
20
10
40
30
20
10
50
40
30
20
30
20
10
30
20
10
20
40


▽264
▽158
+366
+298
▽203
▽154
▽131
▽181
▽304
▽284
▽191
▽179
▽193
▽165
▽170
+202
▽180
▽175
150
120
140
100
90
70
80
60
30
20
50
40


+306
▽203
▽154
+184
▽165
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
150


D
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110


10
20
30
40
50
60
80

15415

aCarte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

pp.370-372 Voir Légende p.369 Fig:7-31,7.

1 of 1

NTS 30M/5c,d 30M/4e,f,g 40 P/1h

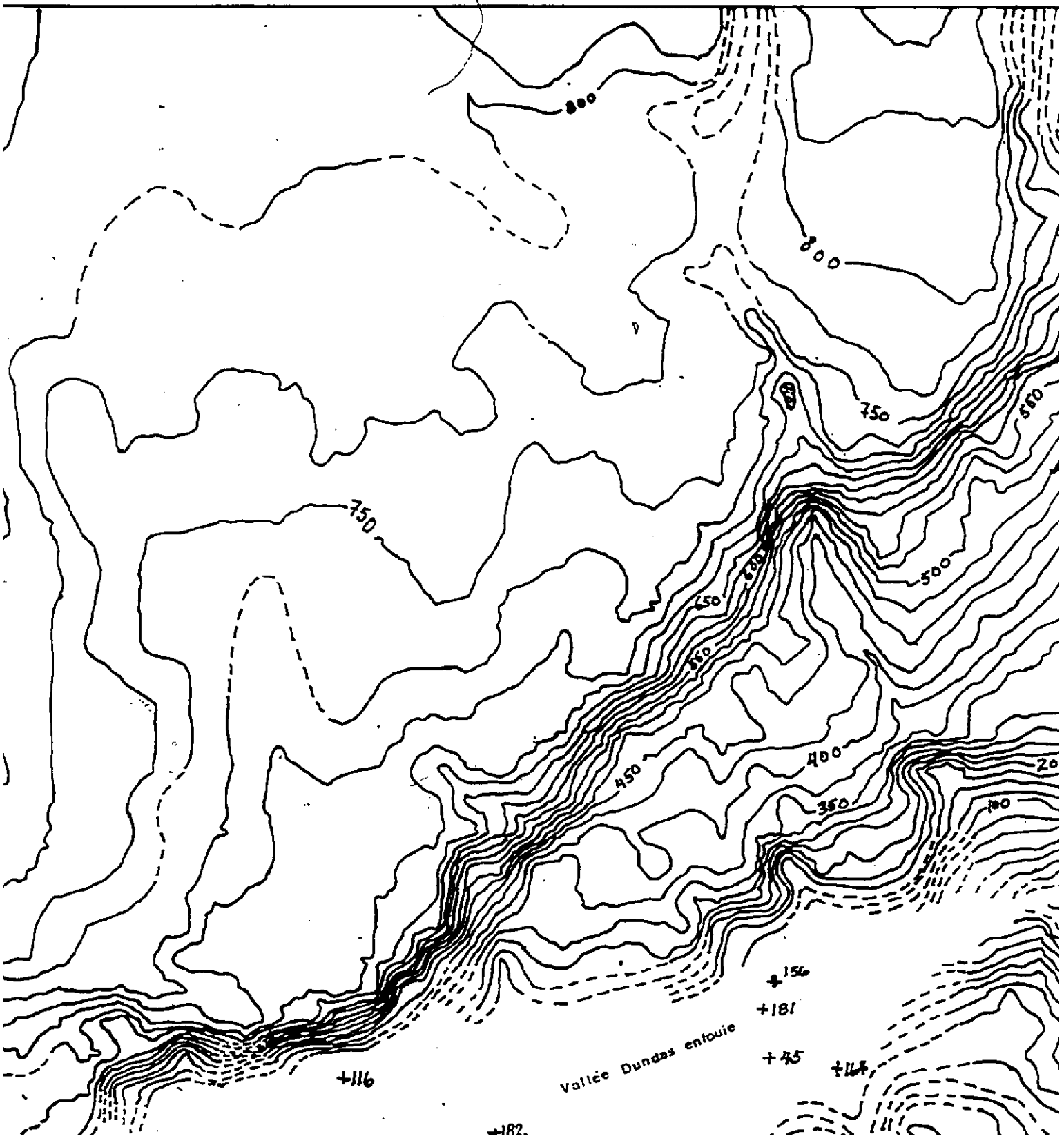
2 of

Urban geology – HAMILTON ONT.–

Bedrock topography

Miles 1 0 1

Scale 1 : 50 000 Echelle

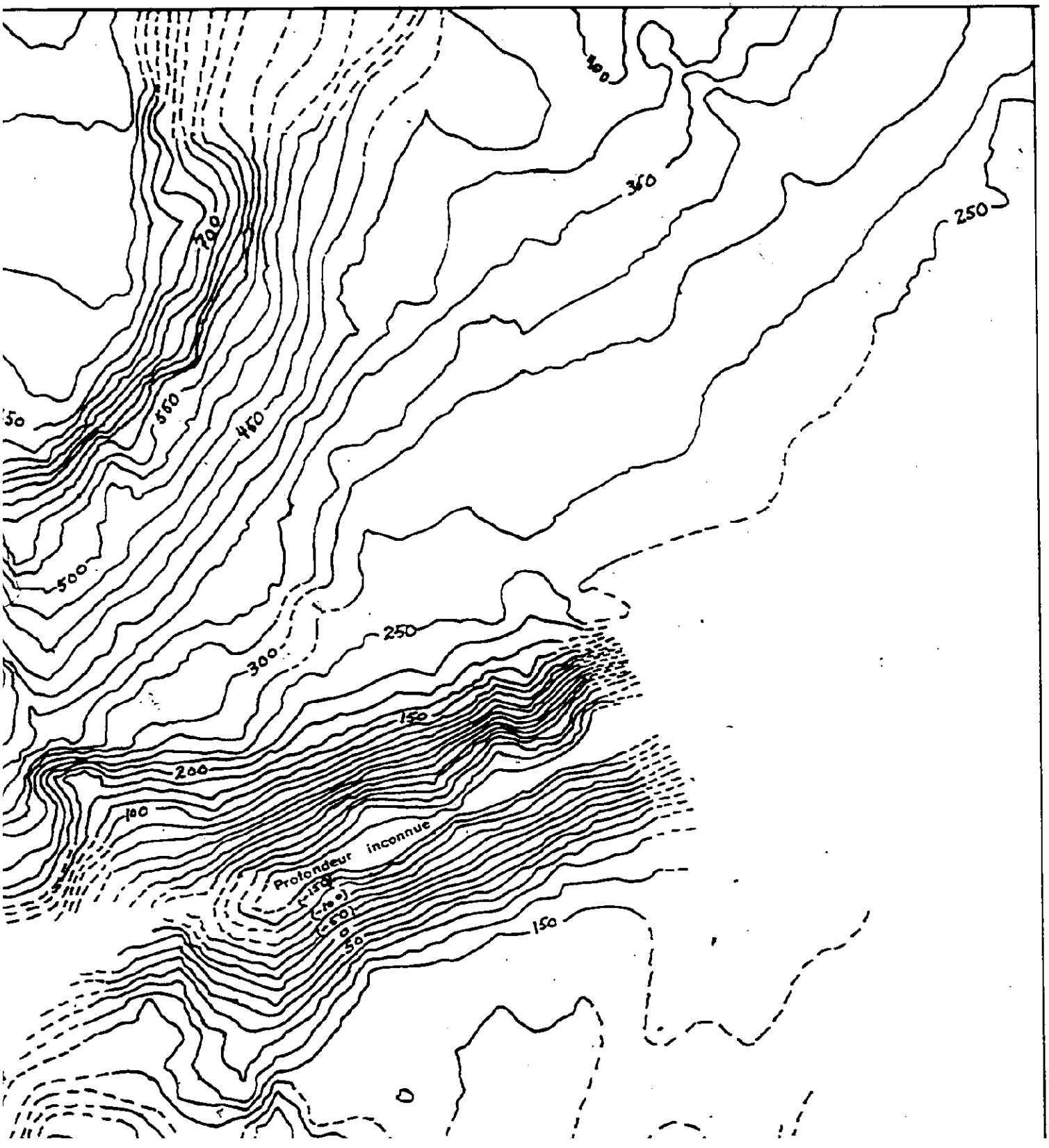


ON ONT.– Géologie urbaine

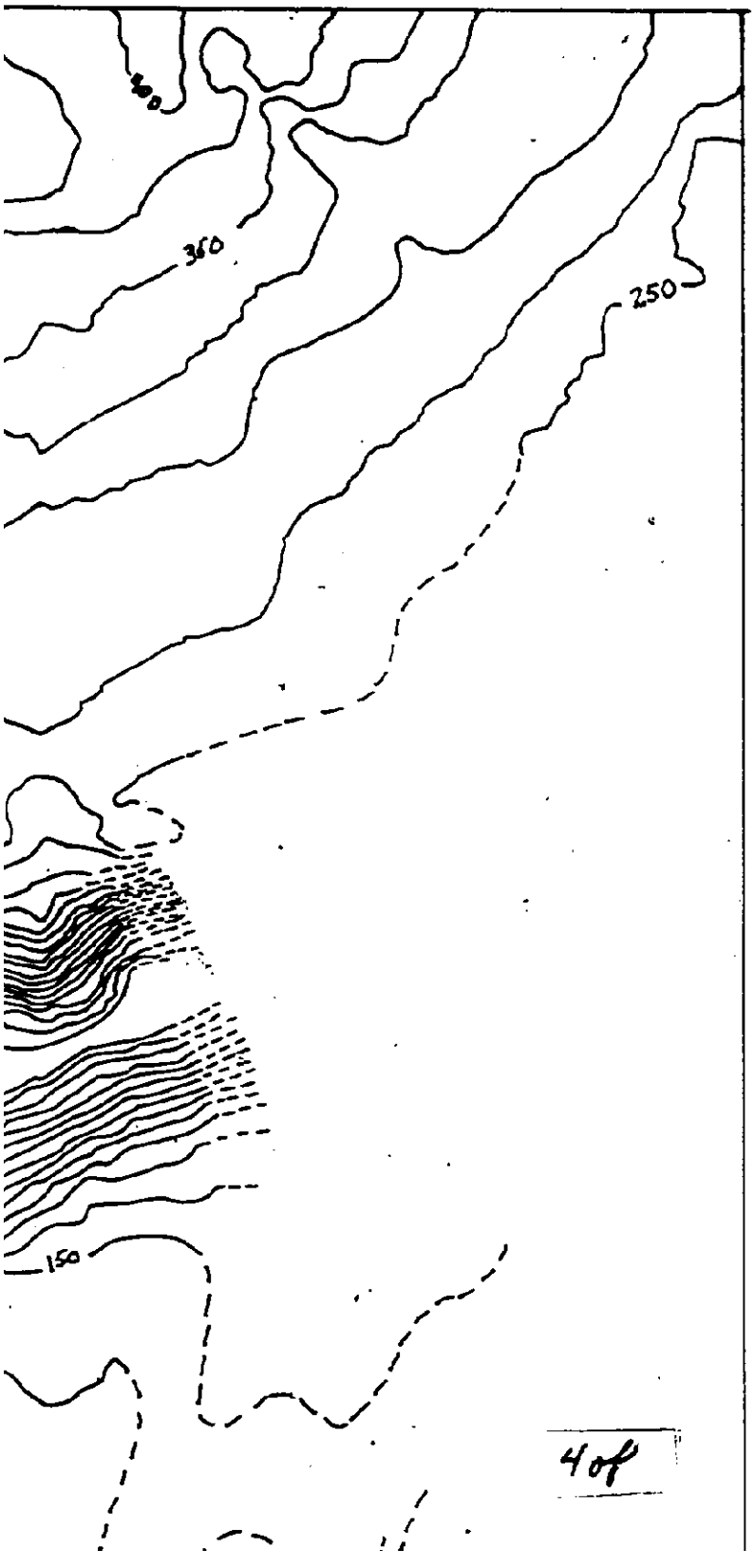
1 2 Milles

1 : 50 000 Echelle

Topographie de la roche en



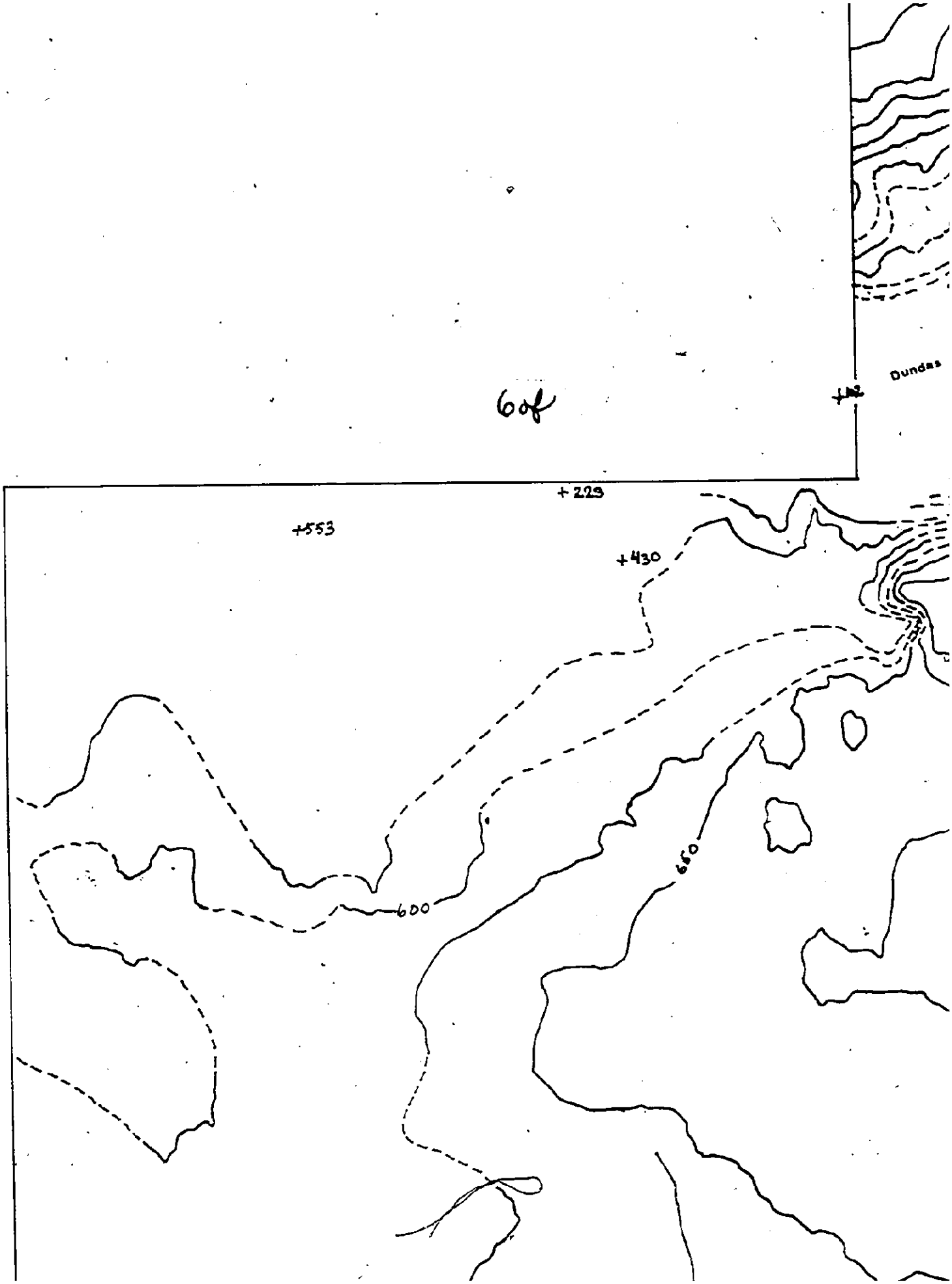
Topographie de la roche en place

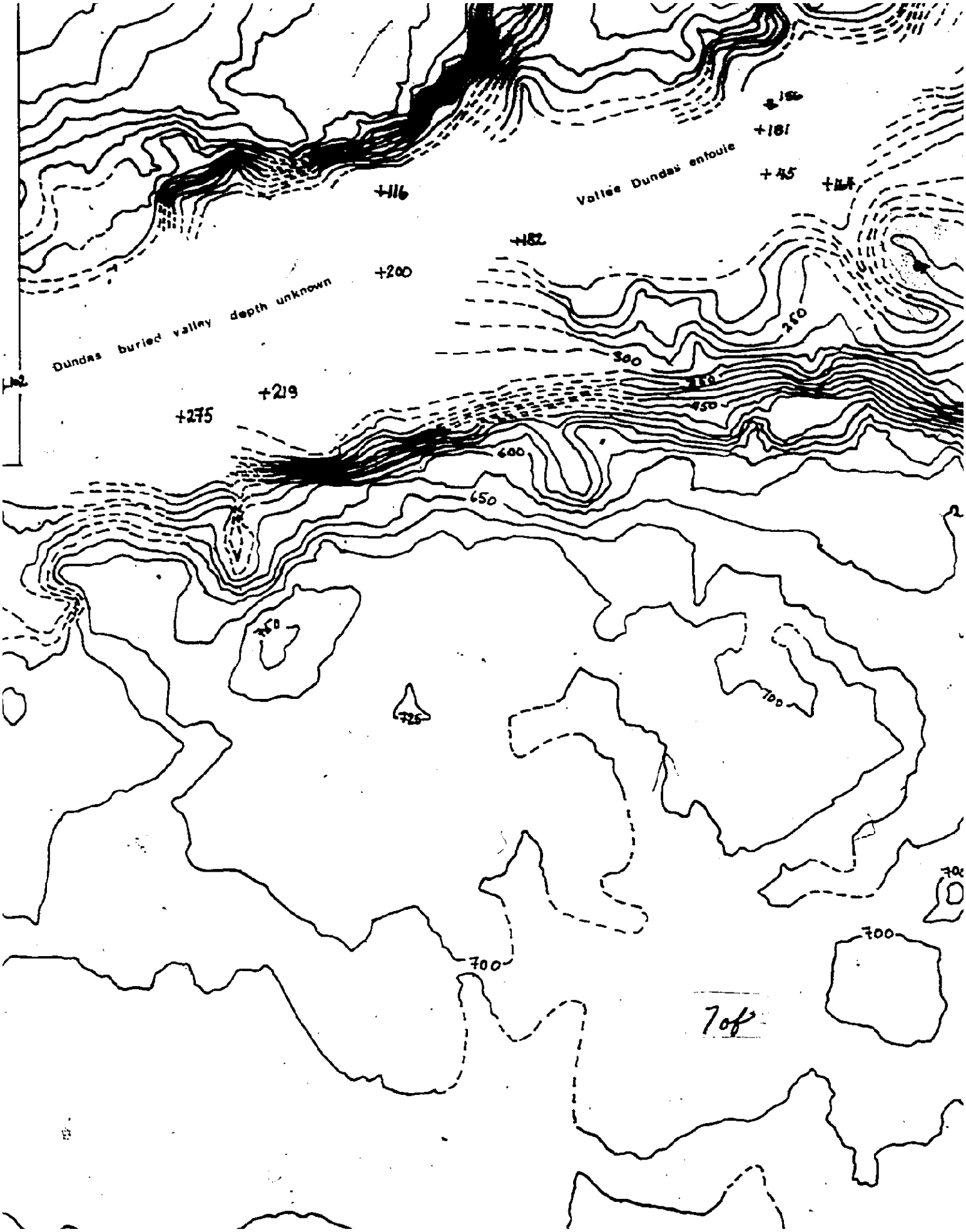


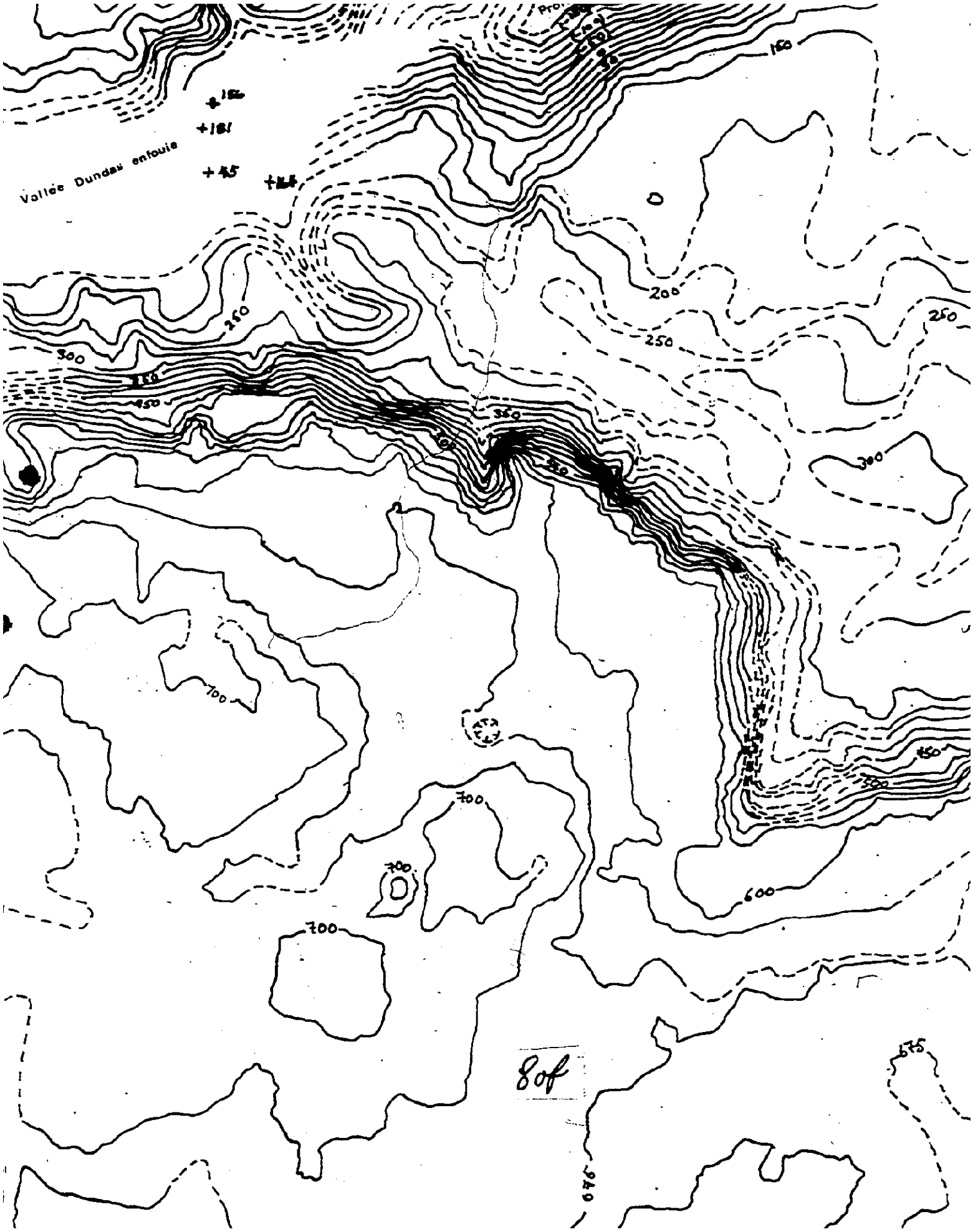
4 of

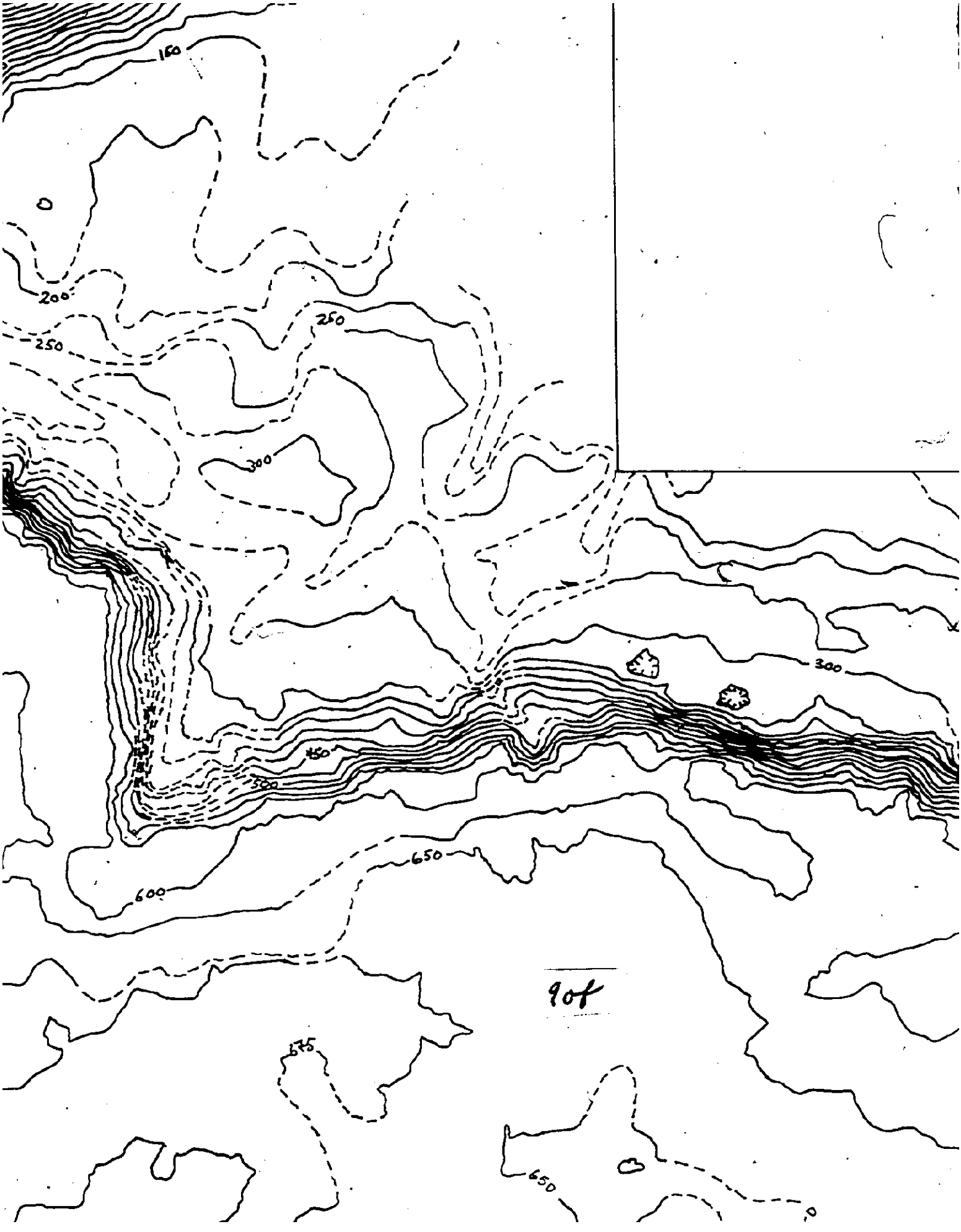
roche en place

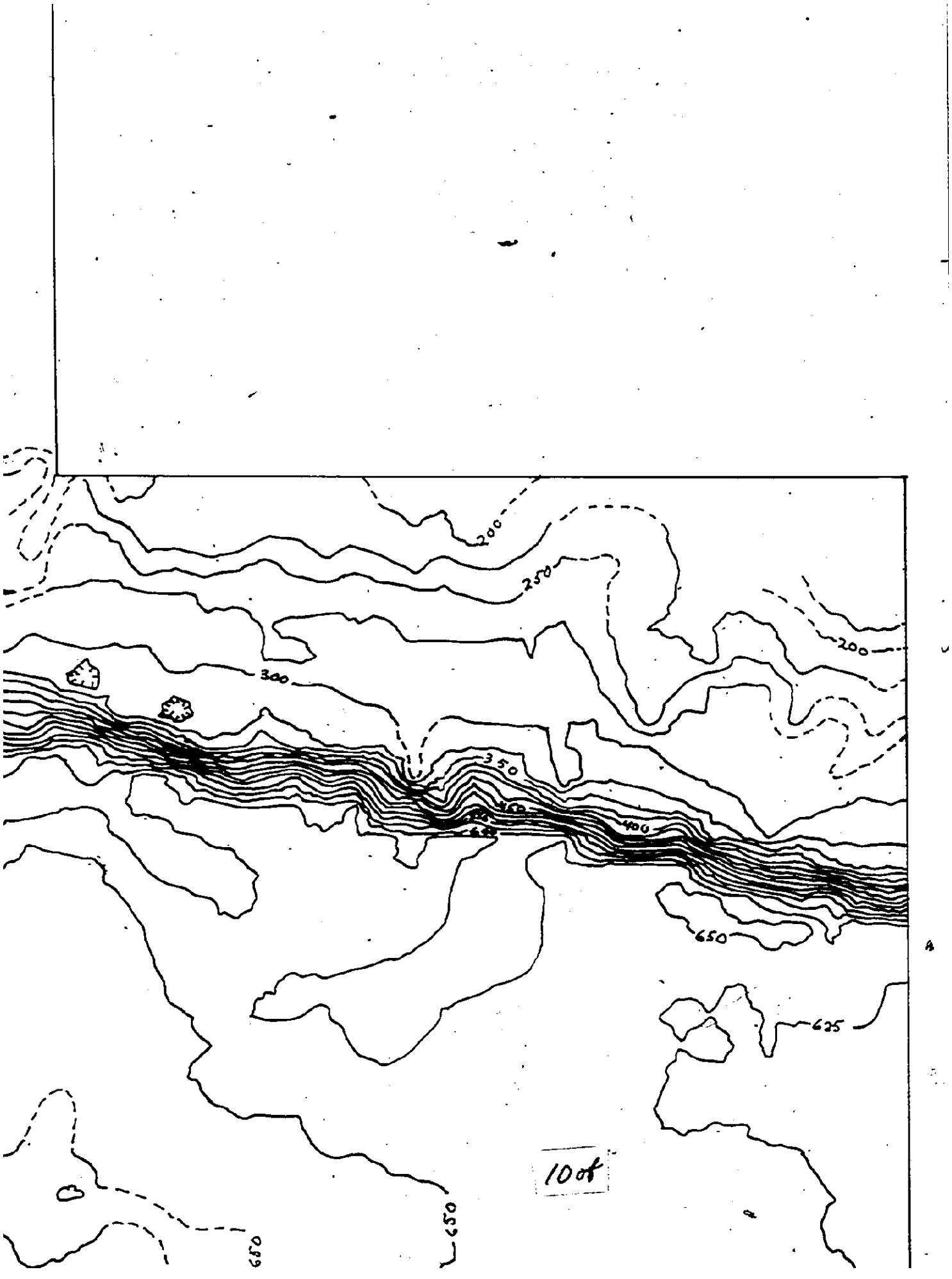
F.J. Morin

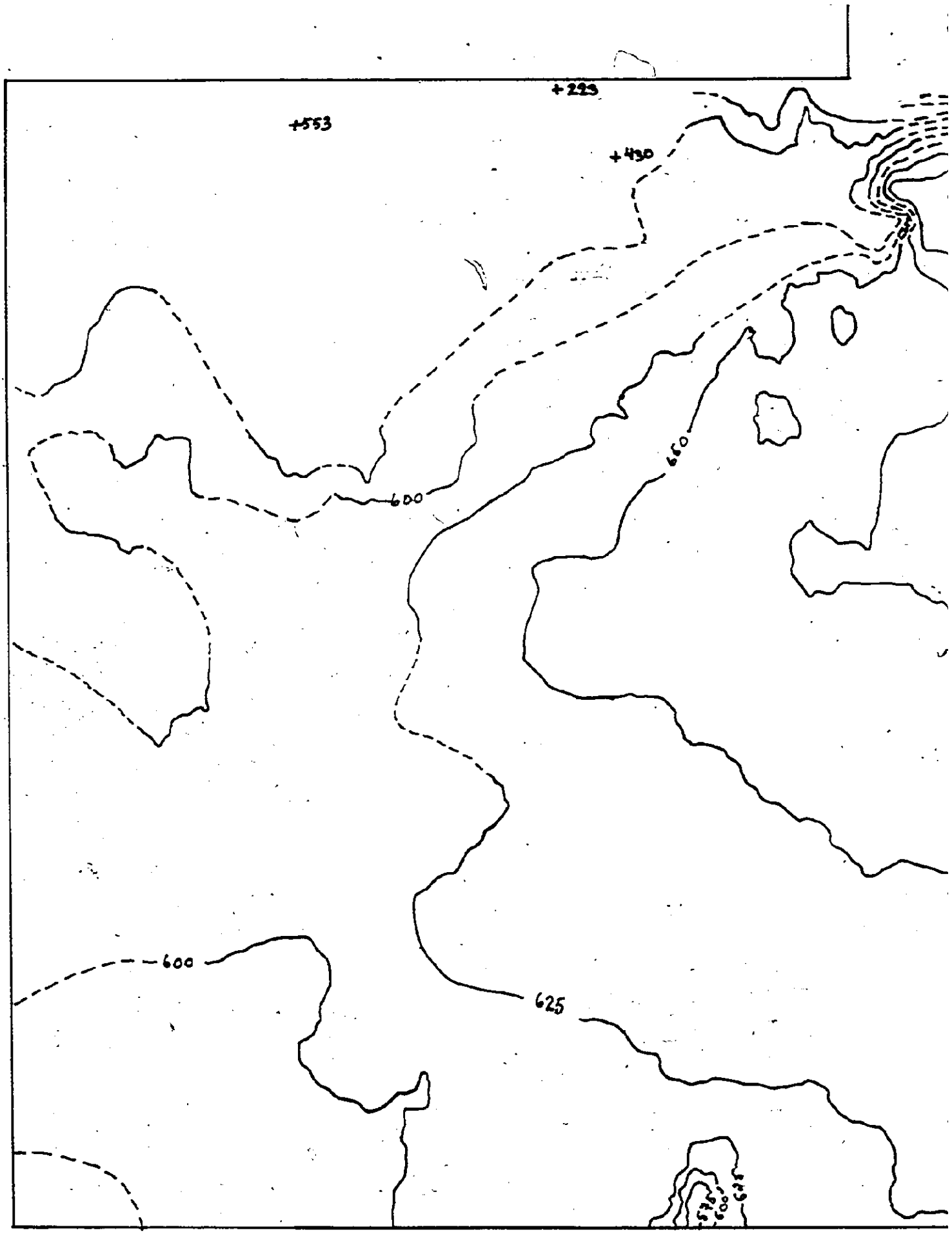

6of
Dundas
+229
+553
+430
600
650


+116
+181
+45
+182
+200
Dundas buried valley depth unknown
Vallée Dundas enfouie
+219
+275
300
350
450
600
650
700
725
700
700
700
7 of


Vallée Dundas entaulé
+45
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650
700
700
700
700
8of

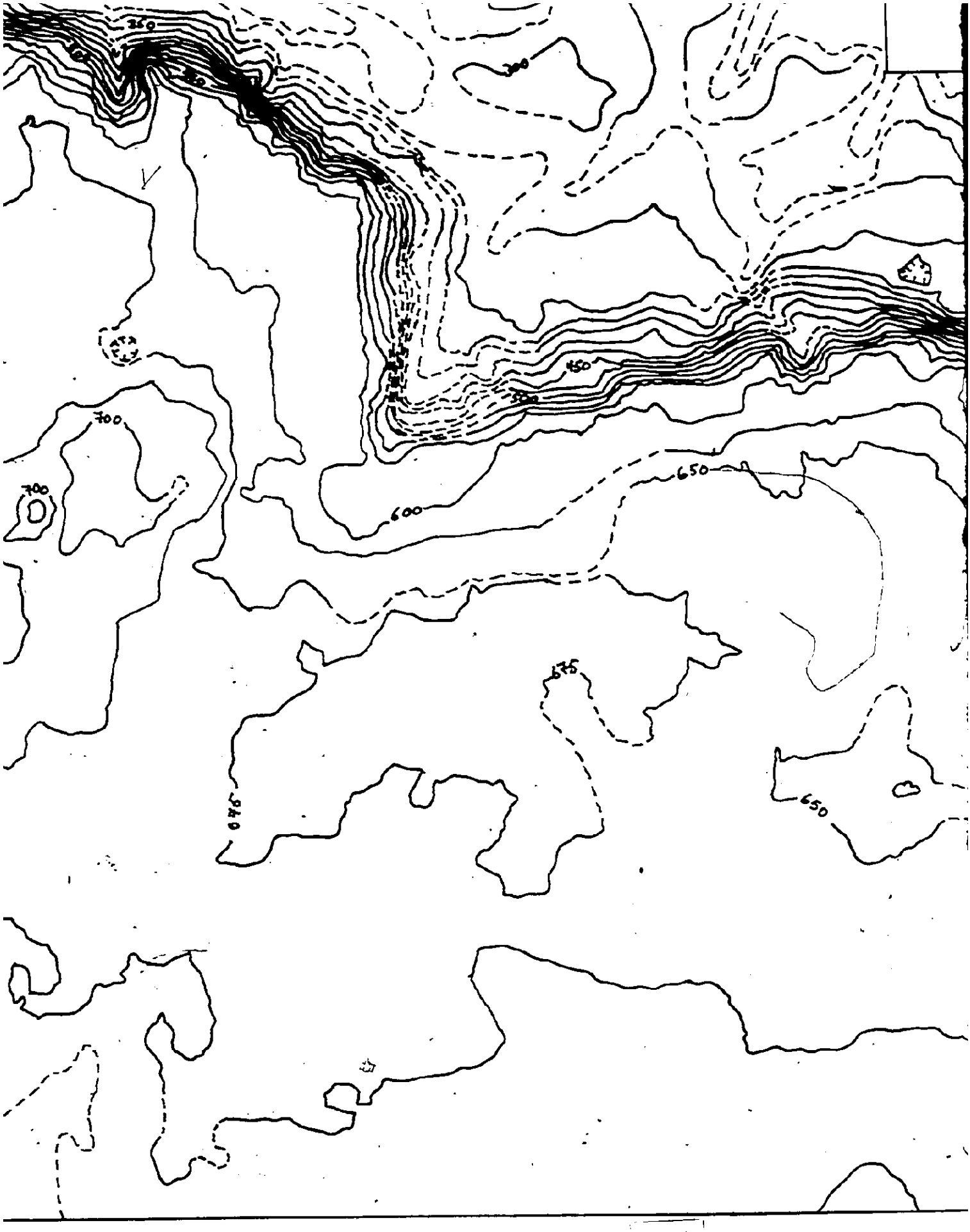

150
0
200
250
250
300
300
450
500
600
650
675
650
0
9of

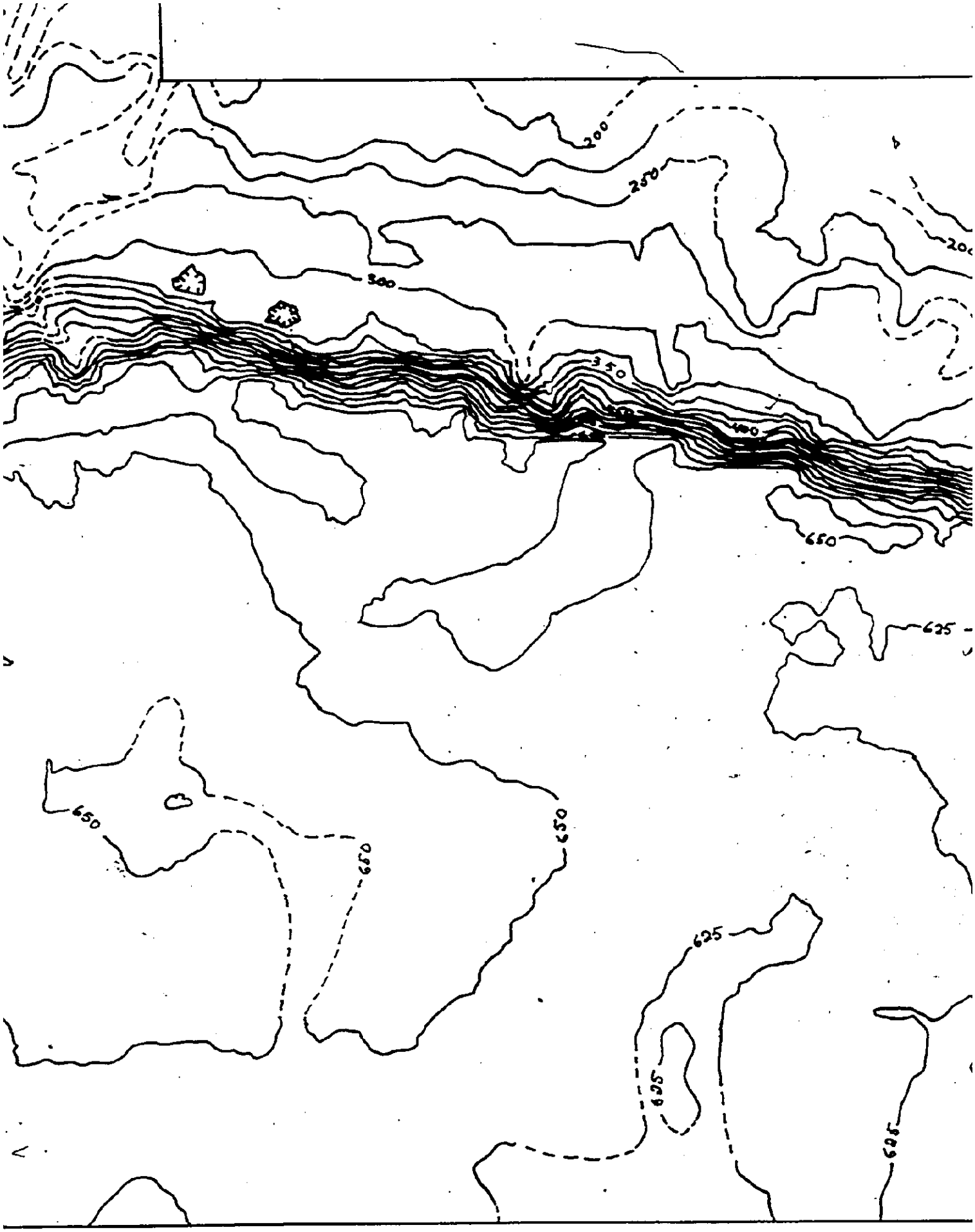

200
250
300
350
400
650
625
650
650
10 of

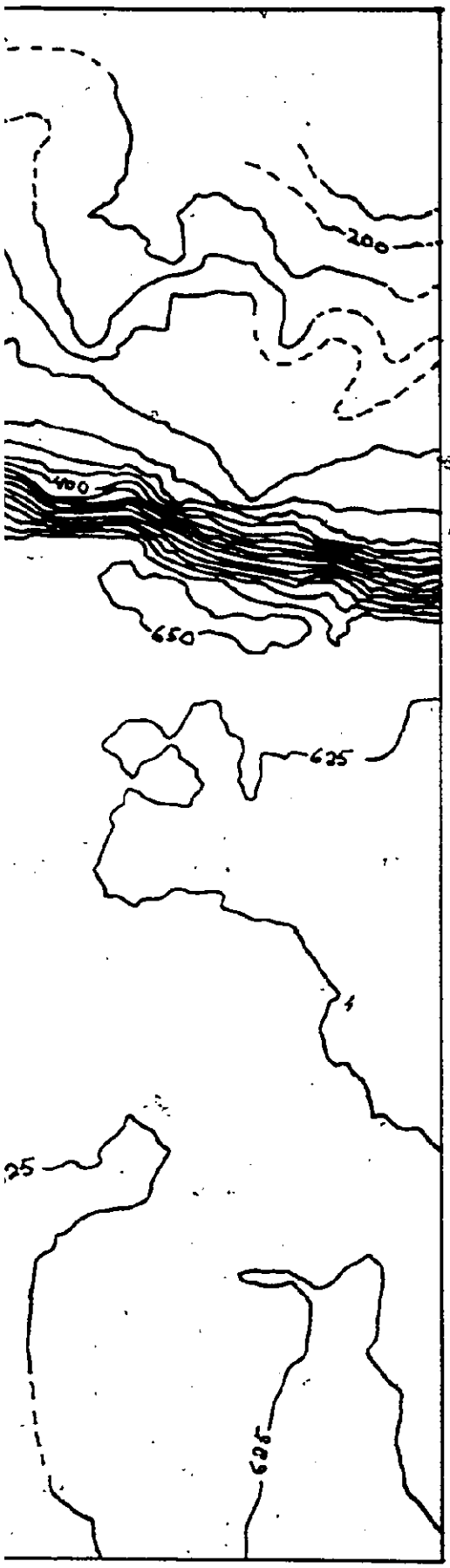


11 of

+275
650
700
700
700
700
650
625
625
625
600
120f


700
700
600
650
675
650


200
250
300
350
400
650
625
650
650
650
625
635
605



15415

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

pp. 362-364 voir Légende p. 361

581000

4803000

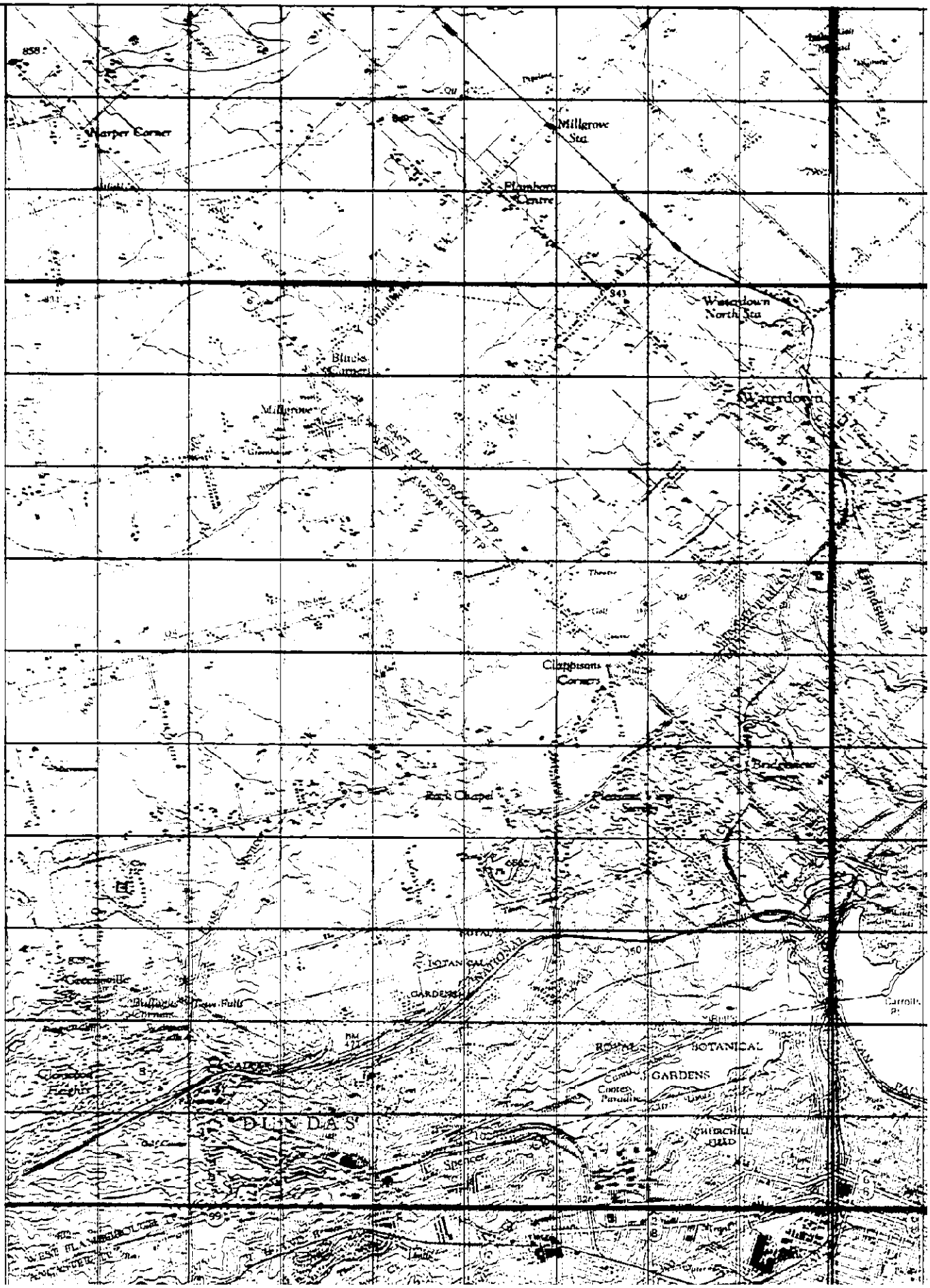
1 of

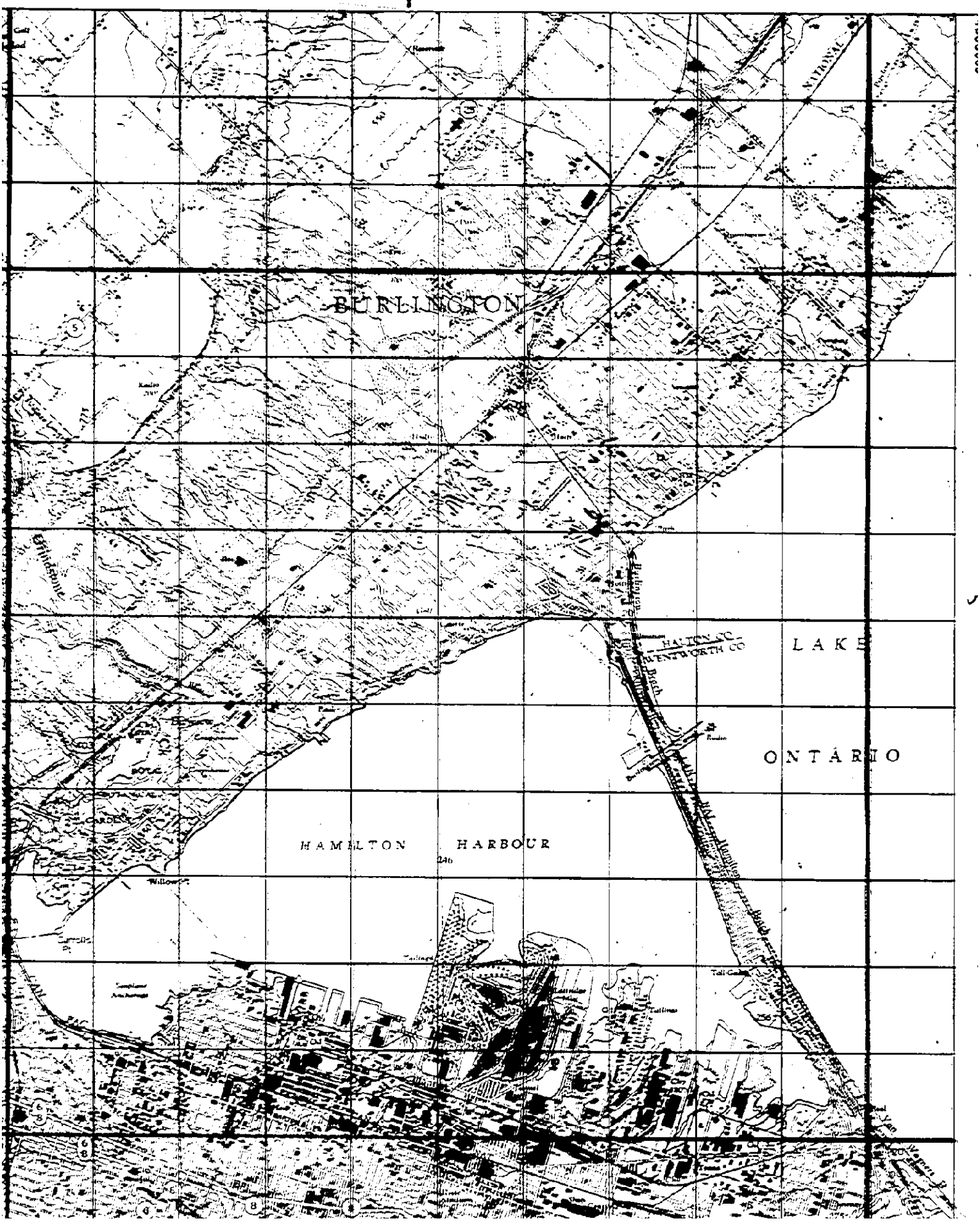
571000

581000

2 of

4803000

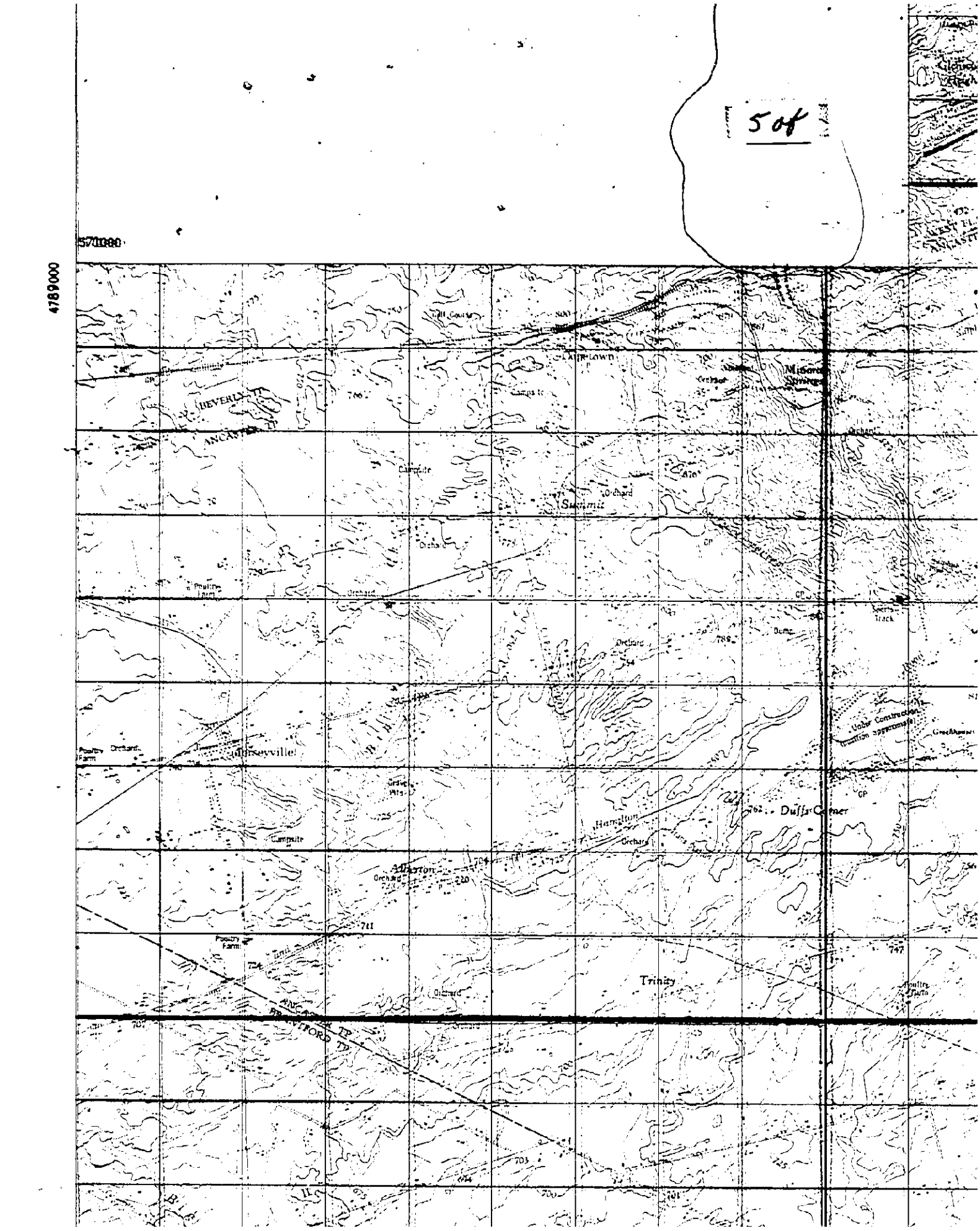



BURLINGTON
LAKE
ONTARIO
HAMILTON HARBOUR
HALTON CO
WENTWORTH CO
NATIONAL

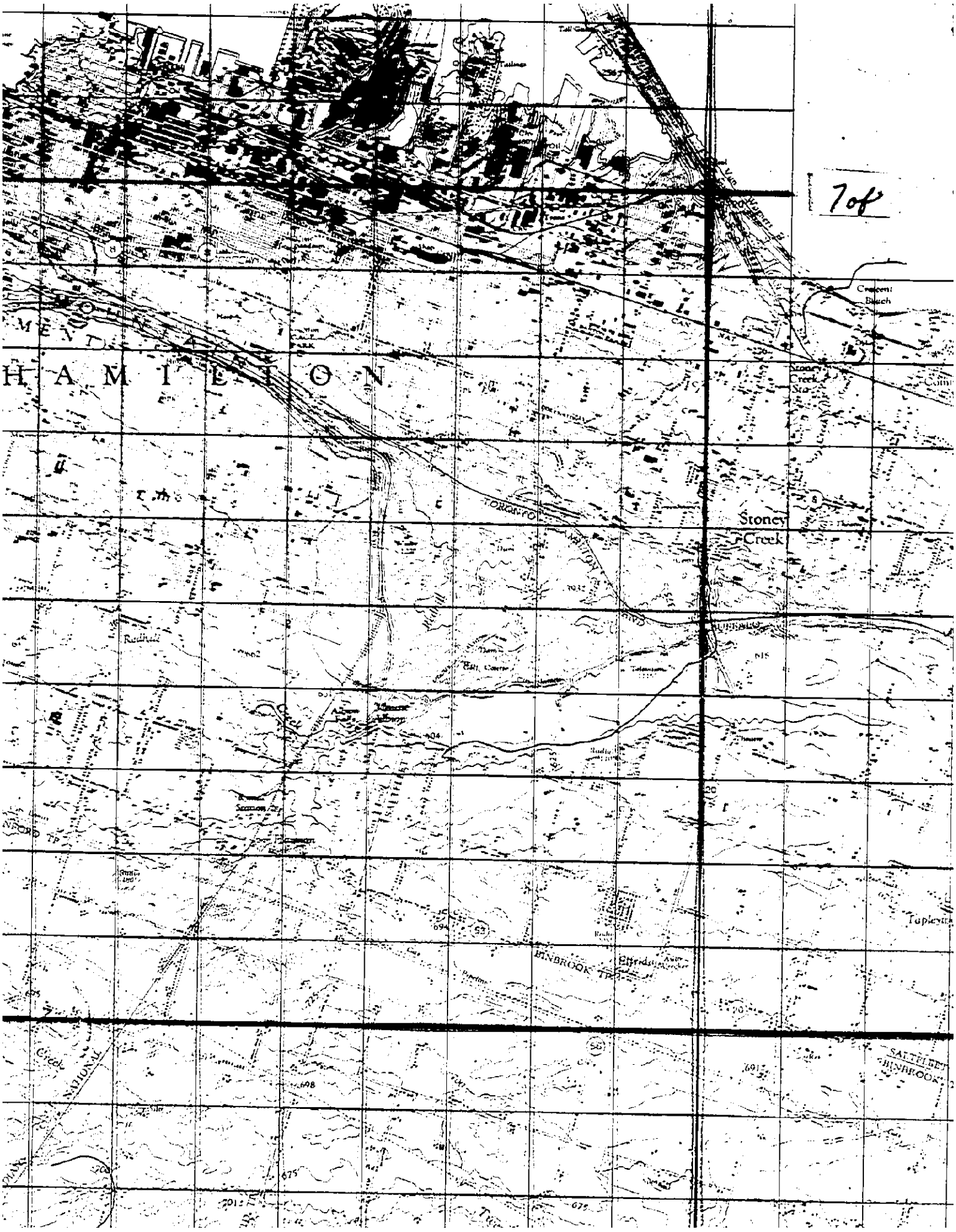
4903000

4 of

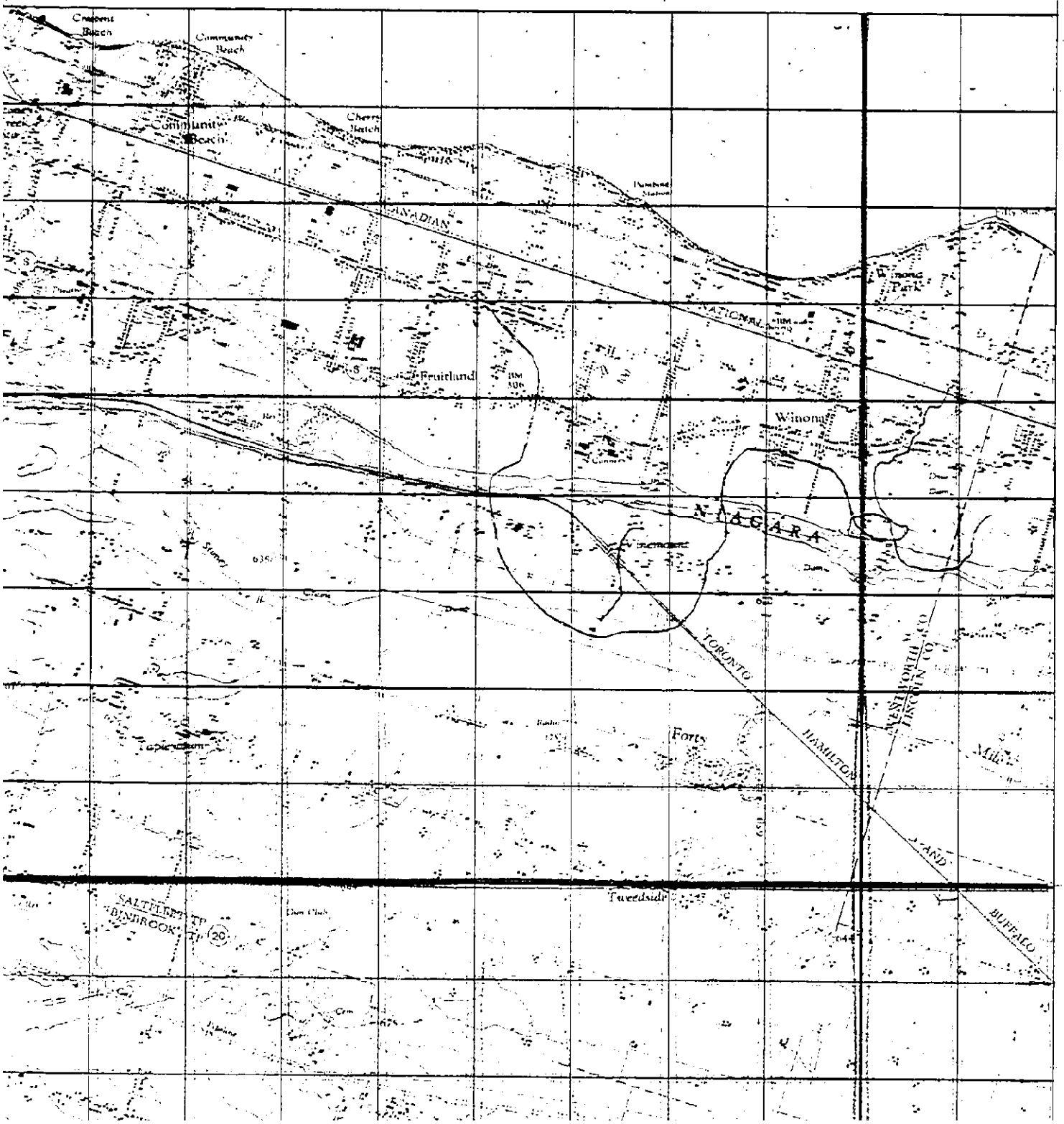
612000

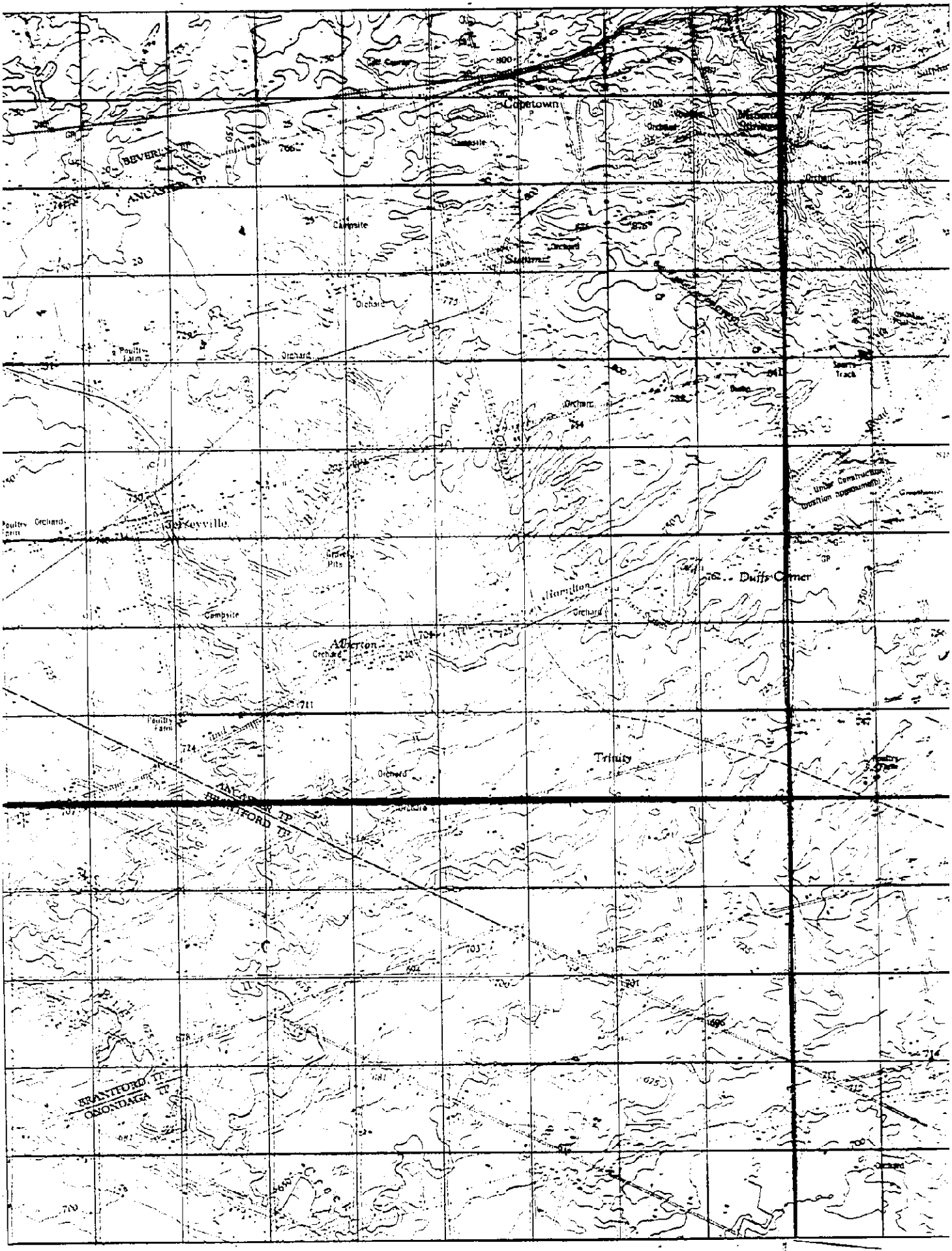

5 of
570000
4789000
Summit
Orchard
Dams
Trinity
Hamilton
Allerton
Duffs Corner
Beverley
Ancaster
Wilmot Tp
Poultry Farm
Campsite
Gravel Pits
Under Construction
Position approximate

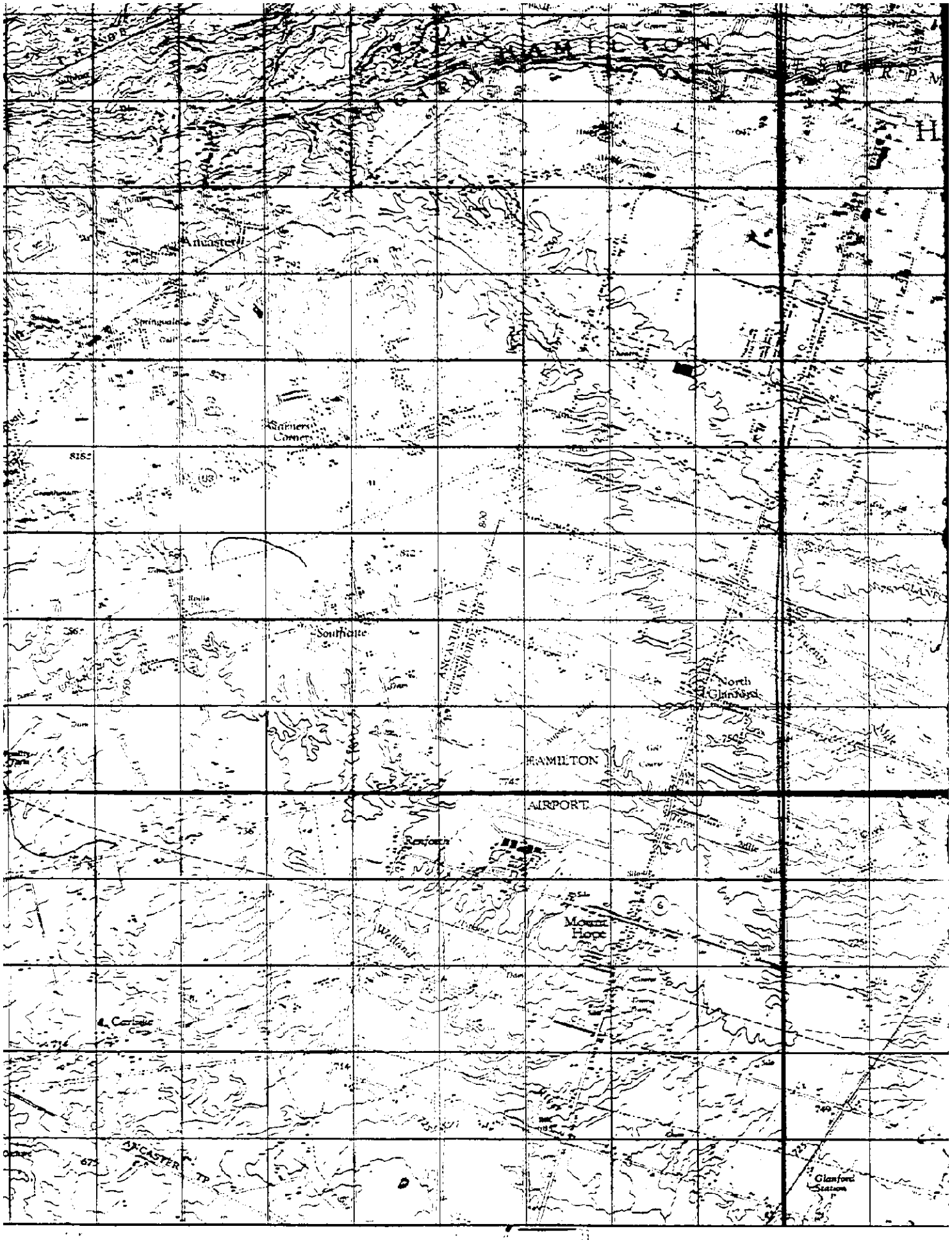
DUNDAS
BOTANICAL
GARDENS
HAMILTON
Summers Corners
Southcote
North Glanford
HAMILTON
AIRPORT
Renforth
Mount Hope
6 of 1

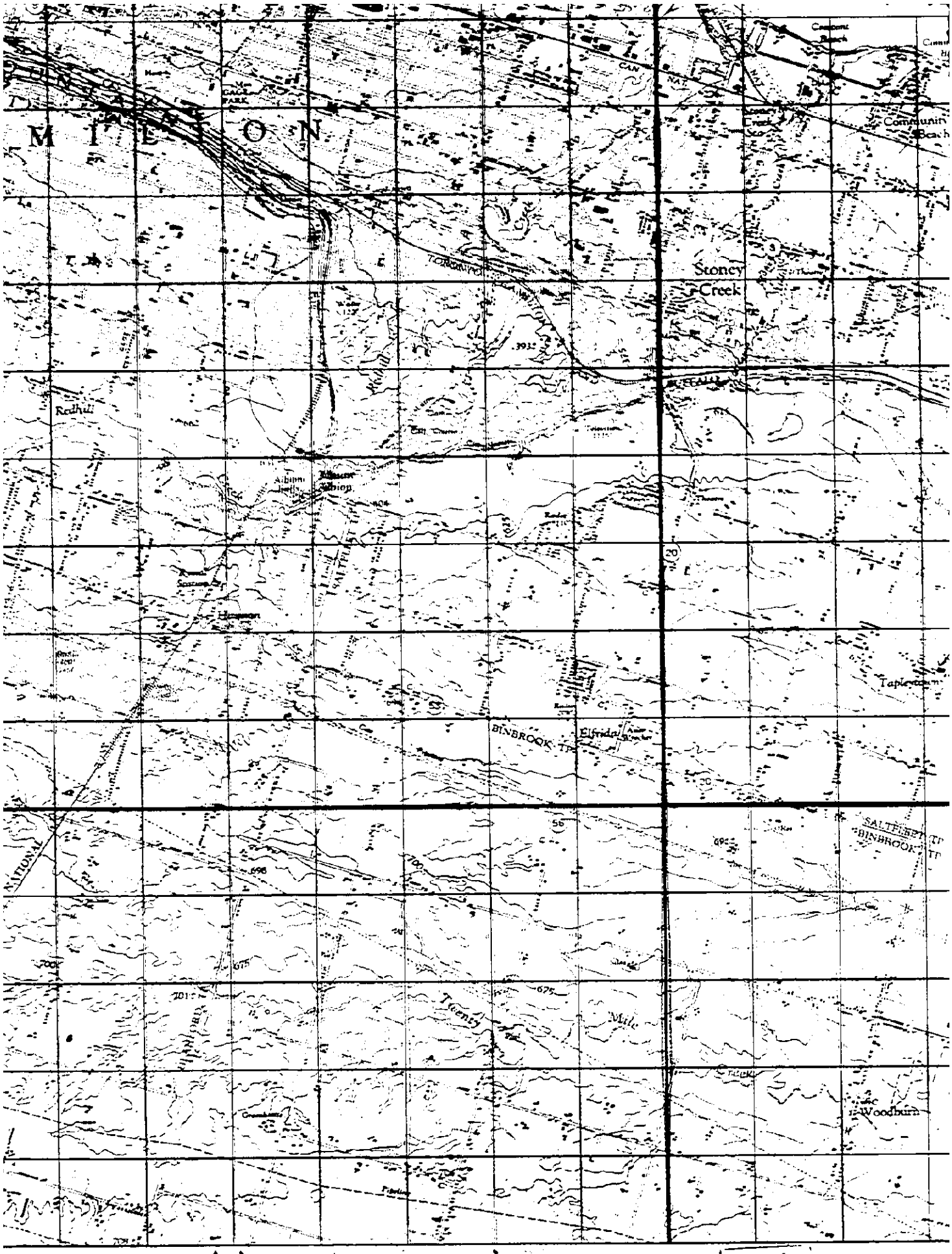

7 of
HAMILTON
Stoney Creek
Crescent Beach
TORONTO
Redhill
BINBROOK
Elfrida
Tapleytown
SALTFLEET
BINBROOK

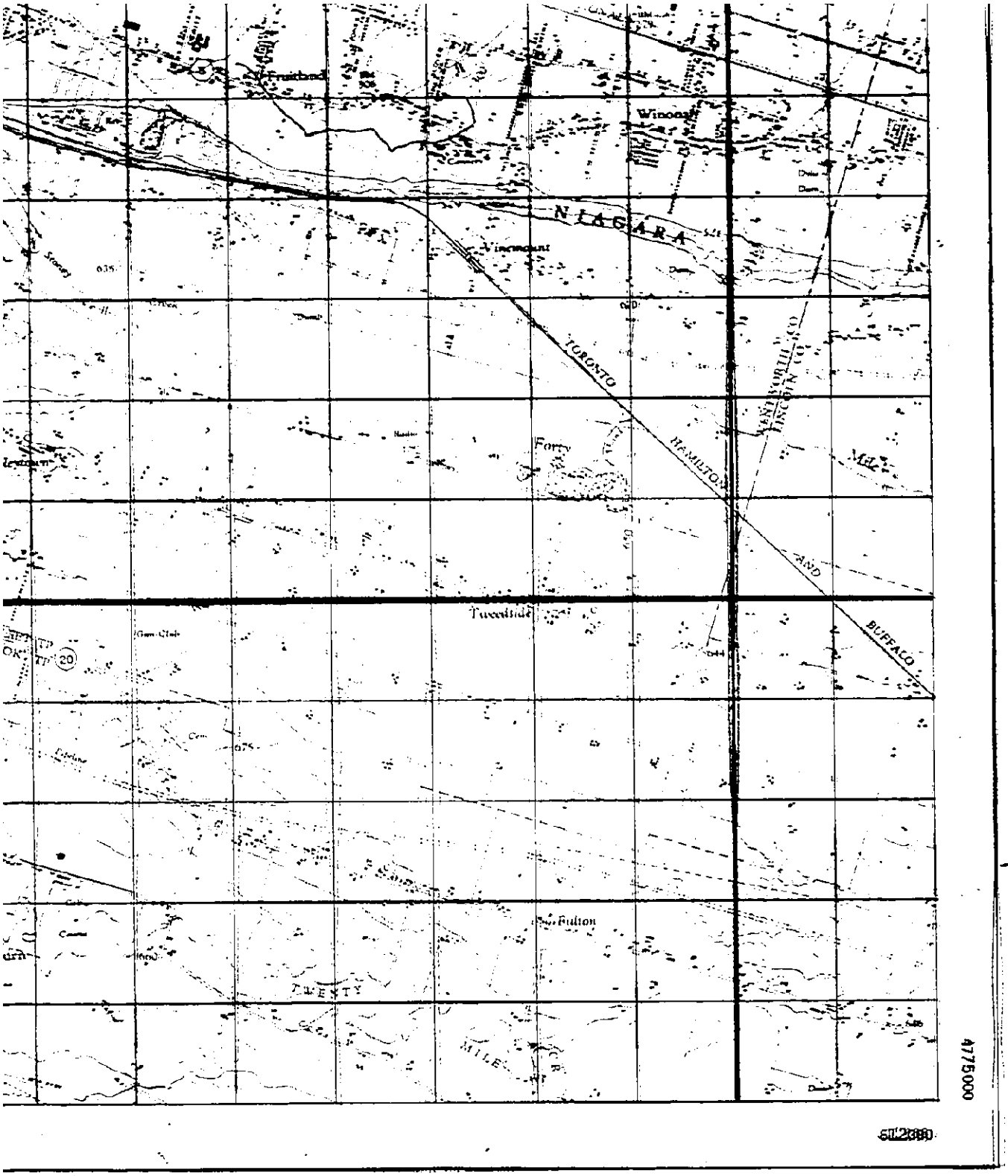
8 of


Crescent Beach
Community Beach
Community Beach
Cherry Beach
CANADIAN
NATIONAL
Fruitland
Winona
NIAGARA
TORONTO
HAMILTON
Forks
Tweedside
BUFFALO


Copetown
Jerseyville
Duffs Corner
Trinity
BRANTFORD TP
BRANTFORD TP
ONONDAGA


HAMILTON
Ancaster
Springdale
Rattlers Corners
Southcote
North Glanford
HAMILTON
AIRPORT
Rockton
Mount Hope
Welland
Carlisle
ANCASTER TP
Glanford Station


M T E O N
Stoney Creek
Redhill
Albion Falls
Albion
Hannon
BINBROOK TP
Elfrida
Tapleytown
SALTFLEET TP
BINBROOK TP
NATIONAL
Twenty Mile
Woodburn
Community Beach



12

Carte accompagnant la
thèse Ph.D de F.J.MORIN
Univ. d'Ottawa

Fond de carte 1:50,000

12 of 12

F. Morin